



T.C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**ÜÇ FARKLI ÜNİVERSAL ADEZİV SİSTEMİN DENTİNE MAKASLAMA
BAĞLANMA DAYANIMLARININ VE MİKROSIZINTI DEĞERLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Seda ÖZKANOĞLU
UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

SIVAS
2019



T.C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI



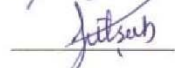
**ÜÇ FARKLI ÜNİVERSAL ADEZİV SİSTEMİN DENTİNE MAKASLAMA
BAĞLANMA DAYANIMLARININ VE MİKROSIZINTI DEĞERLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Seda ÖZKANOĞLU
UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Emine Gülşah GÖKTOLGA AKIN
DANIŞMAN ÖĞRETİM ÜYESİ

SIVAS
2019

“Üç Farklı Ünsersal Adeziv Sistemin Dentine Makaslama Bağlanma Dayanımlarının ve Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması” adlı Uzmanlık Tezi, jürimiz tarafından Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında **Uzmanlık** tezi olarak kabul edilmiştir.

	AD SOYAD	İMZA
Başkan	Prof. Dr. İhsan HUBBEZOğLU	
Üye	Doç. Dr. Batu Can YAMAN	
Üye	Doç. Dr. E. Gülşah GÖKTOLGA AKIN	

ONAY

Bu tez çalışması, 26/04/2019 tarihinde Fakülte Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İhsan HUBBEZOğLU
DİŞ HEKİMLİğİ FAKÜLTESİ
DEKANI



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ve tezimin her aşamasında büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olup değerli bilgi ve tecrübeleri ile yol gösteren, anlayış ve hoşgörüsüyle desteğini her zaman her konuda hissettiğim, değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Emine Gülşah GÖKTOLGA AKIN'a,

Uzmanlık eğitimim süresince desteklerini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocalarım, Prof. Dr. İhsan HUBBEZOĞLU, Prof. Dr. Feridun HÜRMEZLÜ, Doç. Dr. Özden Özel BEKTAŞ, Doç. Dr. Diğdem EREN ve Dr. Öğr. Üyesi Alper KAPTAN'a,

Tez çalışmalarım sırasında fikir alışverişinde bulunduğum, her türlü desteği veren gelmiş geçmiş bütün asistan arkadaşlarım ve yardımlarını esirgemeyen bölüm personeline,

Tez çalışmamın istatistiksel değerlendirmesinde yardımlarını esirgemeyen Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Ziyet ÇINAR'a,

Bugünlere gelmemde çok büyük katkıları olan, varlıklarıyla her zaman destek olan, arkamda duran çok sevgili babam Nazif ÖZKANOĞLU ile annem Ayşe ÖZKANOĞLU'na ve canım kardeşlerim Aykut ÖZKANOĞLU ve Murat ÖZKANOĞLU'na,

Çalışmamı destekleyen Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'na (CÜBAP) teşekkür ederim.

ÖZET**ÜÇ FARKLI ÜNİVERSAL ADEZİV SİSTEMİN DENTİNE MAKASLAMA BAĞLANMA DAYANIMLARININ VE MİKROSIZINTI DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI****Seda ÖZKANOĞLU****Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı****Sivas, 2019**

Bu çalışmanın amacı, self-etch modda kullanılan üç farklı universal adeziv sistemin dentine olan bağlanma dayanımlarını ve mikrosızıntı değerlerini in vitro koşullarda karşılaştırmalı olarak incelemektir.

Çalışmada üç farklı universal adeziv sistem Single Bond Universal (3M ESPE), Optibond XTR (Kerr) ve Tokuyama Universal (Tokuyama Dental) kullanıldı. Çalışma makaslama bağlanma dayanımı testi ve mikrosızıntı testi olmak üzere iki bölümde gerçekleştirildi. Makaslama bağlanma dayanımı testi için 45 adet insan molar dişi, mikrosızıntı testi için 45 adet insan premolar dişi olmak üzere toplamda 90 adet diş kullanıldı.

Makaslama bağlanma dayanımı testi için; dişler kole bölgesinin altından, hazırlanan kalıplar içerisindeki soğuk akriliğe gömüldü. Hazırlanan örneklerin okluzal yüzeyleri kesme cihazı (Isomet, Buehler Ltd., Lake Bluff IL, USA) ile uzaklaştırılarak düz koronal dentin yüzeyleri açığa çıkartıldı. Dentin yüzeyleri 60 sn 600 gritlik silikon karbid zımpara ile zımparalanarak smear tabakası oluşturuldu. Hazırlanan dişler rastgele üç gruba ayrıldı (n=15). Dentin yüzeylerine, adeziv sistemler uygulandıktan sonra 4 mm çapında 3 mm yüksekliğinde plastik kalıplar kullanılarak kompozit rezinler yerleştirildi. Örneklerin her birine 0,5 mm/dak hızla kopma meydana gelinceye kadar universal bir test makinesi (LF Plus, LLOYD Instruments, Ametek Inc. England) ile makaslama kuvveti uygulandı. Kırılan örneklerin kopma yüzeyleri daha sonra stereomikroskopta ve taramalı elektron mikroskobunda incelendi.

Mikrosızıntı testi için; dişlerin bukkal yüzeylerine kutu şeklinde Black V kavite açıldı. Gingival kenarları mine-sement sınırının 1 mm altında olacak şekilde

kaviteleri hazırlanan dişler rastgele üç gruba ayrıldı (n=15) ve seçilen adeziv sistemler ve kompozit rezinle restore edildi. Hazırlanan örnekler, 24 saat distile suda bekletildi. Daha sonra örneklere 500 kez, $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ ile $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ dereceleri arasında, her bir su banyosunda 30 saniye bekleyecek şekilde termal siklus uygulandı. Örnekler %0,5'lik bazik fuksin solüsyonu içinde 24 saat bekletildikten sonra bukkolingual/palatinal yönde uzunlamasına ikiye ayrılarak kesit yüzeyleri stereomikroskopta incelendi. Diş ile restorasyon arayüzeyindeki boya penetrasyonu okluzal ve gingival bölge için belirlenen skorlara göre ayrı ayrı kaydedildi.

Çalışmadan elde edilen veriler SPSS (Ver:22.0) programına yüklenerek verilerin değerlendirilmesinde Varyans Analizi, Tukey Testi, Ki-Kare testi ve Mann-Whitney U testi kullanıldı ve yanılma düzeyi $p<0,05$ olarak alındı.

Adeziv sistemler bağlanma dayanımı yönünden karşılaştırıldığında çalışmada kullanılan tek aşamalı universal adeziv sistemler iki aşamalı universal adeziv sistem kadar iyi bağlanma dayanımı gösterememişlerdir. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler arasında en iyi bağlanma dayanımı Optibond XTR'de görülürken, onu Single Bond Universal takip etmiştir. En düşük bağlanma dayanımı ise Tokuyama Universal'de görülmüştür.

Kullanılan adeziv sistemler içerisinde mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında tek aşamalı universal adeziv sistemler iki aşamalı universal adeziv sisteme göre sızdırma direnci açısından daha başarısız bulunmuştur. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler arasında en az sızıntı Optibond XTR'de görülürken, onu Single Bond Universal takip etmiştir. En fazla sızıntı ise Tokuyama Universal'de gözlenmiştir.

Ayrıca grupların okluzal kavite kenarı ve gingival kavite kenarı için ayrı ayrı yapılan değerlendirmede Single Bond Universal ve Optibond XTR'de her iki bölge için anlamlı bir farklılık bulunmazken; Tokuyama Universal'de gingival kavite kenarlarındaki sızdırma miktarının okluzal kavite kenarlarına göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmada kullanılan tüm adeziv sistemler gingivalde daha fazla sızıntı göstermişlerdir.

Anahtar kelimeler: Adeziv, bağlanma dayanımı, mikrosızıntı

ABSTRACT**COMPARISON OF THE DENTINE SHEAR BOND STRENGTHS AND
MICROLEAKAGE VALUES OF THE THREE DIFFERENT UNIVERSAL
ADHESIVE SYSTEM****Seda ÖZKANOĞLU****Restorative Dentistry Department****Sivas, 2019**

The aim of this study is to compare the bond strengths and microleakage values of three different universal adhesive systems used in self-etch mode.

In this study, three different universal adhesive systems, Single Bond Universal (3M ESPE), Optibond XTR (Kerr) and Tokuyama Universal (Tokuyama Dental) were used. The study was carried out in two stages as shear bond strength test and microleakage test. A total of 90 teeth were used as 45 human molar teeth for shear bond strength test and 45 human premolar teeth for microleakage test.

For the shear bond strength test; the teeth were embedded in the cold acrylic in the molds prepared from the bottom of the cole zone. The occlusal surfaces of the prepared samples were removed with the cutting device (Isomet, Buehler Ltd., Lake Bluff IL, USA) and flat coronal dentin surfaces were exposed. The dentine surfaces were ground with 600 grit silicon carbide abrasive papers for 60 sec to form a smear layer. The teeth were randomly divided into three groups (n=15). After the adhesive systems were applied to the dentin surfaces, composite resins were placed using 4 mm diameter 3 mm height plastic molds. Shear force applied with a universal testing machine (LF Plus, LLOYD Instruments, Ametek Inc. England) to each of the samples until a break at 0.5 mm/ min. The fracture surfaces of the samples were then examined in a stereomicroscope and scanning electron microscope.

For the microleakage test; Black V cavities were prepared on the buccal surfaces of each teeth. The gingival margins were 1 mm below the cemento-enamel junction. The prepared teeth were randomly divided into three groups (n=15) and restored with selected adhesive systems and composite resin. The samples were kept in distilled water for 24 hours. Thermal cycles were applied to the specimens

between $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 500 times and stored 30 seconds in each water tank. The samples were stored in 0.5% basic fuchsin solution for 24 hours and then separated into bucco-lingually/palatinally two parts to examine the section surfaces under stereomicroscope. The dye penetration amount in tooth and restoration interface was recorded due to the scores determined for occlusal and gingival surfaces.

Obtained data from study were analyzed by using SPSS (Ver: 22.0) program. Variance Analysis, Tukey test, Chi-square test and Mann-Whitney U test were used for the evaluation of the data and the error level was taken as $p < 0.05$.

When the adhesive systems were compared in terms of bond strength, one-step universal adhesive systems used in the study did not show as good bond strength as the two-steps universal adhesive system. The best bond strength among the adhesive systems used in the study was seen in the Optibond XTR, followed by the Single Bond Universal. The lowest bond strength was seen in Tokuyama Universal.

When the microleakage values were compared among the adhesive systems used, one-step universal adhesive systems were found to be more unsuccessful in terms of leak resistance than the two-steps universal adhesive system. The least leakage among the adhesive systems used in the study was seen in the Optibond XTR, followed by Single Bond Universal. The maximum leakage was observed in Tokuyama Universal.

In the evaluation of the occlusal and gingival cavity margins of the groups separately; Single Bond Universal and Optibond XTR groups did not show a significant difference for both regions ($p > 0.05$); in the Tokuyama Universal group, the amount of leakage at the gingival cavity margins was significantly higher than the occlusal cavity margins ($p < 0.05$). Moreover the infiltration amount of the all adhesive systems in gingival margins were more than the occlusal margins.

Key words: Adhesive, bond strength, microleakage

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Adezyon.....	3
2.1.1. Diş Dokusunda Adezyonu Etkileyen Faktörler	3
2.1.2. Mine Dokusuna Adezyon	5
2.1.3. Dentin Dokusuna Adezyon.....	6
2.2. Dental Adeziv Sistemler.....	8
2.2.1. Adeziv Sistemlerin Nesillere Göre Sınıflandırılması	9
2.2.2. Adeziv Sistemlerin Smear Tabakası ile Etkileşimlerine Göre Sınıflandırılması	11
2.2.3. Adeziv Sistemlerin Klinik Uygulamalarına Göre Sınıflandırılması	12
2.3. Adeziv Sistemlerin Laboratuvar Performanslarının Değerlendirilmesi.....	24
2.3.1. Makaslama Bağlanma Dayanıklılık Testi (Shear Bond Strength Test)....	25
2.3.2. Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi (Tensile Bond Strength Test).....	25
2.3.3. Mikromakaslama Bağlanma Dayanıklılık Testi (Microshear Bond Strength Test)	26
2.3.4. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi (Microtensile Bond Strength Test).....	26
2.4. Restorasyon Etrafındaki Sızıntının Değerlendirilmesi.....	27
2.4.1. Bakteriyel Sızıntı İnceleme Yöntemi	28
2.4.2. Elektrokimyasal Yöntem	28
2.4.3. Nötron Aktivasyon Analiz Yöntemi.....	28
2.4.4. Radyoaktif İzotoplar Yöntemi	28

2.4.5. Sıvı İnfiltrasyon Yöntemi	28
2.4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri	29
2.4.7. İnsan Serumu Sızıntısı Yöntemi	29
2.4.8. Gaz Kromatografi Yöntemi.....	29
2.4.9. Boya Penetrasyon Tekniği.....	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM	32
3.1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Test Prosedürleri	34
3.1.1. Diş Yüzeylerinin Hazırlanması	34
3.1.2. Adeziv Sistemlerin Uygulanması	35
3.1.3. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testinin Uygulanması	37
3.1.4. Kırılma Tiplerinin İncelenmesi	37
3.1.5. Kırılma Yüzeylerinin İncelenmesi (SEM İncelemesi)	38
3.2. Mikrosızıntı Test Prosedürleri.....	39
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması	39
3.2.2. Adeziv Sistemlerin Uygulanması	39
3.2.3. Yapay Yaşlandırma Uygulaması.....	40
3.2.4. Mikrosızıntı Testinin Uygulanması	41
3.3. İstatistiksel Değerlendirme.....	42
4. BULGULAR.....	43
4.1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları	43
4.2. Kırılma Tipi Bulguları.....	44
4.3. SEM Analizi Görüntüleri	46
4.4. Mikrosızıntı Testi Bulguları	49
4.5. Gruplara Ait Mikrosızıntı Görüntüleri	54
5. TARTIŞMA	55
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
7. KAYNAKLAR.....	78
8. ÖZGEÇMİŞ	97
9. EKLER.....	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
μ	: Mikron
μm	: Mikrometre
keV	: Kilo Elektronvolt
cm ²	: Santimetre Kare
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetre Kare
mm/dk	: Milimetre/Dakika
mm/Hg	: Milimetre/Cıva
nm	: Nanometre
sn	: Saniye

Kısaltmalar

Bis-GMA	: Bisfenol A glisidilmetakrilat
EDTA	: Etilen diamin tetra asetik asit
GPDM	: Gliserol fosfat dimetakrilat
HEMA	: Hidroksi etil metakrilat
ISO	: International Organization for Standardization
LED	: Işık yayan diyot
MAC-10	: 11-metakriloyiloksi-1,1'-dikarboksilik asit
MDP	: Metaksiriloksidetil dihidrojen fosfat
MEP	: Metakriloloksietil dihidrojen fosfat
MMP	: Metakriloksipropil dihidrojen fosfat
MTU-6	: 6-metakriloiloksiheksil 2-tiourasil-5-karboksilat
MPa	: Megapascal
N	: Toplam örnek sayısı
n_a	: Alt gruplar
p	: Önemlilik
pH	: Power of hydrogen
PENTA-P	: Dipentaeritrolpentaakrilol dihidrojen fosfat
SEM	: Scanning electron microscope
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
ss	: Standart sapma
TEGDMA	: Trietilenglikol dimetakrilat
TEM	: Transmission Electron Microscope
UDMA	: Üretan dimetakrilat
3D-SR	: Fosforik asit monomeri
4-META	: 4-Metakriloksietil trimellitik asit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler.....	32
Şekil 3.2. a) Soğuk akriliğe gömülen diş b) Su soğutmalı kesme cihazı c) Dentin yüzeyi zımparalandıktan sonra ortaya çıkan yüzeyel dentin.....	34
Şekil 3.3. Adeziv sistemlerin kullanılması.....	36
Şekil 3.4. VALO Cordless LED ışık cihazı	36
Şekil 3.5. Kompozit rezin silindir bağlanmış diş örneği ve kompozit rezin olarak kullanılan Tokuyama Estelite Σ Quick	36
Şekil 3.6. Universal test cihazı ve makaslama bağlanma dayanımı testi.....	37
Şekil 3.7. Kırık tiplerinin incelenmesinde kullanılan stereomikroskop.....	38
Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan SEM cihazı-numune hazinesi ve kaplama cihazı....	38
Şekil 3.9. Test için seçilen premolar diş örneği ve kavite preparasyonu	39
Şekil 3.10. Kavitenin kompozit rezin ile restorasyonu ve kullanılan polisaj seti	40
Şekil 3.11. Termal siklus cihazı	40
Şekil 3.12. Mikrosızıntı testi için hazırlanan diş örneği.....	41
Şekil 3.13. Bazik fuksin solusyonundan çıkarılan diş örneğinin su soğutması altında fasiolingual/palatinal yönde ikiye ayrılması ve stereomikroskop altında incelenmesi	41
Şekil 4.1. Adeziv sistemlerin bağlanma dayanımı	43
Şekil 4.2. Adeziv sistemlerde görülen kırık tipleri	45
Şekil 4.3. Kırılma tiplerine ait stereomikroskop görüntüleri a) mix kırık b) adeziv kırık c) dentin koheziv kırık d) kompozit koheziv kırık	45
Şekil 4.4. Single Bond Universal grubuna ait koheziv kırılma (dentin) SEM görüntüleri.....	46
Şekil 4.5. Single Bond Universal grubuna ait karışık (mix) kırılma SEM görüntüleri	46
Şekil 4.6. Optibond XTR grubuna ait koheziv kırılma SEM görüntüleri	47
Şekil 4.7. Optibond XTR grubuna ait karışık (mix) kırılma SEM görüntüleri.....	47
Şekil 4.8. Tokuyama Universal grubuna ait koheziv kırılma SEM görüntüleri.....	48
Şekil 4.9. Tokuyama Universal grubuna ait adeziv kırılma SEM görüntüleri.....	48
Şekil 4.10. Single Bond Universal grubuna ait mikrosızıntı görüntüleri.....	54
Şekil 4.11. Optibond XTR grubuna ait mikrosızıntı görüntüleri	54

Şekil 4.12. Tokuyama Universal grubuna ait mikrosızıntı görüntüleri..... 54



TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan adeziv sistemlerin üretici firmaları, kimyasal içerikleri ve polimerizasyon tipleri	33
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemlerin uygulama prosedürleri	35
Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan kompozit rezin	36
Tablo 3.4. Boya penetrasyon derecesi için kullanılan skorlar	42
Tablo 4.1. Kullanılan adeziv sistemlerin ortalama, maximum, minimum makaslama bağlanma dayanımını ve standart sapma değerleri	43
Tablo 4.2. Adeziv sistemlerin ortalamaları arasındaki farklar ve anlamlılık değerleri	44
Tablo 4.3. Gruplara ait kırılma tiplerinin dağılımı.....	44
Tablo 4.4. Adeziv sistemlerin mikrosızıntı skorlarının karşılaştırılması	49
Tablo 4.5. Adeziv sistemlerin ortalamaları arasındaki farklar ve anlamlılık değerleri	50
Tablo 4.6. Restorasyonların okluzal ve gingival mikrosızıntı skorları	50
Tablo 4.7. Okluzal ve gingival kenarlardaki mikrosızıntı düzeylerinin istatistiksel değerleri	51
Tablo 4.8. Adeziv sistemlerin okluzal bölgedeki mikrosızıntı karşılaştırması	52
Tablo 4.9. Adeziv sistemlerin gingival bölgedeki mikrosızıntı karşılaştırması.....	53

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Son yıllarda gerek hastanın estetik restorasyonlara olan ilgi ve taleplerinin artması, gerekse daha konservatif kavite preparasyonları uygulanması nedeniyle direkt kompozit rezin materyallerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Kompozit restorasyonların klinik başarısı, uygulanan adeziv sistemin başarısıyla doğrudan ilişkilidir (1). Adeziv restorasyonların başarısızlık nedeni olarak en çok bildirilen etkenler retansiyon kaybı ve yetersiz marjinal adaptasyon sonucu oluşan mikrosızıntıdır (2). Bu problemlerin önüne geçilebilmesi için dental adezivlere ihtiyaç duyulmaktadır (3).

Günümüzde adeziv sistemler, adezyon stratejilerine göre; asitlenen ve yıkanan adezivler (etch-and-rinse adezivler), kendinden asitli adezivler (self-etch adezivler) ve cam iyonomer adezivler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (4). Ayrıca uygulama aşamalarına göre kendinden asitli adeziv (self-etch) sistemler tek aşamalı ve iki aşamalı sistemler olarak da alt gruplara ayrılmaktadır. Etch-and-rinse sistemlerde %30-40 konsantrasyonda ortofosforik asit ile smear tabakası uzaklaştırılmakta ve kollajenler açığa çıkmaktadır. Daha sonrasında uygulanan rezin, dentin tübüllerinin içine sızmakta ve hibrit tabakaya bir temel sağlamak için kollajen liflerin arasına girerek polimerize olmaktadır. Klinik kullanımda etch-and-rinse sistemlerinin “wet bonding” tekniğine uygun olarak kullanılması önerilmektedir (5). Fakat dentini nemli bırakıp mineyi kurutmak ve dentinin yeterince ıslak ya da kuru olduğunu belirlemek pratikte pek mümkün olmamaktadır. Kollajen fibriller arasına adeziv rezinin yayılmasını azaltan dentin nemliliği sorunu günümüzde self-etch adeziv sistemlerle ortadan kaldırılmıştır. Kendinden asitli adezivler olarak da tanımlanan self-etch adezivler, ayrı bir asitleme ve yıkama basamağı gerektirmeyen ve asitleme ve primer uygulama basamaklarının mine ve dentinde aynı anda uygulandığı sistemlerdir. Ancak self-etch adezivler içinde bulunan asitler fosforik asit kadar güçlü olmadıklarından minede daha düşük bağlanma oluşturmaktadırlar. Bu nedenle uzun dönemde restorasyonlarda mine kenarlarında ayrılma görülmektedir (6). Bu sorunun çözümü amacıyla self-etch adezivlerin uygulanması öncesinde, kavitenin mine kenarlarının ortofosforik asit ile pürüzlendirilmesi önerilmektedir (3). Klinik şartlarda ise dentine taşmadan sadece mine kenarlarının asitlenmesinin zor olduğu bilinmektedir.

Son zamanlarda klinik olarak kullanım kolaylığı sağlayan tek aşamalı self-etch adezivlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar sonunda “universal” veya “multi-mod” olarak isimlendirilen ürünler ortaya çıkmıştır (7). Bu sistem klinisyene kullanım esnasında birçok seçenek sunmaktadır. Klinisyen sadece mineyi asitle pürüzlendirerek (selektif-etch tekniği) mine üzerinde asitle ve yıka (etch-and-rinse) tekniğini, dentin üzerinde kendinden asitli (self-etch tekniği) yaklaşımını uygulayarak üç tekniği de bir arada kullanabilmektedir. Yapılan araştırmalarda universal adezivlerin minede etch-and-rinse modunda, dentinde ise self-etch modunda kullanıldıklarında bağlanma etkinliklerinin daha iyi olduğu bildirilmiştir (8).

Günümüzde universal adezivlerin mine ve dentindeki etkinliklerini araştırmak amacıyla çeşitli laboratuvar çalışmaları yapılmaktadır. Materyallerin başarılarının değerlendirilmesi ve sonrasında geliştirilebilmeleri için bağlanma dayanıklılığı ölçümü ve mikrosızıntı çalışmaları gibi laboratuvar testleri daima gereklidir. Bu çalışmamızın amacı; self-etch modda kullanılan üç farklı universal adeziv sistemin dentine olan bağlanma dayanımı ile mikrosızıntı miktarlarının in vitro koşullarda karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Adezyon

Diş hekimliği pratiğinde, restoratif materyallerin diş sert dokularına bağlanması restorasyonların başarısı açısından büyük önem arz etmektedir. Latincedeki adhaere'den köken alan adezyon kelimesi, sözlük anlamı olarak iki yüzeyin birleşmesi ve yapışması olarak tanımlanırken, birbiri ile tam temas durumundaki farklı türden iki maddenin molekülleri arasındaki çekim kuvveti şeklinde de açıklanabilir.

Aynı türden moleküller arasındaki çekim kuvveti ise “kohezyon” adı ile bilinmektedir. Kohezyon, maddeyi oluşturan molekülleri bir arada tutar. Maddenin yapısal bütünlüğünden ve biçimini koruyabilmesinden sorumludur.

Adezyonu oluşturan maddeye “adeziv”; adezivin uygulandığı maddeye ise “adherent” adı verilir. Diş hekimliği uygulamaları için bonding ajanları adeziv iken adezivin uygulandığı diş yüzeyleri adherenttir (9, 10). Adezyon için, adeziv ve adherent arasında tam bir temas olması gerekir (9).

Adezyon (bağlanma) için üç farklı mekanizmadan bahsedilir (9, 11):

- a. **Fiziksel bağlanma:** Hidrojen bağları, Van der Waals kuvvetleri veya diğer elektrostatik etkileşimler gibi sekonder kuvvetler sonucu farklı yapıdaki düz yüzeyler arasında gerçekleşen oldukça zayıf bir bağlanma çeşididir.
- b. **Kimyasal bağlanma:** Farklı yapıdaki atomların yüzeyleri arasında oluşan bağlanmadır. İyonik, kovalent, metalik bağlar gibi primer kimyasal bağların etkisi ile oluşur.
- c. **Mekaniksel bağlanma:** Girintili çıkıntılı yüzeylerin birbiri ile karşılıklı kilitlemesi esasına dayalı oldukça güçlü bir adezyon çeşididir ve başarılı bir adeziv ilişkisinin temelini oluşturur.

2.1.1. Diş Dokusunda Adezyonu Etkileyen Faktörler

Bağlanmanın dayanıklılığı ve kalıcılığı birkaç faktöre bağlıdır. Adherentin heterojen olan dokusal özellikleri, kavite preparasyonu süresince oluşan yüzey kontaminasyonu, smear tabakası, bağlanmaya karşı koyan eksternal streslerin gelişimi, bileşim yüzeyindeki yüklerin dağılımı ve adezivin fiziksel-kimyasal

özellikleri önemli parametrelerdir. Nem, fiziksel stresler, sıcaklık değişimleri, pH, beslenme, çiğneme alışkanlıkları gibi ağız içi şartları da materyal ve diş dokusu arasındaki bağlantıyı etkileyen önemli faktörlerdendir (12).

Minenin Yapısal Özellikleri

Mine insan vücudundaki en sert dokudur. Olgun minenin ağırlıkça %95'i inorganik, %4'ü su ve %1'i organik materyalden oluşur. Hacim bakımından ise inorganik materyal %86'sını, su %12'sini ve organik materyal %2'sini oluşturur. İnorganik yapının büyük bir kısmı hidroksiapatit kristallerinden, organik kısım ise kollajenden meydana gelmiştir (9, 13). Minenin histolojik yapı elemanları, birbirlerinden 1 µm aralıklarla sıralanan 4-6 µm çapında mine prizmalarıdır. Hidroksiapatit kristalleri bir araya gelerek mine prizmalarını oluşturur. Bu prizmalar mine-dentin sınırından yüzeye doğru uzanırlar. Mine prizmaları mine-dentin birleşimine komşu minenin üçte birlik kısmında kıvrımlı bir yol izlerken; geri kalan üçte ikilik kısmında daha düz bir doğrultu izlerler. Mine prizmalarının arası, "interprizmatik substans" adını alan materyal ile doludur (14). Minenin yapısı derinliğe ve lokalizasyona bakmaksızın, daha dış yüzeydeki aprizmatik mine hariç hemen hemen homojendir. Yüksek oranda inorganik yapı içermesi nedeniyle yüzey enerjisi daha yüksektir (9, 15).

Dentinin Yapısal Özellikleri

Diş yapısının en büyük hacme sahip kısmı dentin dokusudur. Dentin pulpayı koruyucu ve mineyi destekleyici görev üstlenir. Mineden farklı olarak dentin vital bir dokudur. Ektomezenşim kökenlidir ve kollajenden zengin bir organik matriksin mineralizasyonu ile oluşur (9). Ağırlıkça %12 su, %18 organik materyal ve %70 inorganik materyal içerir. Hacimce %25'ini organik materyal, %25'ini su, %50'sini inorganik materyal oluşturur (15). Bu bileşenler eşit olmayan bir şekilde intertübüler ve peritübüler dentinde dağılmışlardır. Dolayısıyla heterojen bir dokudur. Dentini oluşturan ana yapılar; tübüller, odontoblast uzantıları, peritübüler dentin ve tübüller arasını dolduran intertübüler dentindir. Yüksek derecede geçirgen olan dentin tübülleri pulpa ile direk temasta olan odontoblastik uzantılar içerirler. Tübüllerin çevresinde yüksek derecede mineralize peritübüler dentin vardır. Tübüller arası mesafeyi de dentinin en fazla kısmını oluşturan intertübüler dentin oluşturur.

İntertübüler dentin organik matriksini peritübüler alandakine oranla daha kalın kollajen lifler bulunmaktadır.

Tübül çapları mine-dentin birleşiminde 0,8 µm, pulpa yakınlarında 2,5 µm'dir. Yaşlanmayla birlikte dentin tübüleri daralmaktadır. Tübül sayısı pulpa yakınlarında mm²'de yaklaşık 45.000, dentin-mine birleşimine yakın bölgelerde 20.000, orta kısımlarda yaklaşık 30.000'dir (9). Dentin tübüllerinin yelpaze şeklinde yayılım göstermesinden dolayı tübüllerin yüzey alanının %3'ü yüzeysel dentinde, %25'i derin dentinde bulunmaktadır. 25-30 mm/Hg'lik intrapulpal basınç nedeni ile tübüller içindeki sıvı devamlı olarak dışarıya doğru akış halindedir. Hem tübül çaplarının hem de dentin nemliliğinin artması derin dentin dokusuna bağlanmayı zorlaştırmaktadır (9, 15).

2.1.2. Mine Dokusuna Adezyon

Restorasyon materyallerinin mine yüzeyine adeziv sistemlerle bağlanması diş hekimliğinin alışlagelmiş uygulamaları arasındadır. Mine yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesiyle mine yapısında mikropöröziteler oluşturulmakta ve bu pörözitelere nüfuz eden rezin uzantıları sayesinde rezinin (mikromekanik) bağlantısı gerçekleşmektedir (15, 16).

Mine dokusuna adezyonu ve yapışma yüzeyini arttırmak için asitle dağlama işleminin yapılması gerekliliği ilk defa 1955 yılında Buonocore (17) tarafından ortaya konmuş ve bu fikir restoratif diş hekimliğinde yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. Minenin asitlenmesinin amaçları mineyi temizlemek, minedeki smear tabakasını uzaklaştırmak, prizmatik ve interprizmatik mineral kristallerini uzaklaştırarak mikropöröziteyi ve minenin yüzey enerjisini arttırmaktır (11). Asitleme işlemi sıklıkla %35-37'lik fosforik asitle yapılmaktadır. Fosforik asidin diğer asitlerle karşılaştırıldığında, rezinin daha derin penetrasyonunu sağladığı görülmüştür. Daha zayıf olduğundan dentin ile uyumu iyi olan %10'luk maleik asit, %10'luk sitrik asit, %2,5'luk oksalik asit ve %2,5'luk nitrik asidin mine yüzeyinde kullanılması sonucunda minedeki fosforik asitle oluşan mat-tebeşirimsi beyaz görüntünün olmadığı gözlenmiştir (15) .

Mine dokusuna asit uygulandıktan sonra smear tabakası ortadan kalkar, prizmatik ve interprizmatik mine kristalleri çözülerek mikropörözite artar, sonuç

olarak minenin ıslanabilirliği, yüzey enerjisi ve bağlanma alanı artar. Bu sayede, rezin esaslı restoratif materyaller için ideal bir bağlanma yüzeyi oluşur (18).

Mineye bağlanma asit uygulanmış yüzeylere polimerlerin mikromekanik retansiyonu veya hidroksiapatite kimyasal bağlanma ile oluşmaktadır. Dental adezivlerin mine ile mikromekanik etkileşimi; mineye asit uygulanması sonucu yüzeyinde oluşan mikropörözelere rezin monomerlerin infiltrasyonu sonucu oluşmaktadır. Mine prizmalarının ve kristallerinin arasına rezinin penetre olması ile rezin tagların oluşumu, rezinin mineye bağlanmasında temel mekanizmadır. Oluşan mikrotaglar mine prizmalarının iç yüzeyinde görülen, makrotaglar ise mine prizmalarının etrafında görülen rezin taglardır. Mikrotaglar çok geniş bağlanma yüzeyleri ve çok fazla sayıda olmaları ile adezyona daha fazla katkıda bulunmaktadır (19). Ancak, rezin tagların uzunluğu yani rezin penetrasyonunun derinliği ile rezin-mine bağlanma kuvveti arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır (20).

Mikromekanik bağlanmaya ek olarak kimyasal bağlanma; minedeki hidroksiapatitin kalsiyum iyonu ile birleşmesi veya fosfat veya hidroksil grupları ile reaksiyona girmesi sonucu oluşmaktadır (21). Bu reaksiyonlar mineye polialkenoik asitlerin uygulanması ile gerçekleşebilmektedir (22).

2.1.3. Dentin Dokusuna Adezyon

Sağlıklı Dentin Dokusuna Adezyon

Dentin dokusunda mine dokusunda olduğu gibi ideal bir adezyon sağlamak oldukça güçtür (23). Mineden farklı olarak dentinin nemli bir doku olması, adezyon açısından en büyük güçlüğü oluşturmaktadır (24). Ayrıca dentinin organik içeriğinin mineye oranla daha fazla olması, yüksek oranda protein içermesine bağlı olarak düşük yüzey enerjisi, dentin lenfi içeren dentin tübüllerinin varlığı ve kavite preparasyonu sonucu oluşan organo-inorganik yapıdaki bir smear tabakasının varlığı dentine adezyonu güçleştiren etkenler arasında sayılabilir (15, 23).

Diş sert dokuları, bir frez ya da başka bir alet ile prepare edildikten sonra diş yüzeyinde kalan organik ve inorganik bileşenler yüzeyde “smear tabakası” adı verilen bir debris oluşturur. Hem intertübüler hem de intratübüler geçirgenliği azaltan bu tabaka kanal ağızlarına 1-10 μ girerek smear tıkaçı (smear plug) adını alır (9). Smear tabakası asit uygulaması ile kolaylıkla uzaklaştırılabilmektedir; ancak

mekanik olarak herhangi bir alet ile ya da pomza ile smear tabakasını kaldırmak mümkün olmamaktadır (25). Dentinin asitlenmesi ilk kez 1960'ta Fusayama tarafından önerilmiştir. Dentin yüzey koşullarının değiştirilmesi yani "conditioning", dentin yüzeyinde asit veya EDTA ile smear tabakasının uzaklaştırılması ve yüzeyde kimyasal değişmelerle demineralizasyon oluşturulması işlemidir. Bu işlem için farklı adeziv sistemlerde, %10'luk fosforik asit, %2,5'luk maleik asit, %10'luk sitrik asit, %25'lik nitrik asit konsantrasyonlarından biri kullanılmaktadır.

Dentine asit uygulandığında smear tabakası ve dentinin 1-10 µm'lik mineral yüzeyi ve dentin kanallarının ağzını tıkayan smear tıkaçları uzaklaştırılır (26-29). Asitleme sonucu kollajende oluşan nanoboşlukları dolduran rezin materyal, aynı zamanda ortamda kalan hidroksiapatitlerle de karışarak yeni bir yapı oluşturur (27, 30, 31). Yüzeyin demineralizasyonu, monomerlerin infiltrasyonu ve polimerizasyonu sonucu mine, dentin ve sement gibi diş dokularında meydana gelen bu yapıya "hibridize diş sert dokuları" ya da "hibrit tabakası", olaya da "hibridizasyon" adı verilir (11, 32, 33).

Hibridizasyonun üç ultramorfolojik yapısı belirlenmiştir (34, 35). Bunlar halı kılı görünümü, tübül duvarlarını kaplayan hibrit tabaka ve lateral tübül hibridizasyonudur. Halı kılı görünümü, dentin yüzeyine asidik primer uygulaması sonrasında adeziv rezinle kollajen fibrillerin gevşek bağlanması sonucu ortaya çıkar. Resin tagların dentin kanalı duvarlarına uzanarak kanalları halka şeklinde sarması ile tübül duvarlarını kaplayan hibrit tabakası meydana gelir. Lateral tübül hibridizasyonunda ise dentin kanallarının lateral dallanmalarını örten çok ince hibrit tabakası gözlenir (29, 32, 34, 35).

Derin dentinde kanal sayısının daha fazla, kanal çapının da daha geniş olması nedeniyle, bağlanma için elverişli olan intertübüler dentin miktarı azalır ve dentinin nem oranı artar. Bu nedenle derin dentine bağlanma dayanıklılığı, yüzeyel dentine bağlanmaya kıyasla daha düşüktür (9, 36). Benzer şekilde pozitif pulpa içi basıncının bağlanma sürecine zarar verdiği düşünülmektedir. Pozitif pulpa içi basınç varlığında dentin yüzeyine sıvı çıkışı arttığı için daha düşük bağlanma dayanıklılığıyla karşılaşmaktadır.

Dentinde süregelen fizyolojik ve patolojik değişimler mevcuttur. Bunlar dentinin yapısını, içeriğini ve geçirgenliğini etkilediği gibi bağlanma işlemini de

değiştirmektedir. Bu değişikliklerin başlıcaları sklerotik dentin ve çürük dentindir (9, 13, 15).

Sklerotik Dentinde Adezyon

Tübüllerin hem içi, hem de etrafı hipermineralize durumdadır. Tübüllerin içleri aside dirençli kalsiyum fosfat whitlockite kristalleri ile doludur ve asitle pürüzlendirme işlemi sonucunda çok az demineralizasyon gerçekleşmektedir. Böylece sklerotik dentinde rezin uzantılarının gövdeleri mineral kristallerinden oluşup kısa, künt ve huni şeklindedir. Sklerotik dentinde tübül içlerinde ve etrafında çok fazla mineral olduğundan dolayı kimyasal bağlanma potansiyelinin avantajından faydalanmak için cam iyonomer adezivlerin kullanımı önerilmektedir (37).

Çürükten Etkilenmiş Dentinde Adezyon

Çürükten etkilenmiş dentinde dentin tübülleri içerisinde çok miktarda aside dirençli mineraller bulunduğu bildirilmektedir (38). Bu mineraller dentin geçirgenliğini azaltmakta aynı zamanda bakteri ve bakteri ürünlerinin pulpaya geçişini önlemektedir. Genellikle enfekte olmayan bu tabaka, tekrar mineralize olabileceği için daha konservatif kavite preparasyonları ile korunmalıdır.

Aside dirençli mineraller etkilenmiş dentinde adeziv rezin infiltrasyonunu ve rezin uzantılarının oluşumunu engellemektedir. Ayrıca etkilenmiş dentinde oluşan smear tabakasının aside dirençli kristaller içerdiği ve self-etch primerin alttaki sağlam dentine difüzyonunu engelleyeceği bildirilmiştir. Bu sebeple zayıf asitlere göre daha etkili olan %32–37'lik fosforik asit kullanılmasıyla, çürükten etkilenmiş dentin tübülleri içerisindeki mineraller daha iyi çözündürülerek geçirgenlik artırılabilir.

2.2. Dental Adeziv Sistemler

1955 yılında Buonocore'un diş yüzeylerinin asitle pürüzlendirilmesi felsefesini ortaya koyması ile aşırı madde kaybının yapıldığı klasik diş hekimliği çağı terk edilerek minimal düzeyde invaziv işlemler ile gerçekleştirilen konservatif restorasyonlar dönemine geçilmiştir. Gelişen dental adeziv sistemler ile retansiyon ve stabilizasyon sağlanması sayesinde sağlam diş dokularının mekanik olarak uzaklaştırılması engellenmiş ayrıca diş dokuları ve restoratif materyal arasında gerçekleşen mikromekanik kenetlenme sayesinde oral sıvıların, bakteri ve bakteri

ürünlerinin geçişi önlenerek, işlem sonrası hassasiyet, kenar renklenmesi, sekonder çürük gibi restorasyon ömrünü kısaltan klinik sorunlar oldukça azaltılmıştır (12).

Adeziv sistemlerin gelişimine paralel olarak birçok sınıflama oluşturulmuştur. Rezin esaslı dolgu materyallerinin dentin ile bağlantısının gerçekleştirilmesini sağlayan dentin bağlayıcı sistemler için kabul edilen en eski sınıflama sistemi, gelişim basamaklarına göre yapılan sınıflamadır. Ancak günümüzde dentin bağlayıcı sistemlerin içerikleri, etki mekanizmaları ve klinik uygulama biçimlerine bağlı olarak değişik sınıflamalar da yapılmaktadır (39). Genel olarak adeziv sistemler nesillere göre, smear tabakasını kaldırıp kaldırmamalarına göre ve klinik uygulama yöntemlerine göre sınıflandırılabilirler (40).

2.2.1. Adeziv Sistemlerin Nesillere Göre Sınıflandırılması

Birinci Nesil Bağlayıcı Sistemler : Birinci nesil dentin bağlayıcı sistemler, gliserofosforik asit dimetakrilat, siyanoakrilat, poliüretan N-fenilglisin ve glisidilmetakrilat türevleridir. Gliserofosforik asit dimetakrilat, aktif fosfat grupları ile dentinin kalsiyum iyonlarına bağlantı göstermeleri amacıyla geliştirilmiştir. Yüksek polimerizasyon büzölmeleri ve ağız ortamında çözünmeleri sebebiyle başarısız olmuşlardır. Hidrofobik oldukları için dentine bağlanma kuvvetleri 2-3 MPa olarak bildirilmiştir (9, 41).

İkinci Nesil Bağlayıcı Sistemler : 1980'lerin başında geliştirilen bu adezivlerde temel olarak polimerize olabilen fosfat ilaveli Bis-GMA (bisfenol glisidil metakrilat) rezinleri kullanılmıştır. Bu ürünler, kollajen ve smear tabakasına bağlanma özelliklerinden dolayı dentine 10 MPa kadar bağ dayanımına sahiptirler (42). Ağız ortamında hidroliz olmaları ve dentin-sement birleşiminde mikrosızıntıyı önleyememeleri bu sistemlerin başarısızlığına yol açmıştır (43).

Üçüncü Nesil Bağlayıcı Sistemler : Bu grubun kimyası 2. jenerasyondan çok farklıdır. Karakteristik özelliği; çok basamaklı uygulamalar içermesidir. Bonding sistemin uygulanmasından önce dentine asitleme işlemi uygulanır. Kullanılan asitler smear tabakasını ya modifiye eder ya da ortadan kaldırır. Daha sonra hidrofilik primer ve bonding sistem uygulanır (44). Klinik olarak, üçüncü nesil dental adezivler, birinci ve ikinci kuşağa göre dentindeki mikrosızıntıyı azaltmada daha başarılı olsalar da tamamen elimine edememişlerdir (45, 46).

Dördüncü Nesil Bağlayıcı Sistemler : Adeziv diş hekimliğinde önemli gelişmeler 1990'ların başlarında birden fazla aşamalı dentin adezivlerinin gelişimi ile gerçekleşmiştir. Bu bağlayıcı sistemlerde, conditioner ve/veya primerlerle heterojen ve hidrofilik dentinin bağlanma için daha iyi konuma getirilmesi ve hibrit tabakayla rezin tagların oluşturulması hedeflenmiştir. Dördüncü nesil bağlayıcı sistemler ile mine ve dentinin her ikisine birden güçlü bir bağlanma sağlanmıştır. Dentine bağlanma dayanımları 17-26 MPa arasında olan bu adeziv sistemlerde etch-and-rinse tekniğinin kullanılması, sistemin karakteristik özelliğidir (47, 48).

Beşinci Nesil Bağlayıcı Sistemler : Bu nesil, dördüncü nesilin zaman alan ve dikkatli uygulama gerektiren üç aşamalı sistemini pratikleştirmeyi hedefleyen, primer ve bonding ajanlarının birleştirilerek aşama sayısının düşürüldüğü tek şişe adezivlerle bilinirler. Bu sistemlerde klinik uygulamayı kolaylaştırmak için primer ve bonding tek şişe içerisinde kombine edilmiştir. Bu bonding sistemler, dentinle adeziv rezin arasında “rezin taglar” sayesinde hibrit tabaka oluşturur ve hem minede hem de dentinde yüksek bağlanma dayanımı gösterirler (49-51). Dentine makaslama bağlanma dayanımı 14-28 MPa'dır. 4. jenerasyon adeziv sistemlerde olduğu gibi bu sistemlerde de bağlanmanın başarılı olması, hibrit tabakasının oluşumuna bağlıdır. Bu sistemin gelişiminin uygulanan basamak sayısını azalttığı doğru olmasına rağmen, daha kolay ve hızlı bir uygulama sağladığı ifadesi yanlıştır. Çünkü bu materyaller dentinin nem içeriğine çok duyarlıdır ve birçok durumda dentine rezinin iyi penetrasyonunu sağlayabilmek için primer-adeziv kombinasyonunun kat kat uygulanmasını gerektirmektedir (44).

Altıncı Nesil Bağlayıcı Sistemler : 2000'li yıllarda geliştirilmiştir. Asitleme işlemi elimine edilmiştir. Asidik primer, yani self-etching primer uygulandığı için yıkama işlemi gerektirmezler. Altıncı jenerasyon bağlayıcı ajanların iki tipi mevcuttur. Bunlardan birincisi, asidik primer ve daha sonra adeziv uygulanması diğeri ise ayrı ayrı bulunan primer ve adezivin karıştırılarak tek aşamada uygulanmasıdır. 6. jenerasyon dentin bonding sistemler ile elde edilen bağlanma dayanımı, adezivlerin mevcut bileşimlerine bağlı olarak değişmektedir. Bazı iki basamaklı self-etch adezivlerin bağlanma dayanımları 4. ve 5. jenerasyonlarınkine yaklaşırsa bile, genellikle daha düşük bağlanma kuvveti ve dayanımı gösterirler (52).

Yedinci Nesil Bağlayıcı Sistemler : Bu nesilde asit, primer ve adeziv resin bir araya getirilerek tek şişede birleştirilmiştir. Tek aşamalı bağlayıcı sistemler (all-in-one) olarak da isimlendirilen bu bağlayıcılar diş hekimlerine kolay uygulama olanağı sağlarlar. Bu nesil adeziv sistemlerde 18-25 MPa'ya kadar dentine bağlanma dayanım değerleri elde edilmiş olsa da (53, 54) yapılan çalışmalarda birçok eksiklikleri belgelenmiştir. Birleşik çözeltiler karmaşık yapılarından dolayı faz ayrılmasına ve adeziv tabakalarının içinde damlacık oluşmasına eğilimlidirler (55). Bu adeziv tabakalar, yarı geçirgen zarlar gibi davranarak çift yönlü su geçişine izin verirler (56). Ayrıca, bu jenerasyon adezivler 4. ve 5. jenerasyon adezivlere kıyasla daha düşük bağlanma dayanımı gösterirler (57).

2.2.2. Adeziv Sistemlerin Smear Tabakası ile Etkileşimlerine Göre Sınıflandırılması

Bu sınıflandırmada araştırmacılar farklı görüşler öne sürmüşlerdir. Adeziv sistemlerin henüz erken dönemlerinde bazı araştırmacılar; smear tabakasının bir bariyer görevi görerek dentinin geçirgenliğini %86 oranında azalttığını, pulpayı mikroorganizma ve ürünlerinden koruduğunu ileri sürmüşlerdir (58). Bu nedenle ilk adeziv sistemlerde smear tabakası kaldırılmadan modifiye edilerek dentine bağlanma denenmiş ancak başarılı sonuçlar alınamamıştır. Günümüzde halen kullanılan ve yeterli bağlanma dayanımı gösteren adeziv sistemler smear tabakasını kaldırmakta veya çözmektedir (9, 19, 58).

Smear tabakasını tamamen ortadan kaldıran sistemler, etch-and-rinse tekniği ile mine ve dentine aynı anda asit uygulanarak smear tabakasının tamamen kaldırılıp hibrit tabakası oluşturma esasına dayanmaktadır. Bu sistemler genellikle üç basamaklıdır. İlk basamakta uygulanan asit sadece smear tabakasını kaldırmaz aynı zamanda yüzeyel demineralizasyon ile kollajen fibrillerini de açığa çıkarır. İkinci basamak, primer uygulanmasıdır. Primerler adezyonu arttırıcı ajanlardır. Açığa çıkmış kollajen fibrillerine afinitesi olan hidrofilik özellikli monomerler ve adeziv resin ile ko-polimerizasyon için hidrofobik özellikli monomerler içerirler. Üçüncü basamak ise adeziv resinin uygulanmasıdır (27, 56, 59).

Smear tabakasının tamamen ortadan kaldırılması, hidrodinamik sıvı hareketine bağlı olarak gelişen dentin hassasiyeti, açık dentin tübüllerinden pulpaya

bakteri geçişi olasılığı ve uygulanan asitlerin pulpa dokusunda oluşturabileceği sitotoksik etkiler gibi çeşitli olumsuzluklara neden olabilmektedir (9, 60).

Smear tabakasını çözen sistemlerde, self-etch tekniği ile zayıf asit+primer uygulaması sonrası smear tabakası kısmen uzaklaştırılarak hibrit tabakasına dahil edilmektedir (19). Bu sistemler ile dentin yüzeyindeki nemin korunması ve bünyesindeki monomerlerin smear tabakası içine girmesi ile güçlü bir bağlantı sağlanması hedeflenmiştir (27, 59). Bu konseptte uygun olarak etki gösteren self-etch adezivler de klinik uygulamalarındaki aşamalara göre iki veya tek aşamalı self-etch adezivler olarak gruplandırılmaktadır (61).

2.2.3. Adeziv Sistemlerin Klinik Uygulamalarına Göre Sınıflandırılması

Adeziv sistemler, bağlanma dayanımının geliştirilmesinin yanı sıra teknik hassasiyetin azaltılması ve klinik uygulama zamanının kısaltılması yönünde gelişmeler göstermiştir. En güncel bilimsel ve güvenilir sınıflandırmaya göre günümüzde dental adeziv sistemleri üç başlık altında incelemek mümkündür (14):

- A) Etch-And-Rinse Adeziv Sistemler
- B) Self-Etch Adeziv Sistemler
- C) Cam İyonomer Adeziv Sistemler

A) Etch-And-Rinse Adeziv Sistemler

Total pürüzlendirme, mine ve dentin dokularının aynı işlemde fakat farklı sürelerde pürüzlendirilmesi ile gerçekleştirilir. Pürüzlendirme işlemi genellikle %34-37 konsantrasyondaki fosforik asit jelleri ile yapılmaktadır. Asitle pürüzlendirilen ve mikropöziteler oluşturarak ıslanabilirliği, penetrasyonu, tutuculuğu arttırılan, yüzey enerjisi düşürülen diş yüzeyi üzerine primer uygulanır. Hidrofilik yapıdaki primer uygulaması ile yüzey aktif hale getirilip ıslanabilirlik arttırılır ve diş yüzeyi adeziv rezin uygulamasına hazırlanır (62). Bu şekilde uygulanan adezivler “üç aşamalı” sistem olarak bilinmektedirler. Günümüzde ise çoğunlukla primer ve bağlayıcı ajan uygulamalarının birleştirildiği “iki aşamalı” adeziv sistemler kullanılmaktadır (14, 23, 63). Multi-bottle olarak adlandırılan 3 basamaklı etch-and-rinse sistemler ile benzer olarak bu sistemler de ilk adım olarak asitle pürüzlendirme gerektirirken, farklı olarak primer ve bağlayıcı sistem aşamaları tek şişede birleştirilmiştir. Tek şişe bağlayıcı sistemler aseton, etanol veya su gibi çözücülerle (solvent) taşınan hidrofilik

ve hidrofobik rezinlerin karışımını içerir. Bağlanma mekanizmaları üç basamaklı etch-and-rinse sistemlerle aynıdır (23, 64). Bu sistemlerde de birinci aşama “pürüzlendirme ve yıkama” aşamasıdır (14). İlk basamakta uygulanan asit, smear tabakasını kaldırılarak dentinin 3-5 µm veya daha fazla derinlikte dekalsifiye olmasını sağlar. Böylece hidroksiapatitini kaybetmiş kollajen fibrilleri açığa çıkar. Bu fibriller, rezin monomerin mikromekanik tutuculuğu için mikro-tutucu ağ olarak fonksiyon görürler (65). Birinci aşamayı takiben ikinci aşama hidrofilik ve hidrofobik rezinlerin karışımı olan ve etanol, aseton, su gibi çözücülerden birini içeren tek şişe bağlayıcı ajanların uygulanmasıdır (59).

Total Pürüzlendirme Tekniğinin Aşamaları

a) *Minenin Asitle Pürüzlendirilmesi*: Minenin kimyasal içeriğinin ağırlıkça %95’ini inorganik yapı, %1’ini organik yapı, %4’ünü ise su oluşturur (25). İnorganik yapıyı oluşturan hidroksiapatit kristallerinin bir araya gelmesiyle minenin ana yapısını oluşturan mine prizmaları meydana gelir. Organik yapı (kollajen) ve su ise hidroksiapatit kristalleri arasında dağılmış olarak bulunur (66).

Mine yüzeyi ağız ortamında düz bir yapı olup genellikle dental plak veya pelikül ile kaplıdır. Herhangi bir uygulama yapılmadan ya da minenin yüzeyel yapısı değiştirilmeden rezin esaslı materyallerin mine yüzeyine bağlanması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle dental adeziv restoratif materyaller ve mine dokusu arasında mikromekanik bir bağlantı gerçekleşebilmesi için minenin yüzey yapısında bazı değişikliklere ihtiyaç duyulur. Mine yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesindeki amaç; minenin temizlenmesi, mine yüzeyinde mikropöröziteler oluşturarak ıslanabilirliği, penetrasyonu ve tutuculuğu arttırmaktır (67). Mine yüzeyindeki prizmatik ve interprizmatik kristallerin uzaklaştırılmasıyla minenin yüzey enerjisi artarken, yüzeyindeki mikroorganizma sayısı da %75-95 oranında azalmaktadır (68). Mine dokusunun asitle pürüzlendirilmesi ile mine yüzeyinin ortalama 10 µm’lik kısmı ortadan kalkar ve derinliği 5-50 µm arasında değişen pürüzlendirilmiş bir alan oluşur. Bu sayede bağlanma yüzeyi arttırılmış olur (69).

Mine yüzeyine çeşitli konsantrasyonlarda asitlerin uygulanması ile yüzeydeki smear tabakası uzaklaştırılır, prizmatik ve interprizmatik mineral kristalleri farklı düzeylerde ortadan kaldırarak mikroskobik pürüzlülük sağlanır. Minede görülen pürüzlendirme 3 tip olarak görülmektedir:

- Tip I pürüzlenmede mine prizmalarının iç kısımları çözünerek uzaklaşır. Ortaya çıkan görüntüye “bal peteği” denir.
- Tip II pürüzlenmede mine prizmalarının çeperleri çözünerek uzaklaşır. Meydana gelen görüntüye “kaldırım taşı” adı verilir.
- Tip III pürüzlenmede prizmatik yapı gözlenmez. Yüzey amorfudur ve daha silik bir pürüzlenme görünümü vardır (70).

Bu farklı pürüzlenme tipleri, hidroksiapatit kristallerinin mine prizmaları içerisindeki açıları ve pozisyonlarına göre oluşmaktadır. Bir mine yüzeyinin değişik bölgelerinde değişik pürüzlenme tipleri görülmekte olup, farklı pürüzlendirme tiplerinin bağlanma dayanımı üzerinde etkili olup olmadığı bilinmemektedir (71, 72).

Mine yüzeyine uygulanan asit sonrasında meydana gelen etki; kullanılan asidin çeşidi, konsantrasyonu, formu ve uygulama süresinin yanı sıra minede preparasyon yapıp yapılmadığı, minenin kimyasal ve fiziksel yapısı, mine prizmalarının varlığı veya yokluğu, mine dokusunun mineral içeriği ve daha önceden meydana gelen demineralizasyon miktarı gibi faktörlere bağlıdır (73).

Minenin pürüzlendirilmesinde %16’lık EDTA, %10’luk maleik asit, %10’luk sitrik asit , %1,6-3,5’lik oksalik asit, %2,5’luk nitrik asit ve %20-25’lik poliakrilik asit, %10’luk piruvik asit gibi çeşitli ajanlar alternatif olarak kullanılabilse de en sık kullanılan ajan %37’lik fosforik asittir ($H_3[PO_4]$) (71). Diğer kullanılan ajanlardan elde edilen sonuçlar çoğu zaman morfolojik yönden tatminkâr olmakla birlikte, rezin adezyonu için istenilen bağlantı kuvvetlerini katkıda bulunamadıklarından bu zayıf asitlerin rutin uygulamalara girmesi mümkün olmamıştır (59).

b) Dentinin Asitle Pürüzlendirilmesi: Dental adeziv materyaller ve dentin arasında mikromekanik bir bağlantının sağlanabilmesi için dentinin yüzey yapısında da bazı değişikliklerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bunun temel nedeni, kavite preparasyonu ile oluşturulan ve debris, denatüre kollajen, hidroksiapatit ve mikroorganizmalardan oluşan ortalama 0,5-2 μm kalınlığındaki smear tabakası ve dentin tübülleri içinde yer alan 1-3 μm ’lik smear tıkaçlarının varlığıdır (59). Kavite preparasyonu sırasında oluşan smear tabakası ve tıkaçları dentin sıvısının hareketini ve dentinal difüzyonu azaltan doğal bir dentin bariyeridir (74-76). Smear tabakası dentinal sıvıların hareketini %80-90 oranında, difüzyonu ise %25-30 oranında azaltır (76). Ancak bu tabakanın oral sıvılarda 7 gün içinde çözüldüğü bilinmektedir (74).

Etch-and-rinse adeziv sistemlerde farklı içerik ve konsantrasyonlardaki asitler ile smear tabakası ve tıkaçları tamamen uzaklaştırılmakta (59, 77), intertübüler ve peritübüler dentin demineralize olmakta, dentin tübülleri tamamen açılmakta ve aynı zamanda 3-10 µm'lik bir derinlikte kollajen ağ açığa çıkmaktadır (78). Açığa çıkan kollajen ağ içerisine sızan düşük vizkoziteli adeziv rezinin polimerizasyonu sonrasında oluşan yapıya hibrit tabaka adı verilmektedir. 1982 yılında Nakabayashi tarafından tanımlanan hibrit tabaka (72, 79) yüzeyel dentin ve tübül duvarlarında açığa çıkan kollajen ağ ile adeziv rezin arasında gerçekleşen, oral sıvılar ve asitlere dirençli mikromekanik bir kenetlenme ara sahası olarak tanımlanmıştır (39). Kullanılan dental adeziv sisteminin tipine göre hibrit tabakanın kalınlığı 1-5 µm arasında değişmektedir. Ancak, yapılan çalışmalarda hibrit tabakanın kalınlığı ile dentin dokusuna restoratif materyallerin bağlanma kuvveti arasında herhangi bir ilişki bulunmamıştır (80).

Pürüzlendirme amacıyla kullanılan asitlerin hipertonic yapısı, dentin tübüllerinden dentinal sıvının dışarı doğru hareketine neden olur (78). Bu tübüler sıvı, asidin seyrelmesine ve dentine daha az penetre olmasına sebep olmaktadır. Aynı zamanda kullanılan asidin tipi, uygulama süresi, konsantrasyonu, pH'sı ve viskozitesi de demineralizasyonun derinliğini etkileyebilmektedir (72).

Güçlü asitlerin uzun sürede uygulanması ile dentinin aşırı demineralizasyonu sonucu kollajen ağ şiddetli derecede çöker. Bu durumda hidrofilik primer ve adeziv rezin uygulamaları kollajen ağın yeniden orijinal seviyesine dönmesine yeterli gelmeyebilir (81). Aşırı pürüzlendirmenin yapıldığı durumlarda, demineralizasyon sahası rezinin yeterince penetre olamayacağı kadar derinleşmekte, bakteri kaynaklı asit ve enzim atıklarına ve hidrolitik degradasyona karşı zayıf bir alan meydana gelmekte, bu da elde edilen bağlantı dayanıklılığının azalmasına sebep olmaktadır (82).

Gwinnett, (82) Tay ve Kanca (82, 83), asitle pürüzlendirme ve yıkama işlemlerinden sonra bağlayıcı ajanın nemli dentin üzerine uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bunun nedeni; nemli ortamdaki kollajen ağ fibrilleri arasında bulunan 15-20 nm'lik mesafenin korunmasıdır (71). Aşırı kurutma sonucunda kollajen ağ çökeceğinden yüzeye uygulanan adeziv rezinin kollajen ağ içine penetrasyonu sınırlanır ve sonuçta ideal bir hibridizasyon sağlanamaz (82, 84). Dentinin aşırı nemli

bırakılması ise; primeri sulandırarak etkisinin azalmasına ya da hibrit tabakası içindeki rezin polimerizasyonunun olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Asit uygulamasından sonra uygulanan primerin demineralize dentin alanının kritik yüzey gerilim değerini arttırdığı belirtilmiştir (65).

c) Primer uygulaması: Birinci aşama olan asitle pürüzlendirmeyi takiben total pürüzlendirmeli adeziv sistemlerde ikinci aşama, bağlanmayı artırıcı monomerlerin (primer) uygulanmasıdır (23). Bağlanmayı artırıcı ajanlar olarak kabul edilen primerler su, aseton, etanol gibi organik çözücülerde çözülmüş hidrofilik monomerler içerirler. Bu basamakta açığa çıkmış kollajen fibrillerin yeterince ıslatılması ve kalan suyun uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Asitlenmiş dentine primer uygulanması, çökmüş kollojenleri restore eder ve rezinin dentine daha iyi diffüze olmasını sağlar. Böylece hibrit tabakasının kalitesi ve bağlanma dayanıklılığı artar ve dentin, adeziv penetrasyonu için hazır hale gelir (65). Kısaca primerler, kimyasal yapıları farklı olan hidrofilik dentin ile hidrofobik rezini birbirleri ile uyumlu hale getirirler.

d) Bağlayıcı ajan uygulaması: Primer ajan uygulamasından sonra, diş yüzeyine üçüncü aşama olarak “bağlayıcı ajan” uygulanır. Bağlayıcı ajanın en önemli görevleri, asitleme sonucu kollajende oluşan nano boşlukları doldurmak, dentin tübülleri içine girerek rezin tagların oluşumunu ve hibrit tabakasının stabilizasyonunu sağlamaktır (23). Bağlayıcı ajan, Bis-GMA (bisfenol glisidimetakrilat) ve UDMA (üretan dimetakrilat) gibi hidrofobik rezin monomerler içerir. Islanabilirliği sağlamak için HEMA (2-hidroksietil metakrilat), vizkoziteyi düzenlemek için TEGDMA (triötilen glikol dimetakrilat) gibi daha hidrofilik rezin monomerler de kullanılmaktadır (23). Birçok bağlayıcı sistem doldurucusuz olduğu halde, bazı bağlayıcı sistemler doldurucu partikül içerebilmektedir. Bazı çalışmalar dolduruculu rezinlerin diş restorasyon ara yüzünde stres kırıcı olarak rol oynadığını göstermektedir (59, 85).

Üç aşamalı etch-and-rinse sistemler; düşük teknik hassasiyetle uygulanabilen başarılı asit, primer ve adeziv uygulaması, hibridizasyon açısından uygun kompozisyon, elastik şok emici yüzey olarak davranan dolduruculu adeziv, ayrı rezin bağlayıcı tabaka oluşumu ve polimerize olmuş rezinin düşük hidrofilitesi nedeniyle hidrolitik yıkıma karşı daha dirençlidir (86).

Etch-and-rinse adeziv sistemlerde; pürüzlendirme, primer ve bağlayıcı ajanların içerikleri, süreleri ve uygulama yöntemleri üretici firmalara göre çeşitlilik gösterir. Günümüzde ise genelde primer ve bağlayıcı ajan fonksiyonlarını tek bir solüsyon içerisinde birleştiren iki aşamalı etch-and-rinse adeziv sistemler daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Üç basamaklı sistemler gibi neredeyse hepsi nemli bağlanma tekniği gerektirirler. Nemli bağlanma tekniğinde yüzey, asitleme ve yıkama işleminden sonra tamamen kurutulmayarak hafif nemli bırakılır. Böylece kollajen fibrilleri çökmez ve rezinin penetrasyonu için sünger gibi davranırlar. Yüzeye uygulanan adeziv rezin içeriğindeki aseton ya da etanol çözücü su ile yer değiştirerek kollajen ağ içerisine rezini taşır (23).

Bu sistemlerin uygulanması daha basit olmakla birlikte ikinci aşamanın birkaç kez uygulanmasının önerilmesi, sürenin uzamasına ve teknik hassasiyet gerekliliğinin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca polimerizasyon büzülmesinin fazla olduğu durumlarda postoperatif hassasiyet riski olduğu (23) ve primer ile adeziv rezinin birlikte kullanılmasının hibridizasyon etkinliğini azaltabileceği bildirilmiştir (63).

Yapılan çalışmalarda üç basamaklı etch-and-rinse adeziv sistemler, iki basamaklı etch-and-rinse adeziv sistemlerden daha üstün bulunmuştur. Yaşlandırma çalışmalarında üç basamaklı etch-and-rinse adeziv sistemlerin oluşturduğu bağların daha dayanıklı oldukları gösterilmiştir (65). Bağlanmanın uzun ömürlülüğü açısından, özellikle de kavite marjineri dentinde olduğu durumlarda, üç aşamalı etanol-su bazlı etch-and-rinse adezivler hala “altın standart” olarak kabul edilmektedir (86).

B) Self-Etch Adeziv Sistemler

Etch-and-rinse sistemlerden farklı olarak self-etch adezivler yıkama işlemi gerektirmemekle birlikte mine ve dentini aynı anda pürüzlendirip primer uygulamasına olanak sağlamaktadır. Self-etch primerlerin etki mekanizması, yıkama gerektirmeyen asidik monomerlerin kullanılması temeline dayanmaktadır. Buna göre zayıf asidik monomerler, mine ve dentini demineralize edip smear tabakasını ve tıkaçlarını modifiye ederken, eş zamanlı olarak gelişen monomer difüzyonu, serbestleşen kollajeni sarmalayarak hibrit tabakayı oluşturur (78). Self-etch adeziv sistemlerde asitleme ve primer uygulama basamakları mine ve dentinde aynı anda

uygulanır. Demineralizasyon ürünleri uzaklaştırılmaz. Smear tabakası çözülür. Çözünen smear tabakası hibrit tabakasına dahil olur. Bu şekilde, smear tabakasının pulpayı koruyan ve dentinal sıvı akışını önleyen doğal bariyer özelliği korunarak altındaki dentinin demineralizasyonu sağlanmış olur. Ayrıca bu yolla adezivlerde meydana gelen nem kontaminasyonu da azaltılarak pulpa boynuzları bölgesinde bölgesel gerilme kuvvetlerinde etch-and-rinse sistemler ile elde edilen sonuçlardan daha iyi sonuçlar elde edilebilir (87).

Self-etch adeziv sistemlerin avantajları;

- Pürüzlendirme ve yıkama aşamalarını içermedikleri ve aynı zamanda su bazlı oldukları için uygulanmaları kolaydır (88). İşlem basamaklarının sayısı azaldığı için hata yapma olasılığı da azalmaktadır (4).
- Pürüzlendirme ve adeziv penetrasyonu aynı anda meydana geldiği için, aşırı demineralizasyona bağlı yetersiz rezin monomer infiltrasyonu sonucunda hibrit tabakasının içinde ortaya çıkan problemler ve beraberinde oluşan düşük bağlantı kuvvetleri engellenmektedir (4).
- Yıkama gerektirmediğinden demineralize dentinin aşırı kurutulması veya aşırı nemli bırakılmasına bağlı olarak ortaya çıkan problemler elimine edilmektedir (89).
- Smear tıkaçları uzaklaştırılmadığı için oluşan kısa rezin taglara rağmen oldukça iyi bir sızdırmazlık sağlanmaktadır. Aynı nedenle operasyon sonrasında hassasiyet meydana gelme olasılığı da düşüktür (4, 89).
- Bu özellikleri ile çalışma zamanını önemli ölçüde kısaltmaktadırlar (90, 91).
- Self-etch adeziv sistemlerin işlem basamaklarının az olması sebebiyle daha az çalışma zamanı gerektirmesi ve beraberinde tükürükle kontaminasyon olasılığını da düşürmesi nedeniyle çocuk hastalarda ve özellikle de kooperasyonun sağlanamadığı durumlarda kullanımının avantajlı olacağı düşünülmektedir (90).

Kendinden asitli adezivler uygulama basamaklarına ve asiditelerine göre sınıflandırılırlar. Uygulama basamaklarına göre bir ve iki basamaklı kendinden asitli adezivler olmak üzere iki gruba ayrılırlar (92-94). İki basamaklı self-etch adezivlerde, birinci basamağı asidik monomer ilave edilmiş hidrofilik primer solüsyonu uygulaması, ikinci basamağı ise hidrofobik adeziv rezin uygulaması

oluşturmaktadır (65). Bu işlem, arayüzü daha hidrofobik yaptığından bağlanma dayanıklılığını artırır. Tek aşamalı self-etch adezivlerde ise asidik monomer içeren primer ve adeziv rezin birlikte bulunur. Basitleştirilmiş sistemlerdir ve “all in-one” olarak da adlandırılırlar. Bu sistemlerin, yüksek hidrofiliteyi nedeni ile polimerize edildikten sonra suyun adeziv tabakasından geçişine izin veren geçirgen bir zar gibi davrandığı gösterilmiştir (95). Bu iki sistemde de asitleme ve yıkama prosedürleri olmadığı için etch-and-rinse sistemler ile kıyaslandığında teknik hassasiyet oldukça düşüktür (1, 4, 96).

Asitleme derecelerine göre self-etch adeziv sistemler farklılık gösterirler ve pH'ı 1,0 veya 1,0'in altında olanlar kuvvetli asidik, pH'ı yaklaşık 1,5 olanlar orta kuvvetli asidik, pH'ı 2,0 veya 2,0'dan büyük olanlar hafif asidik ve pH'ı 2,7 olanlar ultra hafif asidik olarak sınıflandırılırlar (4, 65, 97, 98).

Ultra hafif self-etch adezivlerin pH'ları 2,5 ve üzeri civarındadır. Dentinde bariz bir demineralizasyona neden olamadığı için oluşan bağlanma nano-etkileşim tabakası olarak adlandırılır. Minenin dentine göre daha fazla hidroksiapatit içermesi nedeniyle, adeziv tarafından salınan hidrojen iyonları mine tarafından daha fazla nötralize edilmekte ve istenilen düzeye ulaşmadan etkinliğini kaybetmektedir (99).

Hafif olarak sınıflandırılan self-etch adezivlerin pH değeri 2 civarındadır. Bu sistemler dentin yüzeyini kısmen çözerler ve dentini ancak 1 µm derinliğe kadar demineralize edebilirler. Genellikle smear tikaçlarını tamamen kaldırmamaktadırlar. Sonuç olarak submikron boyutlarda, oldukça yüzeyel bir hibrit tabakası oluşturmakta, hibrit tabakası içerisinde önemli miktarda hidroksiapatit kristalinin kalmasına neden olmaktadır (14, 100, 101). Buna rağmen hibridizasyon yoluyla mikromekanik kilitleme sağlamak için yeterli yüzey pürüzlülüğü elde edilmektedir.

Orta derecede güçlü self-etch adezivlerin pH değeri 1-2 arasında değişmektedir. Bu self-etchlerde primer uygulaması ile üst tabakası tamamen, alt tabakası ise kısmen demineralize olmuş bir hibrit tabaka oluşmaktadır. Fonksiyonel monomerlerin karboksil veya fosfat grupları geride kalan hidroksiapatitle birleşebilir (100). Hibrit tabakasının altında bulunan hidroksiapatit kristalleri kimyasal adezyon sağlamaktadırlar ve moleküller arası kimyasal etkileşime izin verebilmektedirler (4). Asidik primerin etkisi dentinde 1-2 µm derinliğine ulaşmaktadır (102). Hibrit

tabakasının kalınlığı kuvvetli self-etch adezivlere göre daha azdır. Hafif self-etch adezivlere göre mine ve dentine daha iyi mikromekanik bağlanma sağlanır.

Kuvvetli self-etch adezivler 1'den daha az bir pH değerine sahiptirler. Hem mine hem de dentinde derin bir demineralizasyona neden olmaktadır. Zayıf self-etch adezivlere göre dentine infiltrasyonları daha derindir. Bu nedenle oluşan hibrit tabakası kalındır ve rezin tıkaçlar (tag) mevcuttur (103). Bu adezivlerde etch-and-rinse adezivlerde olduğu gibi çözülmüş kalsiyum fosfat açığa çıkmaktadır ve etch-and-rinse sistemlerden farklı olarak yıkanarak ortamdaki uzaklaştırılmamaktadır. Gömülü kalan bu kalsiyum fosfatlar düşük hidrolitik etkisi sebebiyle kollajenle olan kimyasal bağlanmanın stabil olmasına engel olarak yüzeyler arasındaki bütünlüğü zayıflatır (102). Yapılan çalışmalar göstermiştir ki minenin asitlere karşı daha dirençli olması nedeniyle kuvvetli self-etch adezivlerin mineye bağlanması oldukça iyi olsa da bağlanma süresi ve restorasyon ömrü açısından dentine bağlanmada yetersiz kalmaktadır (104-106).

Self-etch adeziv sistemler, çeşitli rezin monomerlere ve dolduruculara ek olarak; karboksilik, fosforik, sülfonik asit gruplarını ya da bunların esterlerini içeren, metakrilat bazlı, polimerize olabilen rezin monomerleri ve ayrıca maleik ve itakonik asit gibi organik ve inorganik asitleri de yapılarında bulundururlar (107). Az sayıdaki su içermeyen self-etch adezivler dışında bütün self-etch adezivler su ve HEMA (Hidroksi ethyl metakrilat) içermektedirler ve bu da aseton bazlı etch-and-rinse adezivlerde olduğu gibi nemli bağlanma gibi teknik hassasiyeti yüksek bir uygulama gerektirmektedir (107, 108). HEMA, nemlendirme ajanı olarak gereklidir ve ıslak ortamda yüksek difüzyon kabiliyeti göstermektedir. Ayrıca su içerisinde daha zor çözünen monomerler için de çözücü bir ajandır (91). Su ise asidik monomerlerin iyonize olarak smear tabakasında ve diş dokularında demineralizasyon meydana getirebilmesi için gereklidir (107). Self-etch adezivlere suyun katılması ile demineralizasyon sonrası büzülmüş kollajenin yeniden genişletilmesi amaçlanmıştır. Pürüzlendirme işlemi devam ederken solüsyonun asiditesi smear tabakasının ve diş dokularının çözünen mineral içeriği tarafından tamponlanmaktadır. Yeteri kadar yüksek pH değerine ulaşıldığında ise demineralizasyon reaksiyonu durmaktadır (91). Fakat suyun buhar basıncının düşük olması adeziv arayüzünde kalan suyun uzaklaştırılmaması sonucu bağlanma dayanımı olumsuz yönde etkilenir. Özellikle

kuvvetli self-etch adezivler su içerirler ve bu suyun uzaklaştırılması zordur. Bu nedenle bazı self-etch adezivlerde çözücü olarak etanol ve aseton ilavesi yapılır (109).

Günümüz self-etch adezivleri klinik olarak uygun zaman içinde smear tabakasını çözebilmek ve dentine infiltre olabilmek için yeterli asiditeye sahiptirler (65). Primer solüsyonunun pH'sından başka, smear tabakasının kalınlığı, viskozite ve ıslatma özellikleri self-etch adezivlerin infiltrasyon ve demineralizasyon özelliklerini açığa çıkarır (65). Smear tabakasının çok kalın olduğu durumlarda penetrasyon kısmen veya tamamen engellenebilmektedir. Bunun sonucunda da meydana gelecek demineralizasyon miktarı ve hibrit tabakanın oluşumu tehlikeye girmektedir (107).

Self-etch adezivlerin iyi performansının nedeni monomerler ile hidroksiapatitler arasındaki ilişki ile açıklanabilir. Kimyasal bağlanma yeteneği monomere özgüdür ve kalsiyum-monomer bağının hidrolitik stabilitesine bağlıdır (14). Özellikle bağlanmanın sürekliliğinde monomerin kendi hidrolitik stabilizasyonu önemlidir. Mikromekanik bağlanmanın ani streslere karşı dayanıklılık sağladığı, ek kimyasal etkileşimin ise adezyonun kalıcılığı ve devamlılığı ile ilgili olduğu düşünülmektedir (55, 110).

C) Cam İyonomer Adezivler

Cam iyonomerler diş yüzeyine herhangi bir yüzey hazırlığı yapılmaksızın diş sert dokularıyla kimyasal bağlantı sağlayabilen bir materyaldir (111). Cam iyonomerlerin kimyasal bağlanma etkisinden faydalanmak amacıyla cam iyonomer esaslı adeziv sistemler geliştirilmiştir. Restoratif materyalin kaviteye uygulanmasından önce diş yüzeyinin “conditioner” olarak polialkenoik asitle silinmesi, smear tabakasının ortadan kalkarak 0,5-1 µm'lik bölgede yüzeyel bir demineralizasyona ve mikromekanik bir bağlanmanın gerçekleşebilmesine imkân verecek kollajen ağının açığa çıkmasına neden olur (112). Böylece rezin difüzyonu sonucu oluşan hibridizasyonla mikromekanik bir bağlanma elde edilebilmektedir. Diş yüzeyinde oluşan demineralizasyon sonrasında derinliğin yüzeysel olması yanında hidroksiapatit kristalleri de kollajen ağdan tamamen ayrılmaz. Bu sayede kollajen ağ üzerinde kalan hidroksiapatit kristallerine ait kalsiyum iyonu ile polialkenoik asit içerisindeki karboksil grupları arasında oluşan iyonik bağlar sayesinde kimyasal bağlanma da gerçekleşir (113). Bu ek kimyasal bağlanma hidrolitik degradasyona karşı bir direnç

oluşturmaktadır (37). Sonuç olarak, self-etch adezivlerde olduğu gibi iki yönlü bir bağlantı elde edilmiş olunur.

Cam iyonomer adeziv sistemlerin rezin bazlı self-etch adeziv sistemlerden farkı, cam iyonomerlerdeki polikarboksil bazlı polimerin yüksek molekül ağırlığı sayesinde kendi kendine bağ yapabilmesidir (14). Kırılan kimyasal bağları tamir etme yeteneği sebebiyle cam iyonomer bağlayıcı sistemlerin daha üstün kavite örtücülük özelliklerine sahip olduğu ve mikrosızıntıya daha dirençli olduğu iddia edilmektedir. Ayrıca flor iyonu salma özelliği nedeniyle karyostatik özellik taşırlar (114).

D) Multimode Adeziv Sistemler

Her geçen gün gelişen adeziv diş hekimliği ile işlem basamakları azalmakta, yapılan işlemlerin süresi kısaltılmakta ve teknik hassasiyet minimuma düşürülmektedir (4). Günümüzde adeziv sistemler üzerindeki çalışmalar, geleneksel adeziv sistemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmaya ve kullanım kolaylığı getiren ürünler ortaya çıkarmaya yöneliktir. Geleneksel etch-and-rinse sistemlerinin başlıca dezavantajı dentinin nem miktarına olan duyarlılıklarıdır (29, 115). Yıkama ve kurutma aşamasında, nemli bağlanma gerekliliği (dentindeki kollajenlerin dehidrasyonunun önüne geçmek için) de ekstra bir teknik hassasiyet gerektirmektedir (1, 116). Dentin kollajenleri arasında olması gerekenden fazla su kalırsa, rezin monomer intertübüler dentini dolduramaz ve bağlantı ara yüzeyinde demineralize bölgeler kalır (117). Böylece adeziv dentin ara yüzünde interfasiyal yıkımlar oluşur ve bağlantı gücü oldukça zayıflar. Asit uygulanmış dentinin aşırı kurutulması da kollajen fibrillerin rezin monomer tarafından sarılmasını engelleyip, hidrolize olarak rezinin çözünmesine ve bağlantının zayıflamasına neden olabilir (118). Asit uygulamasının hem ek bir basamak olarak zaman alması, hem kontaminasyon riskini (özellikle çocuklarda) arttırması adezyon başarısını negatif yönde etkilemektedir. Ayrıca birçok araştırmacı etch-and-rinse adeziv sisteminde oluşan post-operatif hassasiyeti, adeziv rezinin kollajen ağı içerisine tam penetrasyonunun gerçekleşmemesi ile açıklamıştır (1, 6, 119).

Etch-and-rinse adeziv sistemlerde görülen ve rezinin kollajen fibriller arasında girmesini engelleyen nem sorunu self-etch adezivler için geçerli değildir. Self-etch adezivler teknik hassasiyet gerektiren asitleme, yıkama, kurutma

basamaklarını ortadan kaldırmak ve klinik uygulama süresini kısaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Self-etch adezivlerde oluşan demineralizasyonun daha yüzeysel olması ve smear tabakasının kollajen ve mineraller ile birleşmesi ile post-operatif hassasiyet azalmıştır (120). Ancak bu adezivler mineyi fosforik asit kadar demineralize edemezler ve düşük mine bağlanması sonucunda klinik olarak sık karşılaşılan bir durum olan restorasyon kenarlarında kopmalar meydana gelir (6). Bu sorunun çözümü amacıyla self-etch uygulamasından önce kavitenin mine kenarlarının selektif olarak asitlenmesi önerilmiştir (53). Ancak klinik ortamda minenin asitlenmesi işlemini dentine taşımadan yapmak mümkün olamamaktadır.

Bu komplikasyonları elimine etmek ve bir adezivi bütün adeziv uygulama şekilleri ile kullanabilmek amacıyla “universal”, “multi-mode” veya “çok amaçlı” adezivler olarak adlandırılan adezivler geliştirilmiştir. Universal adezivler bir basamaklı kendinden asitli adezivler gibi, bütün adeziv içeriklerinin tek şişe içerisinde birleştirildiği adezivlerdir. Bu adezivler hem self-etch modunda hem etch-and-rinse modunda hem de selektif asitleme ile birlikte kullanılabilir (8, 121, 122).

Universal adeziv sistemler monomer içeriklerine göre farklılık göstermektedir. Fonksiyonel monomerler adeziv sistemlerin temel bileşenleridir ve daha stabil ve uzun ömürlü ara yüzey bağlantısı oluşmasında önemli rol oynamaktadır (123).

Universal adezivlerin içeriğinde sıklıkla bulunan MDP (metakriloloksietil dihidrojen fosfat) polimerize olabilen metakrilat grupları ve hidroksiapatitteki kalsiyum ile kimyasal bağlanma yeteneğine sahip fosfat gruplarına sahiptir. Hidroksiapatit ile adeziv ara yüzeyinde stabil bir nano tabaka oluşturur. Oluşan MDP-Ca tuzları bu tabaka boyunca çöker. Böylelikle yüksek ve stabil bir bağlanma dayanımı sağlanır (109).

MDP dışında; GPDM (gliserol dimetakrilat ester), MEP-P (metakriloloksietil fenil hidrojen fosfat), MMP (metakriloksipropil dihidrojen fosfat), MEP (metakriloloksietil dihidrojen fosfat), HEMA fosfat, PENTA-P (dipentaeritrolpentaakrilol dihidrojen fosfat), 4-META (4-metakriloloksietil trimellitit anhidrit) ve MAC-10 (metakriloloksialkil asit fosfat) gibi monomerler de günümüzde universal adezivlerin içeriğinde kullanılmaktadırlar (124).

Kendinden asitli adezivler, monomer iyonizasyonunu sağlamak amacıyla su içermektedir. Genel olarak bir basamaklı kendinden asitli adezivler hacimce %30 ile %60 arasında su içerirler. Bu oranın %20'den az olmasının bağlanma dayanımını olumsuz etkileyebileceği belirtilmiştir (125). Universal adezivler de kendinden asitli adezivler gibi su, aseton ve etanol gibi organik çözücüler içermektedir. Adezivlerin içerdiği monomerler bu çözücüler sayesinde aktivitesini gösterebilirler. Kollajenin interfibriler aralığına rezin infiltrasyonunu çözücüler sağlarlar. Ayrıca adeziv rezinin viskozitesini dilue ederler. Ancak adeziv uygulandıktan sonra çözücüler tamamen uzaklaştırılmalıdır. Adeziv rezin polimerize edildikten sonra adeziv tabaka içerisinde kalan çözücü bağlanma dayanımını olumsuz etkilemektedir (126).

HEMA universal adezivlerin de içerisinde bulunan hidrofilik monomerdir. HEMA, daha iyi rezin infiltrasyonu sağlayarak adeziv rezinin bağlanma dayanımını artırır (4, 65). HEMA içermeyen bir universal adezivde faz ayrılmasının meydana geldiği bildirilmiştir (127).

2.3. Adeziv Sistemlerin Laboratuvar Performanslarının Değerlendirilmesi

Son yıllarda büyük bir gelişim gösteren dentin bağlayıcı sistemlerin performanslarının değerlendirilmesinde in vivo ve in vitro testler kullanılmaktadır. Ancak in vivo testler oral kavite içerisinde aynı zamanda oluşan farklı streslerin restorasyon üzerindeki etkilerini doğru olarak ayırt edemeyebilir (128, 129). Laboratuvar testleri (in vitro testler) ile diğer değişkenler sabit tutulurken tek bir etki değerlendirilebilir. Adeziv sistemlerin değerlendirilmesinde in vitro olarak; materyalin çekme-koparma-gerilim (tensile), burma (torsion) veya makaslama (shear) streslerine karşı olan direnci değerlendirilir. Ayrıca mikrosızıntı ölçümleri, kontraksiyon boşluk boyut ölçümleri belirlenir. Genellikle laboratuvar testleri, yeni materyal ve tekniklerin değerlendirilmesi için kolay ve ucuz olmalarının yanısıra daha az zaman gerektirirler.

Bağlanma dayanım testleri adezivleri değerlendirmek için sıklıkla kullanılan testlerdendir. Bu testlerde mine ve dentinde oluşturulan adeziv bağlantı yüzeylerine mekanik test yöntemleri kullanılarak kuvvet uygulanır. Bu yöntemler, uygulanan kuvvetin yönüne göre gerilim bağlanma dayanımı (tensile bond strength) testi ve makaslama bağlanma dayanımı (shear bond strength) testi olarak adlandırılır. Temel olarak diş-restorasyon arasında oluşan gerilim paralel veya dik olmalarına göre

makaslama veya çekme gerilimi olarak tanımlanabilir. Son yıllarda daha küçük yüzeylerin kullanılmasına olanak sağlayan mikrogerilim bağlanma dayanımı (microtensile bond strength) testi ve dişlerdeki bölgesel değişimlerin bağlanma kuvvetlerine etkisini ortaya koyan mikromakaslama bağlanma dayanımı (microshear bond strength) testi de kullanılmaktadır. Bağlanma dayanımı testleri içinde en yaygın olarak kullanılanları makaslama ve gerilim bağlanma dayanımı testleridir (130).

2.3.1. Makaslama Bağlanma Dayanıklılık Testi (Shear Bond Strength Test)

Makaslama bağlanma dayanımı testi; diş ile restoratif materyalin bağlanma yüzeyine paralel yönde ve sabit bir artışla kuvvet uygulanması ile bağlanmanın kırılması esasına dayanan in vitro test metodudur. Örnekler makine içinde özel bir parça kullanılarak sabitlenir ve diş yüzeyine paralel olarak belli bir hızla hareket eden makaslama kafası yardımı ile kırılır. Makaslama kuvveti, uygulanan alana bağlı olarak MPa olarak ifade edilir. Yüksek bağlanma dayanımı, performansın yüksek olduğunu göstermektedir. Makaslama bağlanma dayanımı testinde bulunan değişkenler; bağlanan restoratif kompozit rezinin elastisite modülü ve çapı, adeziv rezinin kalınlığı, dentin derinliği, bağlanan kompozitin tipi ve kontakt bölgesi ile test makinesinin piston kafasının hızıdır (131).

Makaslama bağlanma dayanımı testinde; bağlantı direncinin sayısal olarak değerlendirilmesinin yanında, adherent-adeziv ara yüzeyindeki ayrılma tipi de mikroskopik olarak incelenebilmektedir. Yüzeğe gelen kuvvete karşı adeziv ile bağlanan materyalin gösterdikleri kütleli direnç, kırık tipini belirleyicidir. Kırık tipleri; adeziv kırık, koheziv kırık ve bunların her ikisinin de beraber gerçekleştiği kırılmalar (miks) karışık kırık olarak adlandırılır. Adeziv kırıklar, arayüzdeki birleşmenin ayrılması şeklinde olan kırık tipidir. Koheziv kırık ise iki materyalden birinin kendi içinde gösterdiği kırık tipidir. Karışık kırıklar ise hem adeziv, hem de koheziv kırık tiplerinin kombinasyonu şeklindedir (132).

2.3.2. Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi (Tensile Bond Strength Test)

Gerilim bağlanma dayanımı testinde; bağlanma bölgesi diş yüzeyine 90° açı ile yani dik olarak hareket eden bir kuvvet tarafından kırılır (133). Uygulanan kuvvetin bağlantı ara yüzeyinin tam olarak merkezinden geçmesi çok önemlidir. Uygulanan

kuvvetin doğrultusu ve örneğin konumundaki en ufak sapma sonucu etkileyebilmektedir (134).

Bu test metodunda bağlantı yüzey alanının ortalama $7,065 \text{ mm}^2$ civarında hazırlanması gerekliliğinden dolayı homojen olmayan bir yapı olan dentinin tüm test yüzeyinde aynı özellikleri göstermesi mümkün olmaz. Bu nedenle yapılacak bağlanma testi sağlıklı sonuçlar vermemektedir (135).

2.3.3. Mikromakaslama Bağlanma Dayanıklılık Testi (Microshear Bond Strength Test)

Mikromakaslama bağlanma dayanımı testi, makaslama bağlanma dayanımı testinin bir modifikasyonu olan ve küçük alanlardaki bağlanma kuvvetlerinin adeziv başarısızlıklarını ölçmede kullanılan bir test metodudur (136). Bu testte kuvvetlerin lokalizasyonunu standardize etmek daha zordur (137). Makro makaslama ile kıyaslandığında eş biçimli olmayan stres dağılımı daha belirgindir. Ayrıca ISO (2003) standardına göre adeziv bölgenin sınırlanması mümkün değildir. Bu majör kısıtlamalardan dolayı bu yöntem çok fazla uygulanmamaktadır (138).

2.3.4. Mikro Gerilim Bağlanma Dayanıklılık Testi (Microtensile Bond Strength Test)

Mikrogerilim bağlanma dayanımı testi, adeziv ve diş sert dokusu arasındaki arayüz dayanımını ölçebilen bir adezyon test tekniğidir (139). Mikrogerilim bağlanma dayanımı testinde, test edilen yüzey alanı 1 mm^2 veya daha az yüzey alanı ile makro testlere kıyasla çok daha küçüktür. Bağlanma işlemlerinden sonra örneklerde ilave hazırlık gerektirir ve teknik hassasiyet daha fazladır (140). Ayrıca örnekler çok küçük olduğundan hızlı şekilde dehidrate olurlar ve 5 MPa'dan küçük bağlanma dayanımlarının ölçülmesi zordur (137).

Diş dokusunun heterojen yapısı, yaşı, tipi, kullanılan dişlerin deney öncesinde ve deney sırasındaki saklanma koşulları, mine ve dentindeki yüzey hazırlık farklılıkları, çalışma derinliği (özellikle dentindeki), termosiklus uygulanıp uygulanmaması, bağlayıcı ajanların film kalınlığı, fiziksel/kimyasal dayanıklılıkları, araştırmacılardan doğan farklılıklar, laboratuvar koşullarından kaynaklanan farklılıklar gibi birçok faktör bağlanma dayanımı testlerinin sonuçlarını etkilemektedir (141).

Yapılan tüm in vitro deneyler her ne kadar standardize edilmiş olsa da, materyal ve bağlayıcı ajan sistemlerinin klinik başarılarının anlaşılabilmesi için yapılan çalışmaların sonuçlarının kesinlikle yapılan diğer in vitro ve in vivo çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılabilmeleri ve uyum göstermesi gerekmektedir (129, 142).

2.4. Restorasyon Etrafındaki Sızıntının Değerlendirilmesi

Adeziv restorasyonların tamiri ve yenilenmesini gerektiren en önemli nedenler kenar sızıntısı ya da renklenmesidir. Bu nedenle de bağlanma dayanımı testlerinin yanı sıra adezivlerin kenar kapama yeteneklerinin de test edilmesi gereklidir (4).

Mikrosızıntı terim olarak, kavite duvarları ile restorasyon kenarları arasından oral sıvı ve mikroorganizmaların geçişi olarak tanımlanır (143). Kaviteye yerleştirilen materyalin polimerizasyon büzülmesi sonucu kavite duvarı ile restorasyon arasında stresler oluşabilir (144). Bu başlangıçta kompanse edilebilir fakat, ilerleyen dönemlerde restorasyonda kenar renklenmelerine, çatlaklara, madde kayıplarına, hassasiyete, ikincil çürük oluşumuna hatta pulpada patolojik gelişimlere neden olabilir. Bugünkü, restoratif materyal ve tekniklerin hiçbiri kenar aralığını tamamen kapatamaz, dolayısı ile uzun vadede mikrosızıntıyı önleyemezler (4).

Restoratif diş hekimliğinde dolgu maddeleri ile kavite duvarı arasındaki mikrosızıntı uzun yıllardır araştırmacıların incelediği bir konudur. Restoratif materyalin örtüleme kapasitesini değerlendirmek için in vivo ve in vitro olarak pek çok yöntem geliştirilmiştir (145):

İn vitro çalışmalar,

1. Bakteriyel sızıntı inceleme yöntemi
2. Elektrokimyasal yöntem
3. Nötron aktivasyon analiz yöntemi
4. Radyoaktif izotoplar yöntemi (Ca45, C14, I131, S35, Na22)
5. Sıvı filtrasyon yöntemi
6. Taramalı elektron mikroskobu analizleri
7. İnsan serumu sızıntı yöntemi
8. Gaz kromatografi yöntemi
9. Boya penetrasyon yöntemi (bazik fuksin, fluoresans boyalar, metilen mavisi) gibi teknikleri kapsamaktadır.

2.4.1. Bakteriyel Sızıntı İnceleme Yöntemi

Restorasyon kenarlarından sızan bakteri toksinleri ve diğer bakteri ürünlerinin incelenmesi esasına dayanan bir yöntemdir (146). Bu yöntem ile genelde belli bir bakteri cinsi ve besi yeri kullanılmaktadır. Dişler gram (+) ve gram (-) bakteri cinslerini içeren kültürlerle konmakta ve inkübasyon döneminin sonunda besiyerinde bulunan özel işaretleyici solüsyonun renk değiştirip değiştirmemesine göre oluşan sızıntı değerlendirilmektedir. Sonuçların kalitatif olması dezavantajdır (147).

2.4.2. Elektrokimyasal Yöntem

Bu analiz, elektrolit içine batırılmış eksternal güç kaynağına bağlı iki ayrı elektrot arasında meydana gelen elektrik akımının ölçülmesine dayanır (148). Hazırlanan örnek dişin kökünden restorasyona temas edecek şekilde ve elektrik kaçağı oluşmayacak şekilde izole edilerek bir elektrot yerleştirilir. Hazırlanan düzenek elektrolitik ortam sağlamak için fizyolojik solüsyona batırılır ve elektrik akımı uygulanır. Elektrik akımının hazırlanan örnek içinden geçerken elektrokimyasal ortamda oluşturduğu alternatif akım ölçülerek mikrosızıntı hesaplanır (148).

2.4.3. Nötron Aktivasyon Analiz Yöntemi

Bu teknik; mikrosızıntının in vitro ve in vivo ölçülebilmesini sağlar. Restore edilmiş dişlerin nonreaktif mangan tuzunun aköz solüsyonuna konması metodun esasıdır. Dişin dış yüzeyine yapışan tuz toplanır ve tüm diş bir nükleer reaktörün çekirdeğine yerleştirilir. Nonreaktif Mn55'in aktive olması sağlanır. Diş tarafından absorbe edilen manganezin ölçümü ile sonuç alınır (145).

2.4.4. Radyoaktif İzotoplar Yöntemi

Mikrosızıntısı değerlendirilecek olan diş Ca45, I131, S35, Na22, Rb86, C14 ve P32 izotopları ile hazırlanmış olan solüsyona birkaç saat süreyle bırakılır. Ardından incelenmesi istenen bölgeden kesit alınarak fotoğraf filmine aktarılır. Çekilen radyograflarda, radyoizotopların restorasyon ile diş dokusu arasından geçişi izlenir (149).

2.4.5. Sıvı İnfiltrasyon Yöntemi

Bu sızıntı ölçme yönteminde kullanılacak sıvının bir taraftan basınçla gönderilip diğer taraftan çıkışı gözlenmektedir. Örneklere zarar vermeyen ve üç boyutlu sızıntı

ölçümüne izin veren bu metod ile kantitatif ölçüm sağlanabilmekte ve uzun bir süreç içinde tekrarlanabilir ölçümler yapılabilmektedir (150).

2.4.6. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizleri

Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) görüntü oluşturma örnek üzerine gönderilen elektron demetinin örnekten yansması ve yansıyan sinyallerin algılanması esasına dayanır. SEM ile dış yüzeyinin topografik özellikleri ve doğal kimyasal yapısı incelenebilmektedir (151). SEM’de 1-10 keV’luk birincil elektron enerjili elektron demeti, numune yüzeyinde 1-10 nm yarıçaplı bir noktaya bir lens sistemi ile odaklanır. Odaklanan demet bir optiksel gösteri olarak kullanılan video tübün elektron demeti ile aynı anda bir saptırıcı halka sistemi ile dikdörtgensel olarak boydan boya taranır. Her iki demet aynı tarayıcı jeneratör ile kontrol edilir. Büyütme, numune yüzeyi üzerinde taranan alan ve görüntülemenin büyüklük oranıdır. Çeşitli sinyaller, ikincil elektronlar, geri saçılan elektronlar, x ışınları ve numune akımı ile toplanabilir. Sinyalin 2 boyutlu haritası bir SEM görüntüsü sağlar. SEM incelemeleri, görüntüyü büyütme seçeneklerinin çok fazla olması nedeniyle yüzey özelliklerini iyi yansıtması açısından oldukça yararlıdır ve yüzey mikro yapıyı görüntüleyerek tanecik boyutu ve farklı kristal fazları inceleyebilme olanağı sağlar (152).

2.4.7. İnsan Serumu Sızıntısı Yöntemi

Bu teknikte, kök kanallarının apikal 1/3’ü doldurulduktan ve foramen apikale dışında dış yüzeyleri kapatıldıktan sonra her kök kanalına radyoaktif C insan serumu albümini enjekte edilmektedir. Kron kavitelerinin kapatılmasını takiben diş köklerinin 3-4 mm’lik apikal kısımları fizyolojik insan serum albümini solüsyonuna batırılmakta, belirli sürelerin sonunda kapta toplanan solüsyonun bir kısmı geri çekilmekte ve bir beta spektrometresinde ölçüm yapılarak oluşan sızıntı değerlendirilmektedir (153).

2.4.8. Gaz Kromatografi Yöntemi

Bu teknik, Kersten tarafından geliştirilen, düşük molekül ağırlıklı bakteriyel metabolit olan bütirik asit kullanarak sızıntıyı kantitatif olarak ölçen bir düzeneştir (154). Apikal kısımdaki rezervuardan alınan solüsyon örneği asit içerisinde çözündürülerek bir gaz kromatografi cihazında oluşan apikal sızıntısının analizi yapılmaktadır.

2.4.9. Boya Penetrasyon Tekniği

Mikrosızıntının ölçümünde en çok tercih edilen, lineer analiz yöntemlerinden biridir. Bu metot restorasyon kenarları hariç, restore edilmemiş diş kısımlarının suya dayanıklı bir vernik ile kapatılmasından sonra dişin boya solusyonunda bekletilmesini kapsar. Örneklerin boyada kalma süresi 24 saatten altı aya kadar değişebilmektedir. Belirli bir süre sonunda modeller yıkanır ve restorasyon ile diş dokusu arasında oluşan boya penetrasyonunun miktarına karar verebilmek için iki ya da daha fazla kesitlere ayrılır (4). Yayınlanan literatürler incelendiğinde kullanılan boyanın seçiminde geniş bir çeşitlilik olduğu görülür. Mikrosızıntı tespitinde en çok tercih edilen boyalar; metilen mavisi (%0,2-2), bazik fuksin (%0,5-2), floresan (%2-20), kristal viyole (%0,05), anilin mavisi (%2), gümüş nitrat (%50), toluidin mavisi (%0,25), eritrosin (%2), Rodamin B (%0,2), fosforik asit (%37) ve akridin turuncusu (%0,1)'dur. Modellerin solüsyonda bekletilme süresi 4-72 saat arasında ya da daha fazladır. Mikrosızıntının tespiti için önceleri organik boyalar kullanılırken, geliştirilen tekniklerle beraber floresan boya kullanımını da artırmıştır (155).

Boya partikül boyutlarının da mikrosızıntı sonuçlarını önemli oranda etkilediği bilinmektedir. Boya penetrasyon yönteminin avantajları sulu solüsyonlarının kullanılabilmesi, görünen ışık altında kolaylıkla saptanabilmeleri, hızlı ve direk ölçüm sağlamaları, sert dokularla reaksiyona girmemeleri, ucuz ve nontoksik olmalarıdır (145). Boya penetrasyon yönteminin en önemli dezavantajı ise; kesit alma işleminden dolayı örneklerin zarar görmesi nedeniyle tekrar inceleme yapılamaz duruma gelmesi, gerçekte üç boyutlu olan sızıntının sadece iki boyutta izlenebilmesi ve sızıntının yoğunluğunun lokalizasyona göre farklılaşmalarının belirlenememesidir. Ancak aynı örnekten birkaç kesitin alınması ile bu sorun büyük oranda çözülebilmektedir (155).

Son zamanlardaki pek çok sızıntı çalışması termal siklus uygulamalarını da kapsamaktadır. Bu işlem, oral kavitede meydana gelen ısı değişimlerine uygun olarak, in vitro koşullarda restorasyon ve dişin belirli derecelerde yüksek ve düşük ısılarla maruz bırakılmasıdır (156).

Yapılan çalışmalarda, termal siklus için kullanılan dereceler 0-68°C arasında değişir. Hazırlanan örneklerin soğuk ve sıcak solüsyonda bekletilme süreleri 10-120 sn arasındadır. En çok tercih edilen maksimum ve minimum ısıların 5-55°C arasında

olduğu bildirilmiştir. Araştırmalarda tercih edilen siklus sayısı ise 1-1.000 arasında değişmektedir (129).

Termal siklus ile elde edilen yapay yaşlandırma etkisi şoyledir; sıcak suyun kollajenlerin hidrolizini şabuklaştırmasıyla, yetersiz polimerize olmuş olan rezin oligomerler ortamdan uzaklaştırılmaktadır (118). Bununla birlikte, restoratif materyallerin termal genleşme katsayısının mine ve dentine gşe yksek olması nedeniyle diş ile restoratif materyal ara yzünde tekrarlayan genleşme ve bzylme stresleri oluşmaktadır (157).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul'u tarafından 26.02.2018 tarihli 2018-01/30 no'lu etik kurul onayı alınarak başlanmıştır. Çalışmanın tüm deney aşamaları, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Laboratuvarı ve Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İleri Teknoloji ve Uygulama Merkezi (CÜTAM) SEM Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada self-etch modunda kullanılan 3 farklı universal adeziv sistemin (Single Bond Universal, Optibond XTR, Tokuyama Universal) dentine makaslama bağlanma dayanımları ve mikrosızıntı değerleri incelenmiştir. Çalışmada, makaslama bağlanma dayanımı testi için 45 adet molar ve mikrosızıntı testi için 45 adet premolar olmak üzere toplamda 90 adet çürüksüz insan dişi kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan adeziv sistemlerin (Şekil 3.1) üretici firmaları, kimyasal içerikleri ve polimerizasyon tipleri Tablo 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan adeziv sistemlerin üretici firmaları, kimyasal içerikleri ve polimerizasyon tipleri.

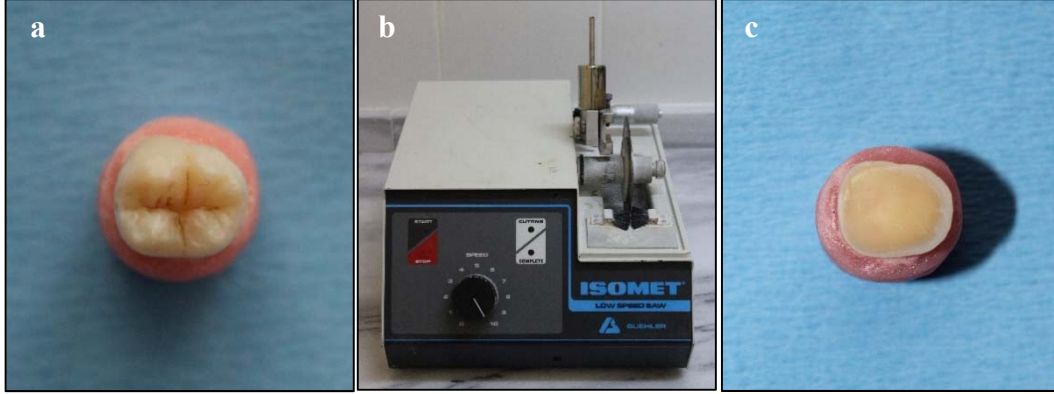
Ürün Adı	Üretici Firma	Kimyasal İçerik	Polimerizasyon tipi
Single Bond Universal	3M ESPE, St. Paul, MN, ABD	MDP monomer, dimetakrilat rezinler, HEMA, metakrilat ile modifiye edilmiş polialkenoik asit kopolimeri, doldurucular, etanol, su, başlatıcılar, silan	Light-cured
Optibond XTR	Kerr, Orange, CA, ABD	Primer: GPDM monomeri, dimetakrilat rezinler, HEMA, başlatıcı, su/etanol, aseton Bond: Dimetakrilat rezinler, HEMA, tri-fonksiyonel monomer, etanol, başlatıcı, doldurucu	Light-cured
Tokuyama Universal	Tokuyama Dental, Japan	PrimerA: Aseton, 3D-SR monomer, MTU-6, Bis-GMA, TEGDMA, HEMA PrimerB: Aseton, izopropil alkol, su, borat katalisti, peroksit, silan bağlayıcı ajan	Self-cured

3.1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Test Prosedürleri

Çalışmada adeziv sistemlerin dentine bağlanma dayanımlarını değerlendirmek için makaslama (shear) bağlanma dayanımı test yöntemi seçildi. Bu amaçla toplam 45 adet çürüksüz, restorasyonsuz ve travmatize edilmeden çekilmiş molar dişler kullanıldı. Dişler kullanılıncaya kadar distile su içerisinde bekletildi ve bu süre boyunca distile su her hafta değiştirildi.

3.1.1. Diş Yüzeylerinin Hazırlanması

Bu testi gerçekleştirmek için öncelikle molar dişler, kole bölgesinin altından, hazırlanan kalıplar içerisindeki otopolimerizan protez tamir akriliğine gömüldü (Şekil 3.2). Bu şekilde hazırlanan örnekler, kesme cihazına (Isomet, Buehler Ltd., Lake Bluff IL, USA) (Şekil 3.2) yerleştirildikten sonra orta koronal bölgeden okluzal yüzeye paralel olacak şekilde düşük hızda kesilerek dentin yüzeyleri açığa çıkartıldı. Ardından tüm diş yüzeyleri homojen bir smear tabakası elde etmek amacıyla 600 gritlik silikon karbid zımpara ile tek bir uygulayıcı tarafından zımparalandı (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. a) Soğuk akriliğe gömülen diş b) Su soğutmalı kesme cihazı c) Dentin yüzeyi zımparalandıktan sonra ortaya çıkan yüzeyel dentin.

Hazırlanan dişler adeziv sistemler uygulanmak üzere; her grupta 15 diş olacak şekilde rastgele 3 gruba ayrıldı.

Bu gruplar (n=15):

1. Single Bond Universal (3M ESPE)
2. Optibond XTR (Kerr)
3. Tokuyama Universal (Tokuyama)

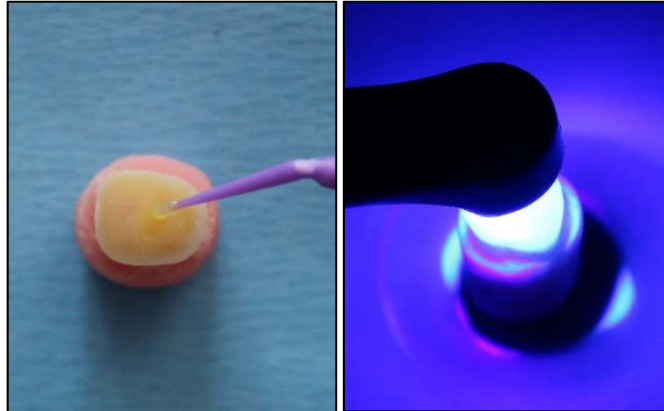
3.1.2. Adeziv Sistemlerin Uygulanması

Adeziv sistemlerin uygulama prosedürleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemlerin uygulama prosedürleri.

Dental Adeziv Sistem	Uygulama Prosedürü
Single Bond Universal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prepare diş yüzeyine adezivi 20 saniye ovalayarak uygulayın 2. Hafif bir şekilde 5 saniye hava ile kurutun 3. 10 saniye ışık uygulayın
Optibond XTR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prepare diş yüzeyine primeri 20 saniye ovalayarak uygulayın 2. Hafif bir şekilde 5 saniye hava ile kurutun 3. Adezivi fırçalama hareketiyle 15 saniye uygulayın 4. Önce hafif sonra daha güçlü bir şekilde 5 saniye hava ile kurutun 5. 10 saniye ışık uygulayın
Tokuyama Universal	<ol style="list-style-type: none"> 1. A ve B şişelerinden birer damla damlatarak karıştırın ve prepare diş yüzeyine 20 saniye ovalayarak uygulayın 2. Hafif bir şekilde 5 sn hava ile kurutun

Çalışmada kullanılan adeziv sistemler üretici firmaların talimatları doğrultusunda (Tablo 3.2) dentin yüzeylerine uygulandı. Işıkla polimerize olan adezivler LED ışık kaynağı (Valo Cordless, Ultradent, South Jordan, USA) kullanılarak polimerize edildi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Adeziv sistemlerin uygulanması.



Şekil 3.4. VALO Cordless LED ışık cihazı.

Adeziv uygulanan dentin yüzeylerine çapı 4 mm, yüksekliği 3 mm olan silindirik şeffaf bir boru kompozit materyaline matris olmak üzere okluzal yüzeyin merkezine gelecek şekilde yerleştirildi. Daha sonra kompozit rezin (Estelite Σ Quick, Tokuyama, Japonya) 2 mm'lik tabakalar halinde kondanse edildi. Her tabaka 20 sn LED ışık kaynağı ile polimerize edildi. Kompozitin rengi tüm örneklerde A2 kullanıldı ve polimerizasyon işlemleri aynı ışık kaynağı ile yapıldı (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Kompozit rezin silindir bağlanmış diş örneği ve kompozit rezin olarak kullanılan Tokuyama Estelite Σ Quick.

Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan kompozit rezin.

Kompozit	Tipi	Üretici Firma	İçeriği
Estelite Σ Quick	Supra-nanohibrit kompozit	Tokuyama, Tokyo, Japonya	Bis-GMA, TEGDMA, silika-zirkonyum partikülleri

Hazırlanan örnekler 37°C'de distile suda 24 saat bekletildikten sonra makaslama bağlanma dayanımı testine tabi tutuldu.

3.1.3. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testinin Uygulanması

Makaslama bağlanma dayanımı testi, universal test cihazı LF Plus (LLOYD Instruments, Ametek Inc. England) kullanılarak gerçekleştirildi. Testte kullanılacak hareketli kırma aparatı, ISO TR 11405 spesifikasyonunda belirtilen şekilde 1 mm kalınlığında ve kũnt olacak şekilde tornada hazırlatıldı. Kırma aparatı, örneklerdeki dentin-kompozit arayũzeyi ile 90°lik bir açı yapacak şekilde yerleştirildi ve örnekler 0,5 mm/dk kafa hızında makaslama bağlanma dayanımı testine tabi tutuldu (şekil 3.6).



şekil 3.6. Universal test cihazı ve makaslama bağlanma dayanımı testi.

Universal test cihazının ũzerindeki dijital göstergeden alınan ve yazıcı aracılığıyla kayıt edilen değerler Newton (N) cinsinden olup, daha sonra birim alana dũřen yũk miktarı, çevrim formũlũnden yararlanılarak MPa olarak elde edildi:

Makaslama bağlanma dayanımı (MPa) = Max. kuvvet (N) / Bağlanma alanı (mm²)

3.1.4. Kırılma Tiplerinin İncelenmesi

Makaslama bağlanma dayanımı testinden sonra stereomikroskop kullanılarak (Nikon SMZ 800, Nikon Corporation, Tokyo, Japan) tũm numunelerin kırık yũzeylerinin mikromorfolojisi incelendi.

Kırılma tiplerinin belirlenmesinde (158):

- Adeziv kırık (hem dentin hem de kompozit rezini içerisine alan kırık),
- Koheziv dentin kırığı (sadece dentindeki kırık),

- Koheziv resin kırığı (sadece kompozit rezini içerisine alan kırık),
- Miks kırık (kısmen adeziv ve kısmen koheziv) sınıflaması kullanıldı.



Şekil 3.7. Kırık tiplerinin incelenmesinde kullanılan stereomikroskop.

3.1.5. Kırılma Yüzeylerinin İncelenmesi (SEM İncelemesi)

Tüm örneklerin stereomikroskop ile incelenmesi sonrasında kırılma yüzeylerini ayrıntılı olarak değerlendirmek için SEM analizleri yapıldı. Örneklerin incelenmesi Sivas Cumhuriyet Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (CÜTAM) SEM Laboratuvarında bulunan SEM cihazı (TESCAN MIRA3, Brno, Czech Republic) ile yapıldı (Şekil 3.8).

SEM analizi yapılmadan önce örneklerin kırılma yüzeyleri, havasız bir ortamda kaplama cihazı (Quorum Q150R ES, UK) kullanılarak 90 A° kalınlığında altın-palladyum ile kaplandı (Şekil 3.8) ve çeşitli büyütme altında incelendi.



Şekil 3.8. Çalışmada kullanılan SEM cihazı-numune haznesi ve kaplama cihazı.

3.2. Mikrosızıntı Test Prosedürleri

Çalışmada mikrosızıntı deneyi için çürüksüz ve restorasyonsuz 45 adet insan premolar dişi kullanıldı. Üzerlerindeki debris ve yumuşak doku artıkları uzaklaştırıldıktan sonra, pomza ve profilaksi lastiği kullanılarak temizlenen dişler, minelerinde çatlak oluşumu ihtimaline karşı mikroskop altında incelendi. Kaviteler hazırlanmaya kadar dişler distile su içerisinde bekletildi ve bu süre boyunca distile su her hafta değiştirildi.

3.2.1. Örneklerin Hazırlanması

Tüm premolar dişlerin bukkal yüzeylerine su soğutması altında elmas frezle (837314111534012C, M&A Diatech, Heerbrugg, İsviçre) kutu şeklinde sınıf V kaviteler açıldı. Kaviteler, boyutları okluzo-gingival genişliği 3 mm meziodistal genişliği 4 mm ve derinliği 2 mm olacak şekilde hazırlandı (Şekil 3.9). Kavitelerin gingival kavite kenarı mine-sement sınırının 1 mm altında bitirildi. Kavite kenarlarına bizotaj uygulanmadı.



Şekil 3.9. Test için seçilen premolar diş örneği ve kavite preparasyonu.

Hazırlanan kaviteler adeziv sistemler uygulanmak üzere; her grupta 15 diş olacak şekilde rastgele 3 gruba ayrıldı.

Bu gruplar (n=15):

1. Single Bond Universal (3M ESPE)
2. Optibond XTR (Kerr)
3. Tokuyama Universal (Tokuyama)

3.2.2. Adeziv Sistemlerin Uygulanması

Çalışmada kullanılan adeziv sistemler üretici firmaların talimatları doğrultusunda (Tablo 3.2) kavite yüzeylerine uygulandı. Işıkla polimerize olan adezivler LED ışık

kaynağı (Valo Cordless, Ultradent, South Jordan, USA) kullanılarak polimerize edildi.

Adeziv uygulanmış tüm kavitelere, kompozit rezin (Estelite Σ Quick, Tokuyama, Japonya) yerleştirildi. Ardından 20 saniye süre ile LED ışık kaynağı kullanılarak polimerize edildi. Kompozitin rengi, tüm örneklerde A2 kullanıldı ve polimerizasyon işlemleri aynı ışık kaynağı ile yapıldı. Tüm restorasyonların tamamlanmasının ardından ince grenli elmas bitirme frezleri (HM245012, HM244010, Meisinger, Almanya) ve polisaj lastikleri ile (Astropol, Ivoclar Vivadent, ABD) düzeltme ve cila işlemleri yapıldı (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Kavitenin kompozit rezin ile restorasyonu ve kullanılan polisaj seti.

3.2.3. Yapay Yaşlandırma Uygulaması

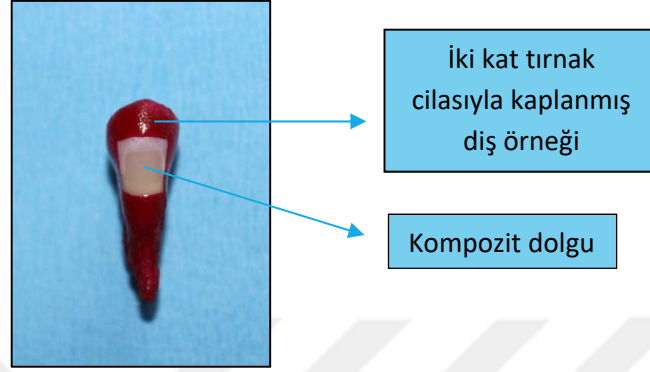
Dişler 24 saat distile suda bekletildikten sonra termal siklus cihazında 500 kez $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ ile $55\pm 2^{\circ}\text{C}$ dereceleri arasında her bir su banyosunda 30 saniye bekleyecek şekilde termal siklus uygulandı.



Şekil 3.11. Termal siklus cihazı.

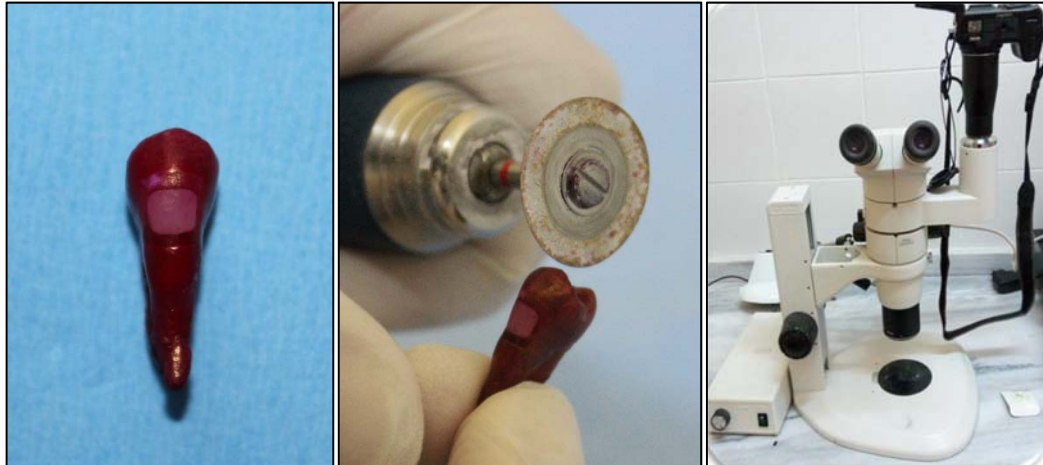
3.2.4. Mikrosızıntı Testinin Uygulanması

Termal siklattan alınan dişler restorasyon kenarından 1 mm uzakta kalacak şekilde iki kat tırnak cilası ile kaplandı. Dişlerin apeksleri ise mum ile kapatıldı. Bu işlemlerden sonra örnekler %0,5'lik bazik fuksin solüsyonu içinde 24 saat bekletildi.



Şekil 3.12. Mikrosızıntı testi için hazırlanan diş örneği.

24 saat sonunda solüsyon içerisinde çıkarılan tüm dişler akan su altında yıkandı ve elmas separe yardımıyla su soğutması altında fasiolingual/palatinal yönde uzunlamasına ikiye ayrıldı. Kesit yüzeyleri stereomikroskop altında x40 büyütmede incelendi (Şekil 3.13). Diş ile restorasyon arayüzündeki boya penetrasyonu doğrusal bir planda aşağıda tabloda belirtilen şekilde skorlandı (159) (Tablo 3.4).



Şekil 3.13. Bazik fuksin solüsyonundan çıkarılan diş örneğinin su soğutması altında fasiolingual/palatinal yönde ikiye ayrılması ve stereomikroskop altında incelenmesi.

Tablo 3.4. Boya penetrasyon derecesi için kullanılan skorlar.

-
0. Sızıntı yok
 1. Kavite derinliğinin 1/3'ünde olan sızıntı
 2. Kavite derinliğinin 2/3'ünde olan sızıntı
 3. Kavite derinliğinin 2/3'ünden fazla veya tamamında boya sızıntısı
 4. Aksiyal duvarda ve pulpaya doğru sızıntı
-

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

Araştırmada elde edilen bulguların istatistiksel analizi Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) (Ver:22.0) programına yüklenerek verilerin değerlendirilmesinde, gruplar arası farklılıklar varyans analizi 1-Way ANOVA, farkın hangi grup veya gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Tukey testi, sayımla elde edilmiş verilerin değerlendirilmesinde Ki-Kare testi ve parametrik test varsayımları yerine getirilemediğinde gruplar arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Yanılma düzeyi **0,05** olarak alınmıştır.

4. BULGULAR

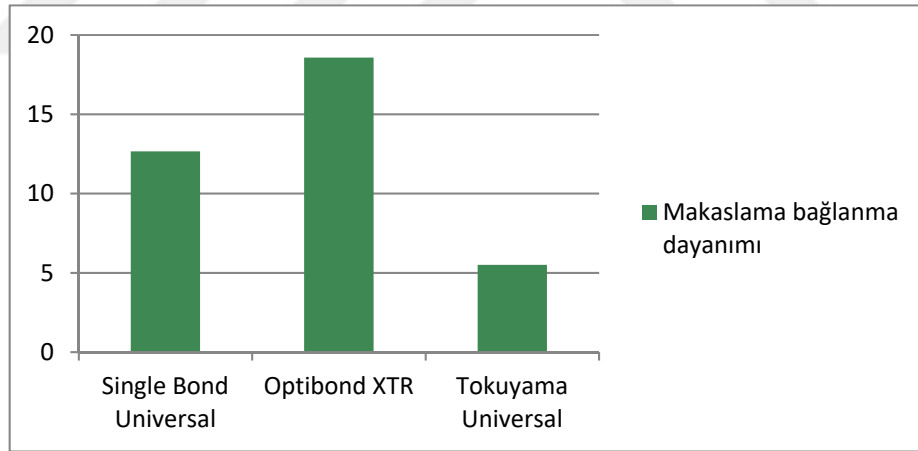
4.1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları

Çalışmada kullanılan üç farklı universal adeziv sistemin dentine makaslama bağlanma dayanımı değerleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Kullanılan adeziv sistemlerin ortalama, maximum, minimum makaslama bağlanma dayanımı ve standart sapma değerleri.

Gruplar	N	Minimum (Mpa)	Maximum (Mpa)	Ortalama ± SD (Mpa)
Single Bond Universal	15	9,23	16,97	12,66 ^a (2,5)
Optibond XTR	15	13,53	21,67	18,57 ^b (2,3)
Tokuyama Universal	15	4,01	8,33	5,5 ^c (1,3)

^{a,b,c} Üst yazı harfler gruplar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.1. Adeziv sistemlerin bağlanma dayanımı.

Varyans Analizi testi sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında; Single Bond Universal’in bağlanma dayanımı ortalamasının 12,66 MPa, Optibond XTR’nin bağlanma dayanımı ortalamasının 18,57 MPa, Tokuyama Universal’in bağlanma dayanımı ortalamasının ise 5,5 MPa olduğu görülmektedir (Tablo 4.1 ve Şekil 4.1). Sonuçlar incelendiğinde; gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=0,001$).

Tablo 4.2. Adeziv sistemlerin ortalamaları arasındaki farklar ve anlamlılık değerleri.

Adeziv Sistemler		Ortalamalar Arasında Farklar	Anlamlılık Düzeyi
Single Bond Universal	Optibond XTR	-5,90600	0,001*
	Tokuyama Universal	7,13733	0,001*
Optibond XTR	Single Bond Universal	5,90600	0,001*
	Tokuyama Universal	13,04333	0,001*
Tokuyama Universal	Single Bond Universal	-7,13733	0,001*
	Optibond XTR	-13,04333	0,001*

*: İstatistiksel olarak anlamlı gruplar $p < 0,05$.

Adeziv sistemlerin Tukey Testi kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmaları sonucunda; Optibond XTR'nin diğer gruplardan anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği ($p=0,001$); Tokuyama Universal'in diğer gruplardan anlamlı derecede düşük bağlanma dayanımı gösterdiği görülmüştür ($p=0,001$). Ayrıca Single Bond Universal'in Optibond XTR'den anlamlı derecede düşük bağlanma dayanımı gösterirken ($p=0,001$), Tokuyama Universal'den ise anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği görülmüştür ($p=0,001$).

4.2. Kırılma Tipi Bulguları

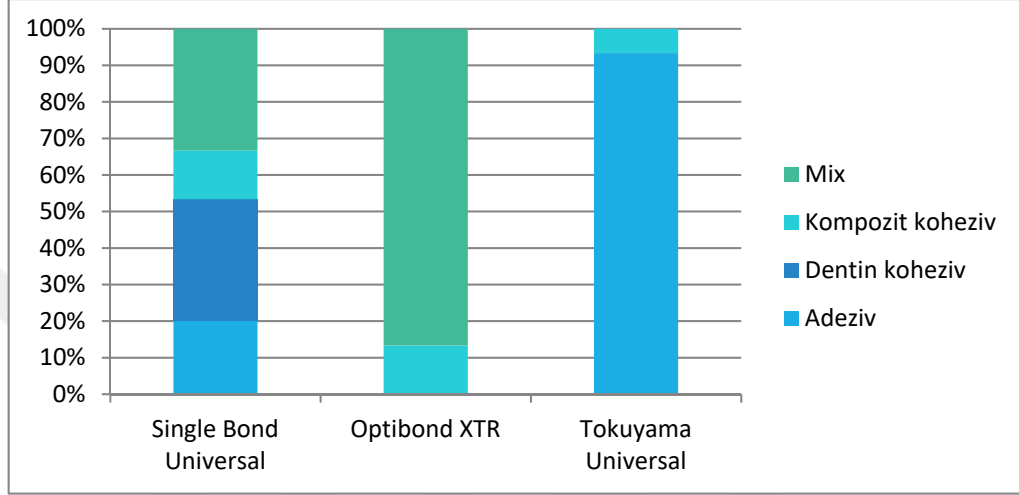
Örneklerin kırılma yüzey analizleri Tablo 4.3'de gösterilmektedir. Adeziv sistemlerin gösterdikleri kırılma tipleri değerlendirildiğinde, Single Bond Universal'de koheziv kırılmanın, Optibond XTR'de mix kırılmanın, Tokuyama Universal'de ise adeziv kırılmanın daha fazla olduğu görülmektedir. Başarısızlık tiplerinin incelenmesinde esas alınan kriterler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Gruplara ait kırılma tiplerinin dağılımı.

Gruplar	Kırılma Tipleri			
	Adeziv	Dentin koheziv	Kompozit koheziv	Mix
Single Bond Universal	3	5	2	5
Optibond XTR	-	-	2	13
Tokuyama Universal	14	-	1	-

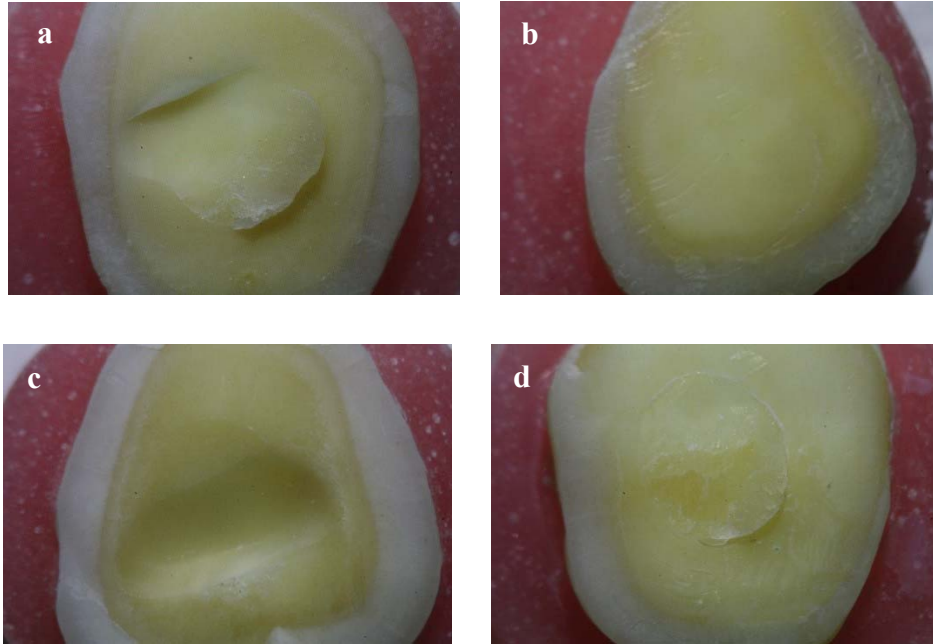
Kırık Tipleri

- Adeziv kırık (hem dentin hem de kompozit rezini içerisine alan kırık)
- Koheziv dentin kırığı (sadece dentindeki kırık)
- Koheziv rezin kırığı (sadece kompozit rezini içerisine alan kırık)
- Miks kırık (kısmen adeziv ve kısmen koheziv)



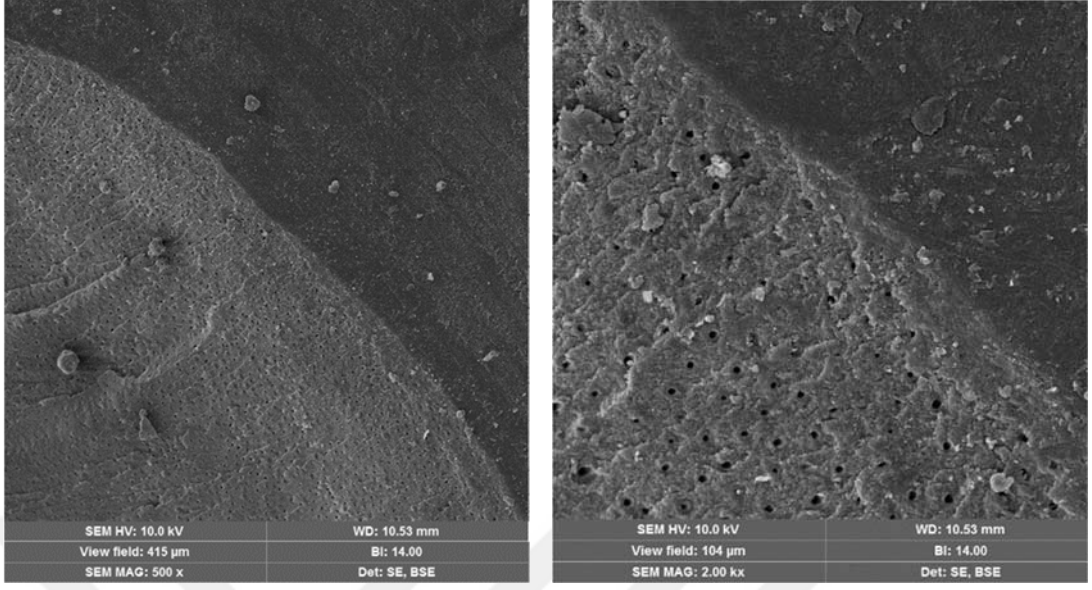
Şekil 4.2. Adeziv sistemlerde görülen kırık tipleri.

Kırılma tiplerine ait stereomikroskop görüntüleri Şekil 4.3’de verilmiştir.

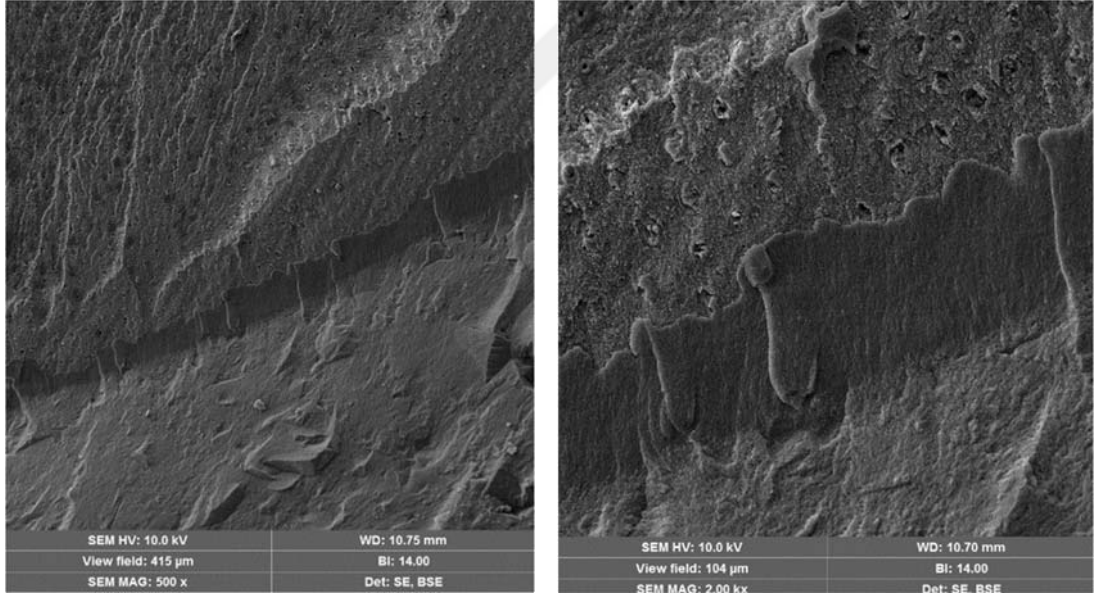


Şekil 4.3. Kırılma tiplerine ait stereomikroskop görüntüleri a) mix kırık b) adeziv kırık c) dentin koheziv kırık d) kompozit koheziv kırık.

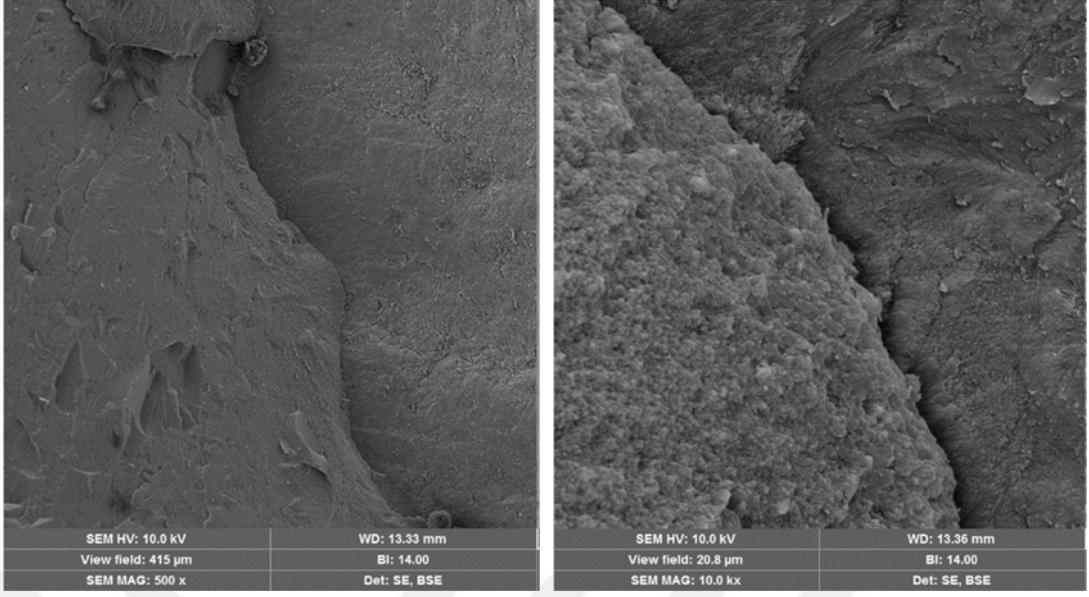
4.3. SEM Analizi Görüntüleri



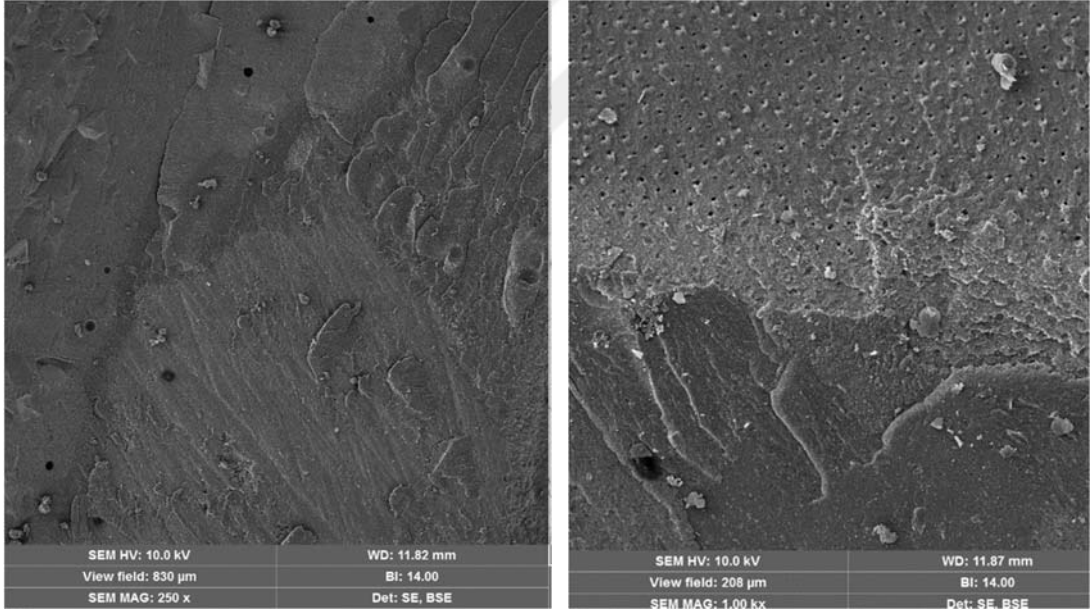
Şekil 4.4. Single Bond Universal grubuna ait koheziv kırılma (dent) SEM görüntüleri.



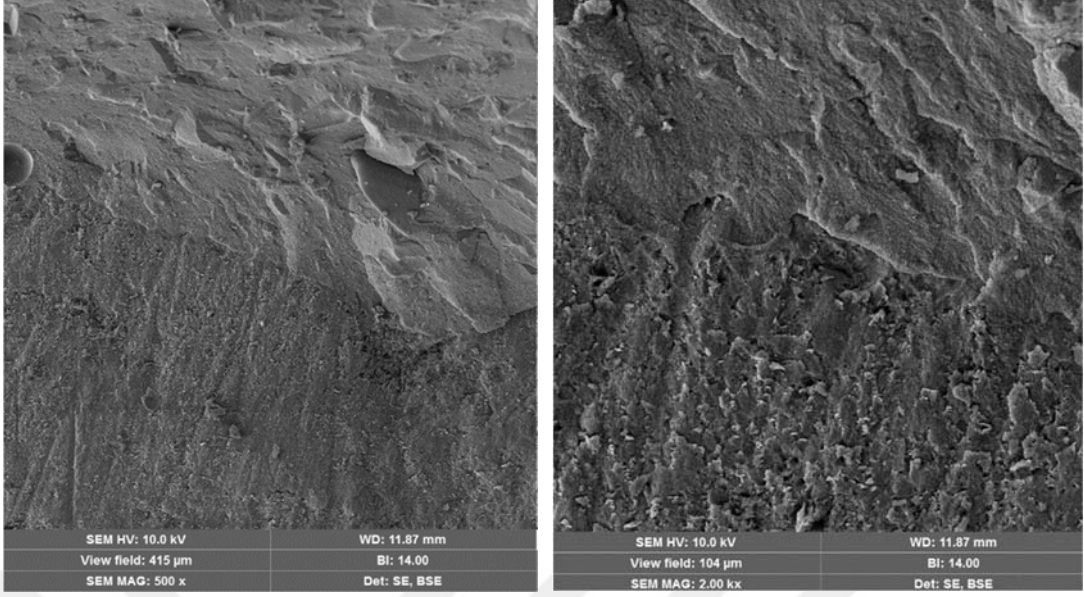
Şekil 4.5. Single Bond Universal grubuna ait karışık (mix) kırılma SEM görüntüleri.



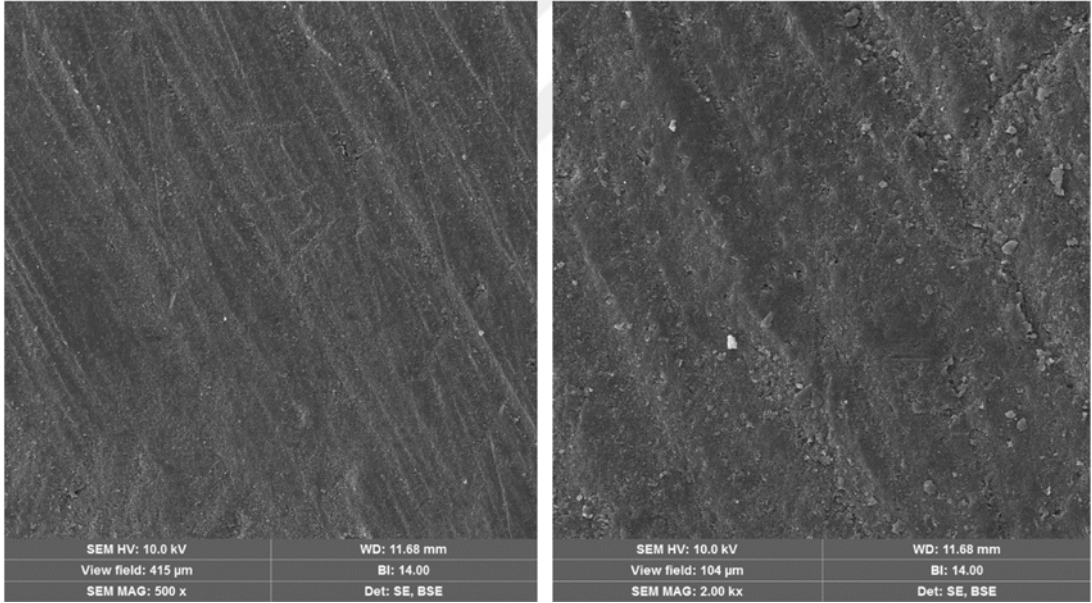
Şekil 4.6. Optibond XTR grubuna ait koheziv kırılma SEM görüntüleri.



Şekil 4.7. Optibond XTR grubuna ait karışık (mix) kırılma SEM görüntüleri.



Şekil 4.8. Tokuyama Universal grubuna ait koheziv kırılma SEM görüntüleri.



Şekil 4.9. Tokuyama Universal grubuna ait adeziv kırılma SEM görüntüleri.

4.4. Mikrosızıntı Testi Bulguları

Adeziv sistemlerin mikrosızıntı düzeylerinin Ki-Kare testi ile karşılaştırılması Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Adeziv sistemlerin mikrosızıntı skorlarının karşılaştırılması.

Gruplar	N	Mikrosızıntı Skorları					
	%	0	1	2	3	4	Toplam
Single Bond Universal	30	17	7	3	1	2	30
	%	56,7	23,3	10,0	3,3	6,7	100
Optibond XTR	30	24	4	1	0	1	30
	%	80,0	13,3	3,3	0,0	3,3	100
Tokuyama Universal	30	12	6	2	4	6	30
	%	40,0	20,0	6,7	13,3	20,0	100
Toplam	90	53	17	6	5	9	90
	%	58,9	18,9	6,7	5,6	10,0	100

Çalışmada kullanılan adeziv sistemlerin mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında farklılık anlamlı bulunmuştur ($p=0,003$). Sonuçlar incelendiğinde; adeziv sistemler arasında en fazla sızdıran adeziv sistem tek aşamalı Tokuyama Universal oldu. Onu yine tek aşamalı olan Single Bond Universal takip etti. En az sızdırmazlık düzeyi gösteren adeziv sistem ise Optibond XTR grubu olarak görüldü ($p<0,05$).

Tablo 4.5. Adeziv sistemlerin ortalamaları arasındaki farklar ve anlamlılık değerleri.

Adeziv Sistemler		Ortalamalar Arasında Farklar	Anlamlılık Düzeyi
Single Bond Universal	Optibond XTR	0,46667	0,32
	Tokuyama Universal	-,73333	0,06
Optibond XTR	Single Bond Universal	-,46667	0,32
	Tokuyama Universal	-1,2000	0,001*
Tokuyama Universal	Single Bond Universal	,73333	0,06
	Optibond XTR	1,2000	0,001*

* İstatistiksel olarak anlamlı gruplar $p < 0,05$.

Adeziv sistemlerin Tukey Testi kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmaları sonucunda; Single Bond Universal ile Optibond XTR arasındaki ($p=0,32$) ve Single Bond Universal ile Tokuyama Universal arasındaki ($p=0,06$) farklılık anlamsız bulunurken ($p > 0,05$); Optibond XTR ile Tokuyama Universal ($p=0,001$) arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Sonuçlar incelendiğinde; Tokuyama Universal'in Optibond XTR'den anlamlı derecede yüksek mikrosızıntı değerleri gösterdiği görülmüştür.

Tablo 4.6. Restorasyonların okluzal ve gingival mikrosızıntı skorları.

Gruplar		Mikrosızıntı Skorları				
		0	1	2	3	4
Single Bond Universal	okluzal	10	3	2	0	0
	gingival	7	4	1	1	2
Optibond XTR	okluzal	14	0	1	0	0
	gingival	10	4	0	0	1
Tokuyama Universal	okluzal	8	4	1	2	0
	gingival	4	2	1	2	6

Mikrosızıntı skorları

0. Sızıntı yok

1. Kavite derinliğinin 1/3'ünde olan sızıntı

2. Kavite derinliğinin 2/3'ünde olan sızıntı

3. Kavite derinliğinin 2/3'ünden fazla veya tamamında boya sızıntısı

4. Aksiyal duvarda ve pulpaya doğru sızıntı

Tablo 4.7. Okluzal ve gingival kenarlardaki mikrosızıntı düzeylerinin istatistiksel değerleri.

	Gruplar	N	Ortalama Standart sapma	Medyan (min-mak)
Okluzal	Single Bond Universal	15	,4667 ^a (0,74)	0,00(0,00-2,00)
	Optibond XTR	15	,1333 ^a (0,51)	0,00(0,00-2,00)
	Tokuyama Universal	15	,8000 ^a (1,08)	0,00(0,00-3,00)
Gingival	Single Bond Universal	15	1,1333 ^{ab} (1,45)	1,00(0,00-4,00)
	Optibond XTR	15	,5333 ^a (1,06)	0,00(0,00-4,00)
	Tokuyama Universal	15	2,2667 ^b (1,75)	3,00(0,00-4,00)

^{a,b}: Üst yazı harfler gruplar arası anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

Gruplar arasındaki okluzal mikrosızıntı sonuçları karşılaştırıldığında; gruplar arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$).

Gruplar arasındaki gingival mikrosızıntı sonuçları karşılaştırıldığında; gruplar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Gruplara ilişkin ölçümler ikişerli karşılaştırıldığında; Optibond XTR ve Tokuyama Universal arasındaki farklılık önemli bulunurken ($p = 0,006$); diğer gruplar arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Sonuçlar incelendiğinde; gingival kenarda Tokuyama Universal'in Optibond XTR'den anlamlı derecede yüksek mikrosızıntı değerleri gösterdiği görülmüştür.

Tablo 4.8. Adeziv sistemlerin okluzal bölgedeki mikrosızıntı karşılaştırılması.

Gruplar	N	Mikrosızıntı Skorları					Toplam
	%	0	1	2	3	4	
Single Bond Universal	N	10	3	2	0	0	15
	%	66,7	20,0	13,3	0,0	0,0	100
Optibond XTR	N	14	0	1	0	0	15
	%	93,3	0,0	6,7	0,0	0,0	100
Tokuyama Universal	N	8	4	1	2	0	15
	%	53,3	26,7	6,7	13,3	0,0	100
Toplam	N	32	7	4	2	0	45
	%	71,1	15,6	8,9	4,4	0,0	100

Grupların okluzal bölgedeki mikrosızıntı skorları arasındaki fark Ki-Kare testi ile karşılaştırılmıştır. Genel olarak bakıldığında; hiçbir grubun aksiyal duvarda ve pulpaya doğru sızıntıyı ifade eden “4” skorunu almadığı görülmüştür. Single Bond Universal’in skor dağılımı incelendiğinde; örneklerin en çok sızıntının gözlenmediğini ifade eden “0” skorunu aldığı, 3 örneğin “1” skoru, 2 örneğin “2” skoru aldığı tespit edilmiştir. Optibond XTR grubunun skor dağılımına bakıldığında; sadece 1 örneğin “2” skoru aldığı, diğer örneklerinse “0” skoru aldığı tespit edilmiştir. Tokuyama Universal grubunun skor dağılımı incelendiğinde ise; 8 örneğin “0” skoru, “4” örneğin “1” skoru ve 2 örneğin “3” skoru aldığı tespit edilmiştir.

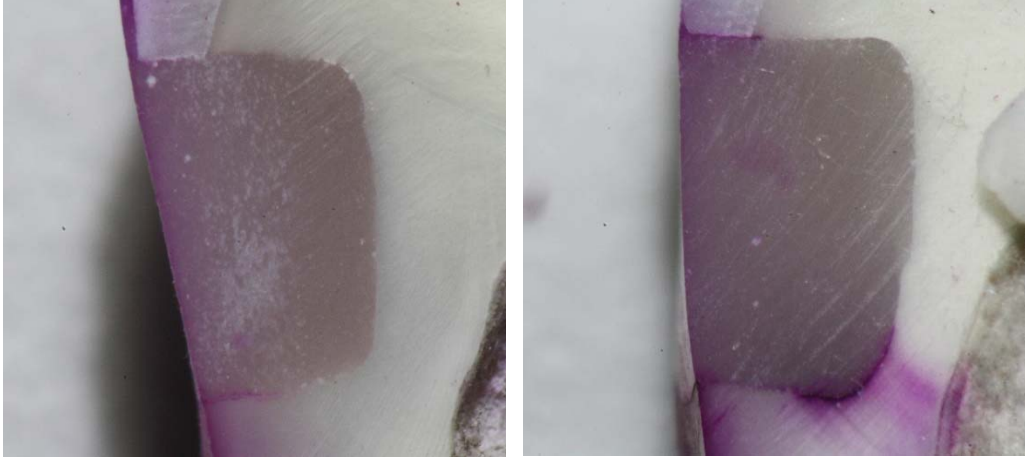
Tablo 4.9. Adeziv sistemlerin gingival bölgedeki mikrosızıntı karşılaştırılması.

Gruplar	N	Mikrosızıntı Skorları					Toplam
	%	0	1	2	3	4	
Single Bond Universal	N	7	4	1	1	2	15
	%	46,7	26,7	6,7	6,7	13,3	100
Optibond XTR	N	10	4	0	0	1	15
	%	66,7	26,7	0	0	6,7	100
Tokuyama Universal	N	4	2	1	2	6	15
	%	26,7	13,3	6,7	13,3	40,0	100
Toplam	N	21	10	2	3	9	45
	%	46,7	22,2	4,4	6,7	20,0	100

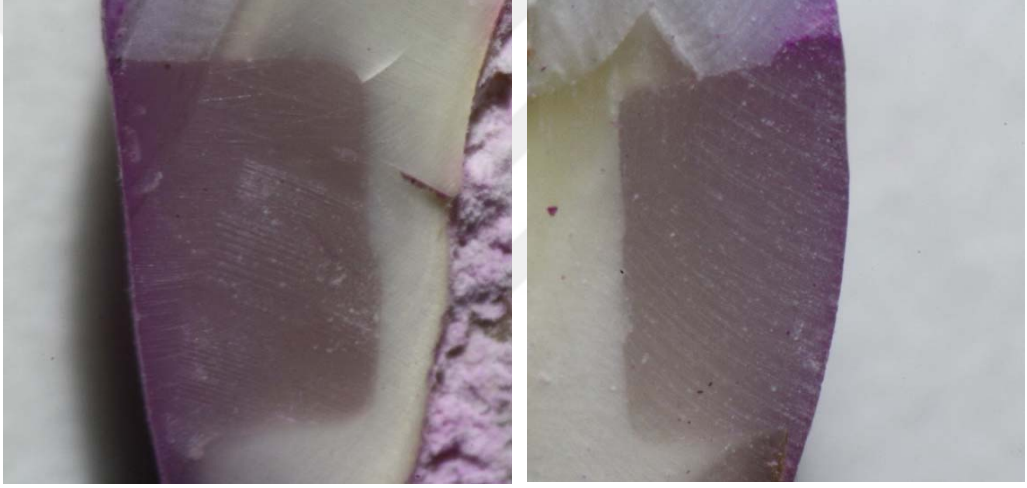
Grupların gingival bölgedeki mikrosızıntı skorları arasındaki fark Ki-Kare testi ile karşılaştırılmıştır. Single Bond Universal'in skor dağılımı incelendiğinde; örneklerin en çok sızıntının gözlenmediğini ifade eden "0" skorunu aldığı, 4 örneğin "1" skoru, 2 örneğin "4" skoru aldığı tespit edilmiştir. Optibond XTR'nin skor dağılımına bakıldığında; 10 örneğin "0" skoru aldığı, "2" ve "3" skoru alan örneğin bulunmadığı, sadece 1 örneğin aksiyal duvarda ve pulpaya doğru sızıntıyı ifade eden "4" skorunu aldığı tespit edilmiştir. Tokuyama Universal grubunun skor dağılımı incelendiğinde ise; örneklerin en çok "4" skoru aldığı, "0" skorunun 4 örnekte, "1" ve "3" skorunun 2'şer örnekte görüldüğü tespit edilmiştir.

Grupların okluzal ve gingival kavite kenarları için ayrı ayrı yapılan değerlendirmede; Single Bond Universal ve Optibond XTR gruplarına ait örnekler arasında her iki bölge için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken ($p>0,05$); Tokuyama Universal'in gingival kavite kenarlarındaki sızıntı miktarının okluzal kavite kenarlarındaki sızıntı miktarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür ($p=0,02$). Ayrıca test edilen bütün adeziv sistemlerin gingival kenarlarındaki sızdırma miktarının okluzal kenarlara göre daha fazla olduğu görülmüştür.

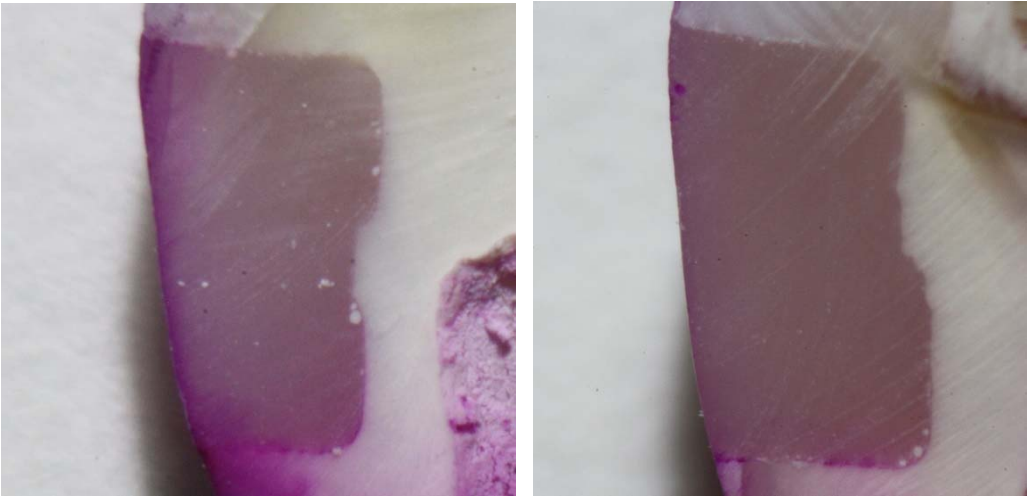
4.5. Gruplara Ait Mikrosızıntı Görüntüleri



Şekil 4.10. Single Bond Universal grubuna ait stereomikroskop görüntüleri.



Şekil 4.11. Optibond XTR grubuna ait stereomikroskop görüntüleri.



Şekil 4.12. Tokuyama Universal grubuna ait stereomikroskop görüntüleri.

5. TARTIŞMA

Diş hekimliği alanında, minimal invaziv diş hekimliği ve estetik diş hekimliğinin önem kazanması, rezin esaslı materyallerin kullanımını oldukça artırmıştır. Bu materyallerin dişlerle olan bağlantısı, adeziv sistemlerin geliştirilmesi ile daha başarılı sonuçlar göstermiştir. Etkili bir bağlanma, mikrosızıntının azalması, duyarlılık oluşumunun önlenmesi, retansiyonun artması ve çürüğe direncin yükselmesi için gereklidir (59). Bağlanma uygulamalarını daha kolay bir hale getirme ve aşamalarını azaltma çabaları yeni adeziv sistemlerin geliştirilmesine öncülük etmiştir (136). Bu amaçla geliştirilen “Universal” veya “Multimod” adeziv sistemler etch-and-rinse, self-etch ve selektif-etch modlarının tümünde kullanılarak klinik kullanım kolaylığı sağlaması, teknik hassasiyeti azaltması ve klasik adeziv jenerasyonlarının dezavantajlarını ortadan kaldırması gibi özelliklerinden dolayı son dönemlerde sıklıkla tercih edilmektedir (8). Bazı araştırmacılar, bu sistemlerin pulpa-dentin kompleksi ile biyouyumlu ve klinik uygulama süresi ile pratik uygulamaya sahip olduğunu, diş dokusu ile dental restoratif materyaller arasında güçlü bağlanma sağlayıp stabil bir adeziv yapı oluşturduğunu ileri sürmektedirler (160). Monomer içeriklerine göre farklılık gösteren universal adeziv sistemlerden bazıları self-etch özellikleri nedeniyle mine ve dentine kimyasal olarak bağlanabilmekte, bazıları sadece bu sistemlerin asiditesini sağlamaktadır. Bu monomerlerin mine ve dentin arasındaki kimyasal bağlanmanın uzun ömürlü arayüz bağlantısı olmasında önemli rol oynadığını savunan araştırmacılar vardır (53, 161). Literatür taraması yapıldığında universal adeziv sistemler ile yapılan çalışma sayısının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Bu bilgilerden yola çıkarak; bu çalışmada monomer yapıları farklı universal adeziv sistemler tercih edilmiştir.

Yeni geliştirilen adezivlerin, piyasaya sürülmeden önce, bağlanma performanslarının değerlendirilmesi önemlidir. Bu değerlendirme, laboratuvar ve klinik çalışmalar ile iki farklı şekilde yapılmaktadır. Bağlayıcı sistemlerin değerlendirilmesinde ve geliştirilmesinde klinik çalışmalar en uygun yöntem olmalarına rağmen, laboratuvar çalışmalarıyla karşılaştırıldığında; zaman alıcı, maliyetli ve pek çok açıdan zahmetlidir (162, 163). Buna ek olarak; klinik araştırmalarla, oral kavitedeki stres yoğunluğundan dolayı başarısızlığın gerçek nedeni ayırt edilemez (4, 164). Laboratuvar çalışmaları ise, adeziv sistemlerin mine

ve dentindeki bağlanma etkinlikleri hakkında kısa sürede sonuç veren ve klinik çalışmalara yol gösteren testlerden oluşmaktadır. Bu testler, tek bir değişkeni değerlendirirken, diğer değişkenleri sabit tutar, kolay, hızlı ve ucuzdur (4). Bu nedenle, laboratuvar testleri, adeziv sistemlerin performanslarını değerlendirmede oldukça önemlidir. Günümüzde birçok çalışma, bağlayıcı sistemlerin fiziksel dayanıklılığını ortaya koymada en etkili yöntemin in vitro bağlanma testleri olduğunu, klinik performansı önceden tahmin etmek ve bu performansı geliştirmek için in vitro testlerin vazgeçilmez araçlar olarak düşünüldüğünü rapor etmektedir (162, 163). Ürün kalite kontrolü sağlayan ve dentin bağlayıcı sistemlerin gelişimine katkıda bulunan in vitro testler, araştırmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (4, 165). Mason ve ark. (134) dört adet adeziv sistemin in vivo ve in vitro koşullarda hazırlanan örneklerinin bağlanma kuvvetlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, klinik ve laboratuvar sonuçları arasında anlamlı farkların bulunmadığını ve in vitro testlerle de güvenilir sonuçlar elde ettiğini bildirmişlerdir. Bu sebeplerden yola çıkarak; yapılan bu çalışma in vitro koşullarda gerçekleştirilmiştir.

Bağlanma Dayanımı

Kavite duvarı ve restorasyon ara yüzeyinde oluşan stresler genellikle kompleks olmakla birlikte esas olarak makaslama ve gerilme stresleri olarak görülmektedir. Bu nedenle makaslama ve gerilme stresleri çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. En çok tercih edilen bağlanma dayanımı ölçümü metodu makaslama testidir (166, 167). Makaslama bağlanma dayanımı testi, materyallerin farklı diş dokularına bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesinde geçerli olarak kullanılan güvenilir bir test metodudur. Özellikle klinik ortamdaki yük dağılımını daha iyi taklit etmesi ve homojen yüzeylere bağlanmanın değerlendirilmesinde anlamlı sonuçlar elde edilmesi nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir (168, 169). Cardoso ve ark. (166) makaslama bağlanma testlerinde çekme bağlanma testlerine göre daha yüksek sonuçlar elde edildiğini, makaslama streslerinin klinik durumu daha iyi yansıttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada da bağlanma kuvvetini belirlemede etkili bir yöntem olan makaslama testi kullanılmıştır.

Bağlantı dirençlerinin ölçüldüğü birçok çalışmada kuvvet uygulayan ucun yaklaşma hızı 0,5 mm/dk ile 5 mm/dk değerleri arasında değişmektedir. ISO standartlarına göre; yaklaşma hızı $0,75 \pm 0,30$ mm/dk olarak belirtilmiştir. Bu

değerlerin üzerindeki hızların kullanıldığı makaslama test metodlarının, bağlantı dayanımının değerlendirilmesinde gerçekçi sonuçları yansıtmadığı ve materyalde internal streslere yol açtığı ileri sürülmüştür (132). Takemori ve ark. (170) yaptıkları çalışmada, 0,5-5 mm/dk kafa hızları arasında, makaslama bağlanma dayanımı açısından bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki örnekler de universal test cihazında 0,5 mm/dk kafa hızında test edilmiştir.

SEM verileri, bağlanma dayanımının değerlendirilmesi ve kenar sızıntısının incelenmesi gibi çalışmalarda bulguların yorumlanmasına katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, örneklerin kopma yüzeyleri SEM'de incelenmiştir. Böylece bağlantı testi sonuçları daha ayrıntılı yorumlanabilmiştir.

Kullanılan dişlerin yapısal özellikleri, test metodu, test öncesi bekletme koşulları, materyalin kalitesi ve uygulama şekli bağlanma dayanımının sonuçlarını etkileyen önemli faktörlerdendir.

Diş çekiminden sonra dentinde değişiklikler meydana geldiği, bu nedenle de test zamanına kadar dişlerin solüsyonlar içerisinde saklanması gerektiği bildirilmiştir. Bu amaca uygun olarak kullanılabilen formalin, timol, etanol, serum fizyolojik, distile su gibi pek çok farklı solüsyon önerilmiştir. Yapılan birçok çalışmada dişlerin distile su içerisinde bekletildiği görülmüştür (171, 172). Bu çalışmada da dişlerin kullanılacağı zamana kadar distile su içerisinde bekletilmesi tercih edilmiştir.

Makaslama bağlanma testlerinde kullanılacak olan dişlerin çekimden sonra ne kadar süre ile solüsyonda bekletildikleri de önemlidir. Çalışmaların büyük çoğunluğunun ortaya çıkardığı sonuç, çekim sonrası geçen sürenin ilk 20 dakikadan sonra bağlanma kuvvetini etkilemediği şeklindedir. Araştırmaların birçoğu, çekim sonrası geçen zamanın mine veya dentine bağlanma üzerine anlamlı etkisi olmadığını ortaya koymasına rağmen 6 aylık saklama süresinin çalışmalar arasında benzerlik sağlayacağı düşünülmektedir (173). Bununla birlikte, ISO 6 aydan daha uzun süre bekletilen dişlerin dentin proteinlerinde dejeneratif değişiklikler meydana geldiğini ve bu sebeple bağlanma dayanımı ölçümlerinde 6 aydan daha uzun süre bekletilen dişlerin kullanılmaması gerektiğini bildirmişlerdir (ISO Technical Report 11405). Bu sonuç doğrultusunda ve Triolo ve Swift (174) ve Agostini ve ark.'larının (175) çalışmalarına benzer olarak, bu çalışmada kullanılan çekilmiş dişler distile suda en fazla 6 ay bekletilmiştir.

Adeziv sistemlerin bağlanma dayanımını etkileyen faktörlerden birisi dentinin histolojik yapısı ve kimyasal içeriğidir. Dentin derinliği arttıkça, dentinin kimyasal yapısının değişmesi, dentin tübüllerinin çap ve sayısının artması, dentin nemliliğinin artması ve dentin geçirgenliğinin değişmesi gibi faktörler nedeniyle bağlanma dayanımı değerleri arasında farklılıklar gözlenir (176). Yapılan çalışmalarda, derin dentinde elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin yüzeysel dentinden daha düşük olduğunu gösterilmiştir (177, 178). Bu çalışmada da, dentin derinliğinin bağlanma dayanımı üzerine olan etkisini standardize etmek amacıyla, dişlerin oklüzal yüzeylerini mine-dentin sınırından kaldırdıktan sonra, tüm dişlerin oklüzal yüzeyleri 2 mm derinliğinde, orta dentinde olacak şekilde uzaklaştırılmıştır.

Bağlanma kuvveti testleriyle ilgili çalışmalar incelendiğinde, örneklerin yüzey preparasyonlarının da büyük farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Rueggeberg (173) bu konu ile ilgili çeşitli çalışmaları incelemiş ve farklı çalışmalarda yüzey preparasyonu için silikon karbit zımpara, elmas diskler, alüminyum diskler, karbit frezler ve elmas frezler gibi yöntemler uygulandığını ve yüzeye uygulanan son bitirme işleminde 4/0-600 gride kadar değişebilen zımparaların kullanıldığını bildirmiştir. Laboratuvar testlerinde dentin yüzeyinin pürüzlülük derecesini ve oluşan smear tabakasını standart hale getirmek amacı ile çeşitli aşındırıcılar kullanılmaktadır. Bunlar arasında en sık tercih edilenlerden biri de 600 gritlik silikon karbit zımparadır (179). Bu çalışmada da diş yüzeylerinin hazırlanmasında 600 gritlik silikon karbit zımpara kullanılmıştır.

Bağlanma dayanımı çalışmaları genellikle örneklerin hazırlanmasından 24 saat sonra yapılmaktadır. Örneklerin aktivasyonundan 24 saat sonra yapılan testlerin bağlanma dayanımı verileri, hemen sonra yapılan testlere göre daha yüksek bulunmuştur (171). Yapılan pek çok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da test öncesi örnekler 24 saat distile suda bekletilmiştir.

Universal adeziv sistemler, etch-and-rinse modunda uygulanırken dentinde yapılan asitleme işlemi bölgedeki hidroksiapatiti uzaklaştırmaktadır. Ortamda kalan hidroksiapatit miktarı azaldığı için adezivin içerdiği monomer ile hidroksiapatitin yapacağı kimyasal bağlanma bu durumdan olumsuz etkilenmektedir (180). Bu nedenle universal adezivlerin dentine self-etch modunda uygulanması önerilmektedir

(180, 181). Bu bilgilere istinaden, yapılan bu çalışmada kullanılan universal adezivler dentine self-etch modunda uygulanmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında, 3 farklı universal adeziv sistemin dentine makaslama bağlanma dayanımları değerlendirilmiştir. Bu sistemlerden iki aşamalı universal adeziv sistem olan Optibond XTR, en yüksek bağlanma değerlerine sahipken; tek aşamalı self-cure universal adeziv sistem olan Tokuyama Universal en düşük bağlanma değerlerini vermiştir. Tüm adeziv sistemler aynı koşullarda test edilmiş olmalarına rağmen, adezivler arasında bağlantı kuvveti açısından farklılıklar tespit edilmesinin sebebi olarak ürünlerin içerikleri ve yapıları gösterilebilir.

Optibond XTR, primerinin asitleme kapasitesi artırılması amaçlanarak geliştirilmiş iki basamaklı bir universal adeziv sistemdir. Primeri çözücü olarak su, etanol ve aseton içermektedir. Primerin içerdiği monomer ise GPDM'dir (gliserol fosfat dimetakrilat). Adeziv sistemin primeri uygulandıktan kısa bir süre sonra aseton buharlaşmakta, ortamdaki su ve GPDM konsantrasyonu artmaktadır. GPDM ve su konsantrasyonunun artması nedeniyle başlangıçta primerin pH'sı 2,4 iken 1,6 ya düşmektedir (125, 182). Primerin asiditesinin artması dentinde demineralizasyon derinliğini artırmaktadır. Dentinde demineralizasyon derinliğinin artmasının da daha iyi bir bağlanma sağladığı bildirilmektedir (183, 184).

Optibond XTR'nin içerdiği GPDM fosfat monomeridir. Faz ayrılmasını azaltarak hidrofobik komponentlerin dentin içerisine penetrasyonunu kolaylaştırdığı belirtilmektedir (185). GPDM'in kimyasal bağlanma yaptığına dair kesin sonuçlar yoktur; ancak bağlanma dayanımının iyi olmasının nedenlerinden birisinin de kimyasal bağlanma olduğu düşünülmektedir (182).

Juloski ve ark. (186) etch-and-rinse ve self-etch uygulamasının adeziv sistemlerin (Optibond FL, Optibond XTR) mine ve dentine bağlanma dayanımına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında, self-etch modunda kullanılan Optibond XTR nin, üç aşamalı Optibond FL ile benzer sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Campillo-Funollet ve ark.'larının (187) yaptıkları çalışmanın sonuçlarına benzer olarak; Walter R ve ark. (188) yaptıkları çalışmada, etch-and-rinse ve self-etch adezivlerin (Optibond XTR, Optibond FL, Clearfil SE bond, Xeno IV) mine ve dentine bağlanmalarını karşılaştırmışlar; self-etch modunda kullanılan Optibond XTR'nin dentinde yüksek bağlanma değerleri gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Marchesi ve ark. (189) yaptıkları çalışmada, farklı self-etch adezivlerin (Optibond XTR, Clearfil SE Bond, Adper Easy Bond, Bond Force) 24 sa, 6 ay ve 1 yıllık yapay tükürükte bekletme sonunda dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlar ve 1 yılın sonunda Optibond XTR nin en yüksek bağlanma değerleri verdiği sonucunu elde etmişlerdir.

Sezinando ve ark. (182) yaptıkları çalışmada, 4 farklı adeziv sistemin (Optibond FL, Optibond SOLO Plus, Optibond XTR, Optibond All-in-one) 3 farklı yaşlandırma prosedürü uygulamasıyla (24 sa distile suda bekletme, 6 ay distile suda bekletme, 20000 devir termal siklus uygulaması) dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlar; her üç yaşlandırma prosedüründe de self-etch modunda kullanılan Optibond XTR nin diğer adezivlere göre yüksek değerler verdiğini belirtmişlerdir.

Meharry ve ark. (190) yaptıkları çalışmada, 4., 6. ve 7. Jenerasyon olan 9 adeziv sistemin (Optibond FL, Optibond XTR, Clearfil SE Bond, SE Protect, Prelude, Xeno IV, İbond SE, Prompt-L-Pop, Futura Bond DC) mine ve dentindeki makaslama bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlar ve Optibond XTR nin 4. Jenerasyon adeziv sistemler ile kıyaslanabilir düzeyde başarılı sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Bağlanma dayanımının, materyalin pH değerine, içeriğindeki çözücüye ve doldurucu içerip içermemesine bağlı olduğu ileri sürülmüştür (191). Self-etch adeziv sistemlerin mineyi ve dentini asitleme yetenekleri içerdikleri asidik monomerlerin özellikleri ve pH değerlerine bağlı olarak değişmektedir (57, 94). Kendinden pürüzlendirmeli bağlayıcı sistemler asiditelerine göre, güçlü ($\text{pH}<1$), orta derecede güçlü ($\text{pH}\sim 1,5$), hafif ($\text{pH}\sim 2$) ve ultra hafif ($\text{pH}\geq 2,5$) şeklinde sınıflandırılmaktadır (88). Çalışmada kullanılan universal bağlayıcı ajanlardan sadece bir tanesi orta derecede güçlü asiditede (Optibond XTR ($\text{pH}=1,6$) iken, diğer adezivler hafif (Tokuyama Universal ($\text{pH}=2,2$) ve ultra hafif asiditeye (Single Bond Universal ($\text{pH}=2,7$) sahiptir. Optibond XTR orta kuvvette self-etching primere sahiptir ($\text{pH}=1,6$) ve birçok çalışmada normal dentinde yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir. Çalışmada kullanılan Optibond XTR'nin bağlanma dayanımının yüksek olması, kuvvetli asiditesinden kaynaklanan kuvvetli demineralizasyon ve oluşan mikromekanik kilitlenmeye bağlanabilir. Yapılan çalışmalarda mikromekanik kilitlemenin, iyi bir bağlanma elde etmek için bir ön koşul olduğu gösterilmiştir

(102). Ayrıca Optibond XTR'nin içerisinde bulunan GPDM'nin iki polimerize edilebilir gruba sahip olmasından dolayı daha güçlü bir polimerizasyon ağı oluşturması ve adezivler ve restoratif materyaldeki diğer monomerlerle daha kuvvetli bir şekilde reaksiyona girme eğilimi olması bağlanma dayanımının yüksek olmasını açıklayabilir.

Single Bond Universal, içeriğinde MDP (metakriloloksietil dihidrojen fosfat) monomeri bulunan tek aşamalı universal bir adezivdir. İçeriğindeki MDP, mine ve dentini asitleme yeteneği olan ve hidroksiapatitteki kalsiyum ile kimyasal olarak bağlanabilen bir monomerdur. MDP'nin hidroksiapatit ile yaptığı bu iyonik bağ hidrolitik degradasyona karşı oldukça dayanıklıdır. Bu nedenle MDP ile hidroksiapatit arasındaki kimyasal bağlanma adeziv tabakanın stabilitesinin devamlılığında önemli rol oynamaktadır (65, 100, 192). MDP'nin etkili bir kimyasal bağlanmanın yanı sıra, hibrit tabakasının altında asit ataklarına karşı dirençli bir bölgenin oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir (193). Hibrit tabakasının altında, fonksiyonel monomer ile hidroksiapatit arasındaki kimyasal bağlanma sonucunda oluşan bu bölge, asit ve baza dirençli bölge olarak isimlendirilmektedir. Bununla birlikte, bu tabakanın çürüğün önlenmesinde de önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (193). Single Bond Universal'in içerisinde MDP dışında, polialkenoik asit kopolimeri diğer bir ismiyle Vitrebond kopolimeri de bulunmaktadır. Bu kopolimer daha önceleri çeşitli ürünlerde kullanılmış ve hidroksiapatit içerisindeki kalsiyum ile kimyasal olarak bağlandığı belirtilmiştir (194). Self-etch adezivlerde polialkenoik asit kopolimeri gibi polikarboksilik monomerler ile hidroksiapatit arasındaki kimyasal bağlanma çok önemlidir. Polialkenoik asit kopolimerinin içindeki karboksil gruplarının %50'den fazlası hidroksiapatit ile bağlanabilir. Karboksil grupları, fosfat iyonları ile yer değiştirerek kalsiyum ile iyonik bağlar yaparlar (195). Oluşan bu iki kimyasal bağlanma aracılığıyla self-etch adeziv sistemlerin adezyonda oldukça başarılı olduğu bildirilmiştir (196).

Yaşa ve ark. (197) yaptıkları çalışmada, 5 farklı adeziv sistemin (All Bond Universal, Gluma Bond Universal, Single Bond Universal, Clearfil SE Bond, Optibond FL) self-etch ve etch-and-rinse uygulanmalarının dentindeki makaslama bağlanma dayanımlarına etkisi araştırdıkları çalışmalarında, Single Bond

Universal'in her iki teknikte de diğer gruplardan yüksek değerler verdiğini bildirmişlerdir.

Chen ve ark. (160) 5 farklı adeziv sistemi (Prime&Bond Elect, Single Bond Universal, All-Bond Universal, Clearfil Universal Bond, Futurabond U) etch-and-rinse ve self-etch modunda dentin yüzeyine uygulayarak mikrogerilim bağlanma dayanımı testi ve TEM ile yüzey analizi yaptıkları çalışmalarında, self-etch modunda uygulanan adezivler içerisinde Single Bond Universal'in en yüksek bağlanma dayanımı sonucunu verdiğini göstermişlerdir.

Mena-Serrano ve ark. (196) yaptıkları klinik çalışmada, Single Bond Universal'i kullanarak self-etch, selektif-etch ve etch-and-rinse modunda çürüksüz servikal lezyonları tedavi ettikten sonra klinik koşullarda 6 ay boyunca değerlendirmişler ve 6 ayın sonunda üç mod arasında klinik olarak farklılık bulamadıklarını bildirmişlerdir.

Türk ve ark. (198) yaptıkları çalışmada, self-etch modunda kullanılan üç farklı universal adeziv sistemin (Single Bond Universal, G-aenial Bond, Clearfil Universal Bond) dentine makaslama bağlanma dayanımlarını incelemişler; gruplar içerisinde en yüksek değerini Single Bond Universal grubunda elde ettiğini bildirmişlerdir.

Her ne kadar çalışmalarda Single Bond Universal'in bağlanma dayanımı yüksek bulunsa da, literatürde çelişkili sonuçlar da mevcuttur. Mevcut sonuçların birbirinden farklı olması, kullanılan dişlerin ve uygulanan yöntemlerin farklı olmasından kaynaklanabilmektedir (197).

Marchesi ve ark. (181) in vitro ortamda Single Bond Universal ve Prime&Bond NT'yi dentin yüzeyine self-etch, etch-and-rinse modunda nemli dentine, etch-and-rinse modunda kuru dentine uygulamışlar ve 24 saat, 6 ay ve 1 yıl bekleme süresinin sonunda mikrogerilim bağlanma dayanımı, nanosızıntı ve MMP aktivitesi testleri uygulamışlardır. 1 yıl sonunda self-etch modunda uygulanan adezivlerden Prime&Bond NT'nin, Single Bond Universal'e göre daha yüksek mikrogerilim bağlanma dayanımı gösterdiğini belirtmişlerdir.

Yoshida ve ark.'nın (161) MDP monomeri içeren iki aşamalı ve tek aşamalı iki adeziv sistemi (Clearfil SE Bond, Single Bond Universal) karşılaştırdıkları çalışmalarında, Single Bond Universal'in içeriğindeki kopolimerin hidroksiapatitteki

kalsiyum ile bağlanmak için MDP monomeri ile yarıştığını ve MDP'nin bağlanabilirliğini azalttığını, bu yüzden bağlanma değerlerinin düşük olduğunu belirtmişlerdir .

Barutçugil ve ark.'nın (199) Single Bond Universal (etch-and-rinse ve self-etch mod), All-Bond Universal (etch-and-rinse ve self-etch mod), Adper Single Bond 2, Clearfil SE Bond, Futurabond M kullanarak dentine makaslama bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, Single Bond Universal'in düşük bağlanma değerleri verdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde; Munoz ve ark. (8) 8 universal adeziv sistemin dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında Single Bond Universal'in diğer gruplardan daha düşük konversiyon derecesine sahip olduğunu göstermişler ve bunun sebebi olarak Vitrebond'un yüksek moleküler ağırlığından dolayı polimerizasyon sırasında monomer yaklaşmasını engellemesini göstermişler, ayrıca Vitrebond'un MDP monomerinin bağlanmasını azaltarak bağlanma dayanımının düşük olmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir.

Franz ve ark. (200) yaptıkları çalışmada, 7 farklı adeziv sistemin (Optibond All-in-one, Optibond XTR, Optibond FL, Xeno V, Xeno V+, Xeno Select, Single Bond Universal) test öncesi başarısızlıklarını ve makaslama bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, tek aşamalı sistem olan Single Bond Universal'in iki aşamalı sistem olan Optibond XTR'den düşük bağlanma dayanım değerleri verdiğini belirtmişlerdir.

Takamizawa ve ark.'nın (201) yaptıkları, 4 farklı adeziv sistemin (Single Bond Universal, Prime&Bond, G-aenial Bond, Optibond XTR, Clearfil SE Bond) mine ve dentinde farklı smear tabakaları elde ederek, makaslama bağlanma ve yorgunluk dayanımına baktıkları çalışmalarında, smear tabakası ayırt edilmeksizin bütün gritlerde (#180, #600, #4000) iki aşamalı adeziv sistemlerin daha başarılı olduğunu, bütün gruplarda ise Single Bond Universal'in Optibond XTR'den daha düşük bağlanma dayanımına sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Tsujimoto ve ark.'nın (202) yaptıkları, self-etch modunda kullanılan 6 farklı adeziv sistemin (Clearfil Universal, G-Premio Bond, Single Bond Universal, Clearfil SE Bond, Clearfil SE Bond 2, OptiBond XTR) dentindeki makaslama bağlanma ve yorgunluk dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, her iki testte de Single

Bond Universal'nin Optibond XTR'den daha zayıf performans gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Takamizawa ve ark.'nın (203) yaptıkları, 3 farklı adeziv sistemin etch-and-rinse ve self-etch uygulamayla 24 sa, 6 ay ve 1 yıl suda beklettikleri ve adezivlerin makaslama bağlanma ve yorgunluk dayanımlarının test edildiği çalışmada etch-and-rinse ve self-etch gruplarının her ikisinde de Single Bond Universal'in Optibond XTR'den düşük değerler verdiği sonucuna varmışlardır.

Michaud ve ark. (204) yaptıkları çalışmada, 3 farklı adeziv sistemin (Single Bond Universal, OptiBond XTR, All-Bond Universal) etch-and-rinse ve self-etch modlarında dentindeki bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlar ve self-etch modunda uygulanan adeziv grupları içerisinde Single Bond Universal'in Optibond XTR'den düşük bağlanma dayanım değerleri verdiği sonucuna varmışlardır.

Wang ve ark. (205) farklı monomer yapılarına sahip 4 adeziv sistemin (Optibond XTR, Clearfil SE Bond, Single Bond Universal, Adper Easy One) dentindeki bağlanma dayanımlarını ve yüzeyler arası tabakanın kimyasal ve morfolojik karakterini inceledikleri çalışmalarında, Single Bond Universal'in Optibond XTR'den daha düşük bağlanma dayanım değerine sahip olduğunu bildirmişler; Optibond XTR'in yüksek bağlanma dayanım değerine sahip olmasını ise dentini daha ciddi demineralize edip daha uzun rezin taglar oluşturmasının bir sonucu olarak oluştuğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bu çalışma da bu bulguları destekler nitelikte olup, Single Bond Universal Optibond XTR ile karşılaştırıldığında, düşük bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Single Bond Universal'in Optibond XTR'den düşük bağlanma dayanımı değerlerine sahip olmasının sebebi olarak; ultra hafif asiditeye sahip olmasının yanında içerdiği polialkenoik asit kopolimeri gösterilebilir. Yapılan çalışmalarda Vitrebond adı verilen bu polialkenoik asit kopolimerinin, hidroksiapatit ile bağlanmak için MDP monomeri ile yarıştığı ve yüksek moleküler ağırlığa sahip olmasından dolayı monomer yaklaşmasını engellediği bildirilmiştir.

Kimyasal analizler, MDP'nin MDP-Ca tuzlarının oluşumu ile hidroksiapatite stabil olarak iyonik bağlarla bağlandığını ortaya çıkarırken, GPDM'nin hidroksiapatitle olan bağının stabil olmadığını ve önemli ölçüde yüzey

deminerlizasyonu ve hidroksiapatit çözünmemesinin meydana geldiğini göstermiştir (206, 207).

Yoshihara ve ark. (206) yaptıkları çalışmada, GPDM ve MDP içeren iki farklı çözeltinin dentin yüzeyiyle moleküler etkileşimini TEM kullanarak incelemişler; monomerlerin hidroksiapatitle olan etkileşim farkının, dentin arayüzünde açıkça görüldüğünü bildirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, başlangıçta tüm asiditelerde, monomerin hidroksiapatitteki kalsiyuma kimyasal olarak bağlandığı görülmektedir (Faz 1). İlk bağlanma fazına, hidroksiapatitten, elektron nötrlüğüne ulaşmak için kendi çözeltisine fosfat ve hidroksil iyonlarının salınması eşlik etmektedir. Monomerin bağlı kalmaya devam edip etmediği (Faz 2, adeziv yolu) veya dekalsifikasyon ile ayrılıp ayrılmayacağı (Faz 2, dekalsifikasyon yolu), monomer-Ca tuzunun kararlılığına bağlıdır. GPDM-Ca tuzları MDP-Ca tuzundan daha az kararlıdır. GPDM, temel olarak dekalsifikasyon yolunu izlemektedirken, MDP-Ca tuzları adezyon yolunu izlemektedir (206). Bu sayede Single Bond Universal'de kollagen ekspozunun net olmadığı, submikron düzeyde hidroksiapatit açısından zengin hibrit bir tabaka oluştuğu; Optibond XTR'de ise, görünür kollajen ekspozu olan, daha kalın ve hidroksiapatit açısından fakir bir hibrit tabaka meydana geldiği görülmektedir (208). Bu fark, moleküllerin hidroksiapatit temelli doku ile etkileşim şeklini belirleyen, adezyon-dekalsifikasyon kavramında tarif edilen, özgül fonksiyonel monomere bağlı olarak oluşan ara yüzey etkileşimine bağlanmakta ve adezivin bağlantısını etkileyen faktörlerden biri olarak görülmektedir.

Yapılan çalışmalara istinaden şuanki fikir birliği, dentine bağlanmada aşınmadan ziyade kimyasal etkileşimlerle daha fazla fayda sağladığı yönündedir (4, 65, 209).

Çalışmada MDP içeriğine sahip Single Bond Universal ile GPDM içeriğine sahip Optibond XTR'nin bağlanma dayanımı değerlerindeki farklılık monomerlerin kimyasal kompozisyonu ile açıklanabilir. GPDM monomerine sahip Optibond XTR'nin dekalsifikasyon yolunu izlemesine rağmen, yüksek bağlanma değerleri göstermesi, iki metakrilat grubuna sahip olması ve MDP monomerine göre daha güçlü bir polimer ağı oluşturmasına bağlanabilir.

Çalışmada kullanılan tüm universal adeziv sistemler içerisinde en düşük bağlanma dayanımı değerlerini Tokuyama Universal adeziv sistem göstermiştir.

Tokuyama Universal, kimyasal olarak polimerize olan iki komponentli, tek aşamalı bir universal adeziv sistemdir. Literatürde Tokuyama Universal'in dentine bağlanma dayanımıyla ilgili yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Yeni geliştirilen bu universal adeziv sistemin bağlanma dayanımıyla ilgili; Katsumata ve ark.'larının (210) yaptıkları, 2 farklı universal adeziv sistemin (Tokuyama Universal, Single Bond Universal), farklı restoratif materyaller kullanılarak dentine mikrogerilim bağlanma dayanımlarının değerlendirildiği çalışmada, mikrogerilim bağlanma dayanımları yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmamakla beraber, Single Bond Universal'in Tokuyama Universal'den yüksek değerler gösterdiği sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçlarına paralel olarak, bu çalışmada da Single Bond Universal, Tokuyama Universal'den yüksek bağlanma değerleri göstermiştir. Tokuyama Universal'in hafif asiditeye sahip olmasına rağmen ultra hafif asiditeye sahip olan Single Bond Universal'e göre düşük bağlanma dayanımı göstermesi, polimerizasyon tipleri ve monomer farklılıklarına bağlı olarak hidroksiapatitle olan etkileşimlerine bağlanabilir. İki adeziv sistem arasında istatistiksel olarak fark bulunmaması ise; bu çalışmadan farklı olarak, farklı bir bağlanma dayanım testi ve restoratif materyal kullanılmasının bir sonucu olabilir. Literatürde Tokuyama Universal'in self-etch moduyla uygulanması sonucunda formülasyonunu inceleyen ve elde edilen verilerin karşılaştırıldığı tam metin olarak yayınlanan başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Dentinin doğru şekilde demineralize olması, rezinin uniform şekilde dokuyu ıslatması ve polimerize olmuş adeziv rezinin yeterli mekanik direnç göstermesi; yüksek kalitede rezin/dentin arayüzü oluşturmak ve iyi bir dentin bağlantısı yaratmak için gerekli özelliklerdendir. İki aşamalı self-etch sistemlerde primer ve bağlayıcı ajan ayrı ayrı basamaklar halinde uygulanmaktadır. Basitleştirilmiş tek aşamalı self-etch adeziv sistemler, hem hidrofilik hem de hidrofobik işlemleri aynı anda gerçekleştirmek, zamandan kazanmak, işlemleri kolaylaştırmak ve uygulayıcı hatalarını ortadan kaldırmak için geliştirilmiştir. Bu adeziv sistemler kompozit ve dentin yüzeyi arasında devamlı bir tabaka oluşturmakta ve demineralizasyonu takiben rezin monomer infiltrasyonu ardı ardına olmaktadır.

Tek aşamalı adeziv sistemlerde suyun bulunması, asidik monomerlerin smear tabakasını yeterince çözebilmesi ve dentini demineralize edebilmesi için

vazgeçilmezdir. Buna karşın, bu sistemlerin bağlayıcı kısmında hidrofobik monomerler bulunması gerektiğinden ve monomer ile solventin kimyasal birleşimi çok zor olduğundan homojen bir solüsyon halinde bulunamazlar ve genellikle birbirinden ayrılma eğilimindedirler (4, 211). Bu sebeple bu grup adezivlerin çoğunda, solüsyonu homojen halde tutmak için aseton gibi uçucu çözücüler bulunmakta, buna karşın piyasadaki birçok tek şişe sistemde faz separasyonu görülmektedir. Bu seperasyon neticesinde hibrit tabakasının içinde su damlacıkları ve kabarcıklar oluşmaktadır. Bu da düşük bağlanma direncine, mikrosızıntıya ve renklenmeye sebep olmaktadır (212). Yapılan klinik çalışmalarda bu adezivlerin geleneksel çok aşamalı sistemlerin başarısını yakalayamadığı görülmektedir.

De Munck ve ark. (14) 1994-2004 yılları arasını kapsayan derleme çalışmalarının sonucunda, tek aşamalı sistemlerde erken dönemde yüksek bağlantı değerleri elde edilse de zamanla bağlanma etkinliklerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Peumans ve ark. (113) 1998-2004 yılları arasında yapılan klinik çalışmaları incelemişler, üç aşamalı etch-and-rinse ve iki aşamalı self-etchlerin klinik başarılarının yüksek ve birbirine yakın olduğunu, en kötü sonuçların ise tek aşamalı self-etch adezivlerde olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada test edilen Single Bond Universal ve Tokuyama Universal'in bağlanma dayanımı değerleri Optibond XTR'den daha düşük bulunmuştur. Single Bond Universal'de içeriklerin tek şişede kombine edilmiş olması, Tokuyama Universal'in iki komponentinin karıştırılıp kullanılması, bağlanma dayanımı değerlerinin düşük olmasını açıklayabilir.

Çalışmadaki grupların kırık tipleri incelendiğinde; bağlanma dayanımı ile kırık tipleri arasında belirli bir ilişki bulunmuştur. Bağlanma dayanımının yüksek olduğu gruplarda dentinde görülen koheziv kırık tipi daha fazlayken, bağlanma dayanımının düşük olduğu gruplarda ise adeziv kırık tipinin daha fazla olduğu görülmüştür. Mevcut veriler daha önceki çalışmalarla uyumluluk içindedir (213, 214).

Mikrosızıntı

Mikrosızıntı, kavite duvarı ve restoratif materyal arasından bakteri, likit, molekül ve iyonların geçişi olarak tanımlanır (215-217). Polimerizasyon büzülmesi, dentine bağlanma dayanımı, diş ve restoratif materyalin termal ekspansiyon katsayıları

arasındaki farklılıklar, fonksiyonel okluzal kuvvetler restorasyon ile diş dokusu birleşim yüzeyinde aralık oluşturarak mikrosızıntıya yol açabilirler (129).

Mikrosızıntının değerlendirilmesinde önerilen prosedür; mineyi ve dentini içerisine alan Sınıf V kavitelelerin kullanılmasıdır. Kaviteleler mine-dentin birleşiminde, mine ve dentin/semiinti içine alan kavitelelerdir ve genellikle vestibül yüzeyde hazırlanır (218). Santini ve ark. (219) yaptıkları çalışmada, yapılan restorasyonun vestibul ya da lingual yüzeyde hazırlanmasının mikrosızıntı skorlarını etkilemediğini bildirmişlerdir. Mikrosızıntı çalışmalarında kaviteleler genellikle insan dişlerinde ve boyutları değişebilmekle birlikte 1,5-2 mm derinliğinde ve 3 mm okluzo-gingival yükseklikte hazırlanır (220). Bu çalışmada da bütün Sınıf V kaviteleler insan dişlerinde, dişlerin vestibul yüzeylerinde, mine ve dentini içine alacak şekilde ve mineye bizotaj uygulanmadan, 2 mm derinlikte, 3 mm yükseklikte (gingivo-okluzal boyut) ve 4 mm genişlikte (mezio-distal boyut) hazırlanmıştır. Servikal bölgede tübüllerin kavite preparasyonuna paralel uzanması nedeni ile geleneksel rezin tag oluşumu zordur (221). Bu nedenle çalışmada, restorasyonun servikal marjininin, bağlanma için kritik bir bölge olan mine-sement bileşiminin 1 mm altında bitirilmesi tercih edilmiştir.

Kompozit rezinlerde oluşan mikrosızıntının polimerizasyon sırasında meydana gelen büzülmeden ve yetersiz polimerizasyondan etkilendiği bilinmektedir (222, 223). Farklı renkteki kompozit rezinlerin polimerizasyon derinliklerinin incelendiği bir çalışmada, kompozit renk ve opasitesinin polimerizasyon derinliğini etkilediği ve renk tonunun koyulaşmasıyla polimerizasyon derinliğinde azalma görüldüğü bildirilmiştir (224). Bu nedenle yapılan bu çalışmada bütün kaviteleler Estelite Σ Quick marka ve A2 renkteki kompozit ile restore edilmiştir.

Restorasyonlar, ağız içerisinde devamlı olarak sıcaklık ve pH gibi değişimlere maruz kalırlar. Termal stresler, diş dokusu ve restoratif materyalin termal ekspansiyon katsayıları arasındaki farklılıklara bağlı olarak ara yüzde boşluk oluşumuna ve sonrasında mikrosızıntıya neden olabilir. Termosiklus uygulamasıyla, diş-restorasyon arayüzünde sıcaklık değişimi sonucu oluşabilecek termal stresler ile (genleşme-büzülme periyotlarıyla) marjinal boşluklar oluşturulur. Böylelikle kullanılan dental materyallerin bu bozulmaya ne kadar direnç gösterebileceği veya ne kadar mikrosızıntı oluşabileceği ölçülebilmektedir (124). Literatürde termosiklus

uygulanmasında transfer ve bekletme süreleri, devir sayıları konusunda bir fikir birliği olmamakla birlikte; kısa bekletme süresi uygulamasının ağız içi ortamı taklit etmede daha başarılı olduğu düşünülmektedir (225).

Türkün ve Ergücü (129) 1997 ve 2002 yılları arasında yayınlanmış 84 tane in vitro sızıntı çalışmasını değerlendirdikleri araştırmalarında, termal siklus için kullanılan maksimum ve minimum ısıların %98,7 oranında 5-55°C ve en sık tercih edilen siklus sayısının 250 ile 500 arasında olduğunu, %21,3 oranında ise 1000-1500 siklus sayısı tercih edildiğini bildirmişlerdir.

Wahab ve ark. (221) yaptıkları bir çalışmada, termal siklus sonrası mine ve dentin kenarlarında mikrosızıntının önemli derecede arttığını göstermişlerdir. Bedran-de-Castro ve ark. (226) ise termal ve mekanik siklusun mikrosızıntı ve makaslama bağlanma dayanımı üzerine etkilerini değerlendirmek amacı ile yaptıkları çalışmalarında, termal siklus, mekanik siklus ve bunların kombinasyonlarının makaslama bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Bu farklı sonuçların uygulanan test materyali ve kavite dizaynı ile ilgili olduğu iddia edilmektedir.

ISO TR 11450 standartlarına göre (1994, 2003) 5°C ve 55°C'lik suda 30 sn daldırma süresi ve 20 sn taşıma süresi ile 500 termosiklus işlemi, uygun bir yapay yaşlandırma testi olarak uygulanmaktadır (14). Yapılan bu çalışmada 5°C ve 55°C'lik suda 30 sn daldırma süresi ve 5 sn taşıma süresi ile 500 termosiklus uygulanması yapılmıştır.

Bu çalışmada, araştırmalarda yaygın olarak kullanılan ve nispeten kolay olan boya penetrasyon yöntemi tercih edilmiştir. Organik boyaların sızıntı çalışmalarında kullanılması, en eski yöntemlerden olup uygulaması kolay ve maliyeti düşük olduğu için diğerlerine oranla daha çok tercih edilmektedir (145). Bu tür çalışmalarda %20 floresan, %0,01 akridin turuncusu, %0,25 toluidin mavisi, %2 eritrosin, %0,05 kristal violet, %0,5-%2 bazik fuksin, %50 gümüş nitrat, %2 anilin mavisi, %0,2-%2 metilen mavisi gibi çeşitli boya solüsyonları ve konsantrasyonları kullanılmıştır (227, 228). Bu çalışmada da kolay ve yaygın bir yöntem olması nedeniyle %0,5 bazik fuksin solüsyonu kullanılmıştır.

Örneklerin boyada bekletilme sürelerinin 1 saat ile 72 saat arasında değiştiği, bunun mikrosızıntı çalışmalarını etkilemediği bildirilmiştir. Bazı araştırmacılar

örneklerin 24 saat bekletilmesini tavsiye ederken bazıları da 48 saat bekletilmesini tavsiye etmektedir (144, 229-231). Bu çalışmada, örnekler boya solüsyonunda 24 saat bekletilmiştir.

Günümüzde hangi tip adeziv sistemin mikrosızıntıyı azalttığına dair ortak bir görüş henüz oluşmamıştır. Nalçacı ve ark. (232), Sensi ve ark. (233) ve Abo ve ark. (234) yapmış oldukları çalışmalarda Sınıf V kaviteilerin mine duvarlarında etch-and-rinse adeziv sistemlerin, self-etch adeziv sistemlere göre daha az mikrosızıntı gösterdiğini ifade etmişlerdir. Pashley ve ark. (235) ile Santini ve ark. (219) ise self-etch adeziv sistemlerle etch-and-rinse adeziv sistemler arasında Sınıf V kaviteelerde mikrosızıntı dereceleri arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır. Bu çalışmada ise, self-etch modunda üç farklı universal adeziv sistem uygulanan restorasyonların mikrosızıntı değerleri karşılaştırılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0,05$).

Veriler değerlendirildiğinde üç farklı universal adeziv sistem içinde en düşük mikrosızıntı değerleri iki aşamalı universal adeziv sistem olan Optibond XTR grubunda bulunmuştur. Onu tek aşamalı universal adeziv sistem olan Single Bond Universal takip etmiştir. En yüksek mikrosızıntı değerleri ise yine tek aşamalı universal adeziv sistem olan Tokuyama Universal'de gözlenmiştir.

Günümüzde üretilen tek aşamalı self-etch adezivlerden hiçbiri geleneksel çok aşamalı adezivler kadar başarılı değildir. Bu sistemlerin yetersiz performansının çeşitli sebepleri vardır. Tek aşamalı self-etch sistemler polimerizasyondan sonra bile yüksek oranda hidrofiliktirler, bu hidrofilik özellikleri sebebiyle yarı geçirgen membran gibi davranırlar. Yüksek konsantrasyonda çözücü içermelerinden dolayı bu sistemlerde yeterli kalınlıkta rezin tabakası elde etmek ve artık çözücüyü ortamdaki uzaklaştırmak çok zordur. Tek aşamalı self-etch adezivler solüsyonun içeriğinden çözücünün buharlaşmasına eğilimlidir ve bunun sonucunda oluşan membranlar polimerizasyon sonrasında geçirgen hale gelmektedirler (55). Tek aşamalı sistemlerin içeriğinde bulunan çözücünün buharlaşması sırasında, monomer/su oranı da değişebilmektedir. Daha sonraki dönemlerde hidrofilik alanlar ve su dolu tüneller oluşmakta ve bu alanlar dentinden adezive doğru suyun geçişine izin vermektedir (236). Su ağaçları olarak tanımlanan bu durum tüm adezivlerde görülse de (86) tek aşamalı self-etch adezivlerin yüksek hidrofilitesine bağlı olarak, bu adeziv

sistemlerde daha fazla oluşmaktadır. Ayrıca tek aşamalı self-etch adezivler daha ince bir hibrit tabaka oluşturmaktadır (237, 238) ve bu tabaka oksijen tarafından inhibe edilerek, mikrosızıntının önemli faktörlerinden biri olan zayıf polimerizasyona neden olmaktadır (239).

Yapılan birçok çalışmada; self-etch adezivlerde, tek aşamalı sistemlerin iki aşamalı sistemlere göre daha düşük performans gösterdiği bildirilmiştir.

Deliperi ve ark. (240) yapmış oldukları bir çalışmada tek aşamalı self-etch adezivlerin etch-and-rinse ve iki aşamalı self-etch adeziv sistemlere göre önemli oranda mikrosızıntı gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Frankenberger ve ark. (241) Sınıf II direkt kompozit rezin restorasyonlarda kullanılan üç aşamalı etch-and-rinse, iki aşamalı etch-and-rinse, iki aşamalı self-etch ve tek aşamalı self-etch adezivlerin marjinal bütünlüklerini inceledikleri çalışmalarında, mine ve dentin bağlantısı bakımından basitleştirilmiş sistemlerin geleneksel üç aşamalı adezivlerin gerisinde kaldığını ve tek aşamalı self-etch adezivlerin mine ve dentin yüzeylerine bağlantısının iki aşamalı sistemlerden daha zayıf olduğunu göstermişlerdir.

Sadr ve ark. (242) yaptıkları çalışmada, tek aşamalı self-etch sistemler ile iki aşamalı self-etch sistemleri karşılaştırmış, tek aşamalı self-etch adezivlerin daha başarısız sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Brackett ve ark. (243) yaptıkları çalışmada, tek aşamalı self etch adezivlerin iki aşamalı self-etch adezivlere oranla mine kenarlarında daha yüksek mikrosızıntı değerleri gösterdiği ve güvenilir bir bağlanma sağlanamayacağı sonucuna varmışlardır.

Sensi ve ark. (233) yaptıkları bir çalışmada, tek aşamalı self-etch adezivlerin etch-and-rinse ve iki aşamalı self-etch adeziv sistemlere göre dentine daha düşük bağlanma kuvveti gösterdiklerini ifade etmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada da, tek aşamalı universal adeziv sistem olan Single Bond Universal, iki aşamalı Optibond XTR grubuna göre yüksek mikrosızıntı değerleri göstermiştir.

Anjum S ve ark. (244) yaptıkları çalışmada, 3 farklı adeziv sistemin (Single Bond Universal, Clearfil SE Bond, Xeno III) mikrosızıntı değerlerini karşılaştırmışlar, tek aşamalı adeziv sistemlerin iki aşamalı adeziv grubunun

gerisinde kaldığını ve tek aşamalı adeziv sistem olan Single Bond Universal'in iki aşamalı adeziv grubuna göre yüksek mikrosızıntı değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir.

Gupta ve ark. (245) 4 farklı adeziv sistemin (Single Bond Universal, Adper Easy One, SE Plus, Single Bond 2) mikrosızıntı düzeylerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, self-etch modunda kullanılan Single Bond Universal'in yüksek mikrosızıntı değerleri gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Kaya (246) yapmış olduğu tez çalışmasında, 5 farklı adeziv sistemin (All Bond Universal, Single Bond Universal, Clearfil SE Bond, Tri-S Plus, Single Bond 2) etch-and-rinse, self-etch ve selektif-etch modlarında süt ve daimi dişlerdeki mikrosızıntı düzeylerini karşılaştırmış, daimi dişlerde self-etch modunda kullanılan Single Bond Universal'in iki aşamalı adeziv grubuna göre yüksek mikrosızıntı değerleri gösterdiği sonucuna varmıştır.

Single Bond Universal, ultra hafif asiditeye sahip (pH=2,7) tek aşamalı bir universal adeziv sistemdir. Single Bond Universal'in ultra hafif asiditede primere sahip olmasına bağlı olarak mineyi ve dentin/sembenti yeterince asitleyememesi ve bunun sonucu oluşan eksik hibridizasyon daha fazla mikrosızıntı göstermesini açıklayabilir. Ayrıca tek aşamalı adezivlerde görülen yüksek hidrofilite ve çözücü oranının sebep olduğu hibrit tabaka formasyonu yüksek mikrosızıntının sebebi olarak gösterilebilir.

Single Bond Universal'in primer asiditesinin yanında içerisinde bulunan polialkenoik asit kopolimerinin hidroksiapatit içerisinde bulunan kalsiyuma bağlanmak için MDP monomeri ile yarışması ve yüksek molekül ağırlığı nedeniyle, polimerizasyon esnasında monomerlerin yaklaşmasını önlemesi adeziv bağlantısına etki ederek yüksek mikrosızıntı değerlerine sebep olmuş olabilir.

Çalışmada iki aşamalı universal adeziv sistem olan Optibond XTR, diğer gruplara kıyasla düşük mikrosızıntı değerleri göstermiştir.

Rengo ve ark. (183) etch-and-rinse ve self-etch adeziv sistemlerin (Optibond FL, Optibond XTR) mikrosızıntı değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, self-etch modunda kullanılan Optibond XTR'nin üç aşamalı adeziv sistem olan Optibond FL ile kıyaslanabilir derecede iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir.

Sadeghi ve ark. (247) 4 farklı adeziv sistemin (Optibond Solo Plus, Optibond XTR, Optibond All-in-one, Fuji Bond LC) mikrosızıntı değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, self-etch modunda uygulanan Optibond XTR'nin diğer gruplardan daha dūřuk mikrosızıntı değerleri verdiğini bildirmişlerdir.

Yapılan bu çalışma da bu bulguları destekler nitelikte olup, Optibond XTR'nin daha az mikrosızıntı gōstermesinin sebebi olarak, orta kuvvette asidik primere sahip olması (pH=1,6) ve gūlū bir kimyasal bağlanma yapmasının yanısıra iki aşamalı bir adeziv sistem olması gōsterilebilir.

Literatūrde Single Bond Universal ve Optibond XTR'nin self-etch metoduyla uygulanması sonucunda elde verilen verilerin karşılaştırdığı ve tam metin olarak yayınlanan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Adeziv sistemlerin mikrosızıntı sonuçları değerlendirildiğinde; en yūksək mikrosızıntı değerleri Tokuyama Universal grubunda gōzlenmiştir. Tokuyama Universal'in ne sebeple daha yūksək mikrosızıntı değerine yol açtığı ile ilişkili olarak formulasyonunu inceleyen daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Literatūrde Tokuyama Universal'in self-etch moduyla uygulanması sonucunda elde edilen verilerin karşılaştırdığı ve tam metin olarak yayınlanan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Grupların okluzal ve gingival kavite kenarları için yapılan deęerlendirmede her ū adeziv grubun gingival kenarlarındaki sızıntı miktarının okluzal kenarlara kıyasla daha fazla olduęu gōrūlmūřtūr.

Restoratif materyallerin mikrosızıntı değerlerinin incelendiği birçok çalışmada, gingival duvarlarda okluzal duvarlara oranla daha yūksək kenar sızıntısı izlendiği bildirilmiştir (248-252) .

Vinay ve ark. (253) yaptıkları çalışmada, 5., 6. ve 7. Jenerasyon dentin bonding ajanların mikrosızıntı dūzeylerini karşılaştırmışlar, her ū jenerasyon adeziv sistemde gingival skorların okluzal skora göre daha yūksək değerler verdiği sonucuna varmışlardır.

Owens ve ark. (254) 7. jenerasyon dōrt adet self-etch adeziv sistemin mikrosızıntılarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, her grupta gingival marjindeki skorların okluzal marjindeki skordan yūksək olduğunu bildirmişlerdir.

Santini ve ark. (255) konfigürasyon faktörünün 7. Jenerasyon self-etch adezivlerin mikrosızıntılarına etkisini araştırdığı çalışmalarında, farklı konfigürasyon faktör gruplarının hepsinde gingival skorların okluzal skorlara göre daha yüksek değerler verdiği sonucuna varmışlardır.

Al-Ehaideb ve ark. (256) farklı adeziv sistemlerin mikrosızıntılarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, tüm adeziv gruplarında gingival marjin skorlarının okluzal marjin skorlarından yüksek değerler gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, dentin/segment marjinlerindeki mikrosızıntınınmine kıyasla, mine marjinlerinde daha az mikrosızıntı görülmesinin sebebinin multifaktöriyel olup; dentin yüzeyinin hipermineralizasyonu ve kollajen fibriller ağının çökmesi, servikal duvara (CEJ) dentin tübül oryantasyonu, dentin substratının organik içeriği ve dentin tübül sıvılarının hareketi, demineralizasyon ve hibrit tabaka oluşumu ve asidik primerlerle smear tabakasının etkileşimi gibi faktörlere bağlı olduğu gösterilmiştir (254). Ayrıca adeziv rezin içindeki solventlerin (su, alkol ve aseton), tübüller içinde mevcut değişen yüzey nemlilikleriyle farklı şekilde reaksiyona girmesi de adeziv rezinler arasındaki mikrosızıntı farklılıklarının sebebi olarak gösterilebilir (255).

Dentin demineralizasyonu dentin tipine, asit tipine, tübül şekline ve yoğunluğa bağlıdır (257). Kalıcı bir marjinal örtüleme elde etmek için hibrit tabakanın oluşması zorunlu olduğu için dentin tübüllerinin yönü önemli bir öneme sahiptir (258).

Santini ve ark. (255) yaptıkları çalışmada, Sınıf V kaviterlerde, mine-sement birleşiminden yaklaşık 1 mm mesafede bulunan dentin tübüllerinin servikal duvara doğru yöneldiğini taramalı elektron mikroskobu görüntülerinde doğrulamış, klasik bir hibrit tabaka formasyonunun neredeyse hiç olmadığını göstermiş ve bu yokluğun önemli bir sızıntı sebebi olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca gingival marjindeki mikrosızıntı sonuçlarının, gingival duvarda kalan mine tabakasının ince olmasından, mine tabakasının kalınlığının kenar sızıntısı üzerindeki olumlu etkisinden ve gingival duvarın birçok çalışmada dentin veya sementte yer almasından kaynaklandığı düşünülmektedir (259-261).

Bu çalışmada da kullanılan tüm adeziv sistemlerde gingival sızıntı okluzal sızıntıya göre daha yüksek bulunmuştur. Yapılan birçok çalışma bu bulguyu

desteklemektedir (262-265). Çalışmada kullanılan kavite sınırları okluzalde minede, gingivalde ise sementte yer almaktadır. Dentin/sement-kompozit termal genişleme katsayısı farkının, mine-kompozit arası farklılığa göre daha fazla olması gingival kenardaki yüksek sızıntı miktarının nedeni olabilir.

Literatür incelendiğinde universal adeziv sistemlerin karşılaştırıldığı yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu durum daimi diş için universal adezivlerle elde edilen sonuçların literatür ile kıyaslanarak tartışılmasına imkan tanımamaktadır. Sonuçların desteklenmesi için daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bağlanma Dayanımı Testine Ait Sonuçlar

1. Çalışmada kullanılan tek aşamalı universal adeziv sistemler iki aşamalı üniversal adeziv sistem kadar iyi bağlanma dayanımı gösterememişlerdir.
2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler arasında en iyi bağlanma dayanımı Optibond XTR'de görülürken, onu Single Bond Universal takip etmiştir. En düşük bağlanma dayanımı ise Tokuyama Universal'de görülmüştür.
3. Kırık yüzeylerin mikroskopik incelenmesi sonucunda, en yüksek bağ dayanımı gösteren Optibond XTR'de ağırlıklı olarak mix başarısızlık gözlenirken, Single Bond Universal'de koheziv başarısızlık, en düşük bağ dayanımı gösteren Tokuyama Universal'de ise adeziv başarısızlık daha fazla görülmüştür.

Mikrosızıntı Testine Ait Sonuçlar

1. Çalışmada kullanılan tek aşamalı universal adeziv sistemler iki aşamalı üniversal adeziv sisteme göre sızdırma direnci açısından daha başarısız bulunmuştur.
2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler arasında en az sızıntı Optibond XTR'de görülürken, onu Single Bond Universal takip etmiştir. En fazla sızıntı ise Tokuyama Universal'de gözlenmiştir.
3. Ayrıca grupların okluzal kavite kenarı ve gingival kavite kenarı için ayrı ayrı yapılan değerlendirmede Single Bond Universal ve Optibond XTR'de her iki bölge için anlamlı bir farklılık bulunmazken; Tokuyama Universal'de gingival kavite kenarlarındaki sızdırma miktarının okluzal kavite kenarlarına göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür.
4. Çalışmada kullanılan tüm adeziv sistemler gingivalde daha fazla sızıntı göstermişlerdir.

Restorasyonun bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı yönünden başarısı için adeziv materyalin diş dokusu ile ilişkisi oldukça önemlidir. Günümüzde

dişhekimliğinde dentin adeziv sistemler sıklıkla kullanılmakta ve devamlı olarak bir öncekinden daha iyi ve avantajlı olduğu idda edilen farklı versiyonlar firmalar tarafından piyasaya sürülmektedir. Son yıllarda bağlanma işlemlerini daha da basitleştirmek ve kullanım alanını arttırmak için “universal” veya “multimode” adı verilen adeziv sistemler geliştirilmiştir.

Ancak bu basitleştirilmiş bağlayıcı sistemlerin dentine bağlanma dirençlerinin etkinliği hakkındaki veriler tartışmalıdır. Bize göre de hala tek basamaklı universal adeziv sistemler, iki basamaklı universal adeziv sistemlerin performansına ulaşamamışlardır. Çalışmadan da yola çıkarak; bağlanma performansı ve düşük sızıntı düzeyi sebebiyle dentinde iki aşamalı universal adeziv sistemlerin tercih edilebileceği söylenebilir. Ancak klinik başarıda iyi bir adezyonun mu yoksa uygulama tekniğinin kolaylığının mı daha önemli olduğunun araştırılmasının ve uzun dönem klinik takip çalışmalarının yapılmasının, daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunacağını düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, Dorigo EDS. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*, 24(1), 90-101, 2008.
2. Mjor I, Gordan V. Failure, repair, refurbishing and longevity of restorations. *Operative Dentistry*, 27(5), 528-34, 2002.
3. Tuncer D, Çelik Ç, Çehreli SB, Arhun N. Comparison of microleakage of a multi-mode adhesive system with contemporary adhesives in class II resin restorations. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 28(13), 1288-97, 2014.
4. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P ve ark. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry-University Of Washington-*, 28(3), 215-35, 2003.
5. Reis A, Grande R, Oliveira G, Lopes G, Loguercio A. A 2-year evaluation of moisture on microtensile bond strength and nanoleakage. *Dental Materials*, 23(7), 862-70, 2007.
6. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dental Materials*, 26(12), 1176-84, 2010.
7. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B ve ark. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *Journal of Dentistry*, 40(6), 475-84, 2012.
8. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NHC. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *Journal of Dentistry*, 41(5), 404-11, 2013.
9. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar. Güneş Kitabevi, 2000.
10. ES D. Adhesion and its application with restorative materials. *Dent Clin North Am*, 1993.
11. Nakabayashi N PD. Hybridization of Dental Hard Tissues. Quintessence Publishing Co, Inc, Tokyo, Japan, 1998.
12. Schwartz RS SJ, Robbins W, Santos JD. Fundamentals of operative dentistry. USA: Quintessence Publishing Co, Inc, 1996.
13. Cengiz T. Endodonti. Barış Yayınları, İzmir, 1990.
14. De Munck JD, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M ve ark. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118-32, 2005.
15. Wei S, Barkmeier W. Conference report: international symposium on adhesives in dentistry. *Journal of Dental Research*, 71(1), 75-77, 1992.
16. Schwartz RS SJ, Robbms W, Santos JD. Fundamentals of operative dentistry. USA: Quintessence Publishing Co, Inc 141-186, 1996.

17. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *Journal of Dental Research*, 34(6), 849-53, 1955.
18. Hannig M, Reinhardt K, Bott B. Self-etching primer vs phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Operative Dentistry*, 24, 172-80, 1999.
19. Burke F, McCaughey A. The four generations of dentin bonding. *American Journal of Dentistry*, 8(2), 88-92, 1995.
20. Legler L, Retief D, Bradley E. Effects of phosphoric acid concentration and etch duration on enamel depth of etch: an in vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(2), 154-60, 1990.
21. Renzo MD, Ellis T, Domingue A, Bertrand L, Sacher E, Stangel I. Chemical reactions between dentin and bonding agents. *The Journal of Adhesion*, 47(1-3), 115-21, 1994.
22. Fukuda R, Yoshida Y, Nakayama Y, Okazaki M, Inoue S, Sano H ve ark. Bonding efficacy of polyalkenoic acids to hydroxyapatite, enamel and dentin. *Biomaterials*, 24(11), 1861-67, 2003.
23. Swift EJ. Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatric Dentistry*, 24(5), 456-61, 2002.
24. Swift EJ, Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann H. *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences, 2006.
25. Albers HF. *Tooth-colored restoratives: principles and techniques*. PMPH-USA, 2002.
26. Ermis RB, De Munck J, Cardoso MV, Coutinho E, Van Landuyt KL, Poitevin A ve ark. Bond strength of self-etch adhesives to dentin prepared with three different diamond burs. *Dental Materials*, 24(7), 978-85, 2008.
27. Gökalp S KADaHDFD. Dentin adezivler. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Derg*, 2001.
28. Moll K, Park H-J, Haller B. Bond strength of adhesive/composite combinations to dentin involving totaland self-etch adhesives. *Journal of Adhesive Dentistry*, 4(3), 2002.
29. Reis A, Pellizzaro A, Dal-Bianco K, Gomes O, Patzlaff R, Loguercio A. Impact of adhesive application to wet and dry dentin on long-term resin-dentin bond strengths. *Operative Dentistry*, 32(4), 380-87, 2007.
30. Perdigao J, Gomes G, Gondo R, Fundingsland JW. In vitro bonding performance of all-in-one adhesives. Part I--microtensile bond strengths. *Journal of Adhesive Dentistry*, 8(6), 2006.
31. de Carvalho Cardoso P, Loguercio AD, Vieira LCC, Baratieri LN, Reis A. Effect of prolonged application times on resin-dentin bond strengths. *Journal of Adhesive Dentistry*, 7(2), 2005.

32. Andia-Merlin R, Garone-Netto N, Arana-Chavez V. SEM evaluation of the interaction between a three-step adhesive and dentin. *Operative Dentistry*, 26(5), 440-44, 2001.
33. Santini A, Miletic V. Comparison of the hybrid layer formed by silorane adhesive, one-step self-etch and etch and rinse systems using confocal micro-Raman spectroscopy and SEM. *Journal of Dentistry*, 36(9), 683-91, 2008.
34. Montes M, Sinhoreti M. The in vitro morphological effects of some current pre-treatments on dentin surface: a SEM evaluation. *Operative Dentistry*, 30(2), 201-12, 2005.
35. Pangsrisonboon B, Harnirattisai C, Nilsri K, Burrow MF. Microtensile bond strength of self-etching adhesive systems to differently prepared dentin. *American Journal of Dentistry*, 20(4), 259-62, 2007.
36. Marshall Jr GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *Journal of Dentistry*, 25(6), 441-58, 1997.
37. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Suzuki K, Lambrechts P. Four-year water degradation of a resin-modified glass-ionomer adhesive bonded to dentin. *European Journal of Oral Sciences*, 112(1), 73-83, 2004.
38. Kiremitçi A, Altıncı P. Self-etch adeziv sistemlerde güncel gelişmeler bölüm I: farklı özelliklerde diş sert dokularına bağlanma etkinliği. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 32(4), 33-48, 2008.
39. Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P ve ark. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Operative Dentistry*, 26, 119-44, 2001.
40. Ibsen R, Ouellet D, Strassler H. Clinically successful dentin and enamel bonding. *American Journal of Dentistry*, 2, 125-31, 1989.
41. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding: from first to sixth generation. *The Journal of the American Dental Association*, 131, 20-25, 2000.
42. Swift Jr EJ. Literature review bonding systems for restorative materials—a comprehensive review. *Pediatr Dent*, 20, 80-84, 1998.
43. Swift EJ, Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. *Quintessence International-English Edition*, 26, 95-95, 1995.
44. Latta MA, Barkmeier WW. Dental adhesives in contemporary restorative dentistry. *Dental Clinics of North America*, 42(4), 567-77, 1998.
45. Barkmeier WW, Cooky RL. Resin adhesive systems: in vitro evaluation of dentin bond strength and marginal microleakage. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 1(2), 67-72, 1989.
46. Swift Jr EJ. Microleakage of dentin adhesive systems. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 3(3), 91-94, 1991.

47. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Journal of Biomedical Materials research*, 16(3), 265-73, 1982.
48. Kanca III J. A method for bonding to tooth structure using phosphoric acid as a dentin-enamel conditioner. *Quintessence Int*, 22(4), 1991.
49. Ferrari M, Goracci G, García-Godoy F. Bonding mechanism of three" one-bottle" systems to conditioned and unconditioned enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*, 10(5), 224-30, 1997.
50. Tay F, Gwinnett A, Pang K, Wei S. Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. *Journal of Dental Research*, 73(3), 629-36, 1994.
51. Mason P, Calabrese M, Graif L. Modified extrusion shear bond strength of the new 3M adhesive. *Journal of Dental Research*, 1239-39, 1998.
52. Inoue S, Vargas MA, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G ve ark. Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to enamel. *American Journal of Dentistry*, 16(5), 329-34, 2003.
53. Erickson RL, Barkmeier WW, Latta MA. The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dental Materials*, 25(11), 1459-67, 2009.
54. Van Landuyt K, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dental Materials*, 22(6), 533-44, 2006.
55. Van Landuyt K, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y ve ark. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *Journal of Dental Research*, 84(2), 183-88, 2005.
56. Schwartz RS, Summitt JB, Robbins JW. *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. Quintessence Publishing, 1996.
57. Chan KM, Tay FR, King NM, Imazato S, Pashley DH. Bonding of mild self-etching primers/adhesives to dentin with thick smear layers. *American Journal of Dentistry*, 16(5), 340-46, 2003.
58. Roberson T, Heymann H, Swift E. *Art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences, 2006.
59. Van Meerbeek B, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *Journal of Dentistry*, 26(1), 1-20, 1998.
60. 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. *Dental Hard Tissues and Bonding*, Springer, 89-122, 2005.
61. Gökalp S AE. *Dental Adezivler*. TDBD, 2002.
62. Aw TC, Lepe X, Johnson GH, Mancl L. One-year clinical evaluation of an ethanol-based and a solvent-free dentin adhesive. *American Journal of Dentistry*, 17(6), 451-56, 2004.

63. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha J, Ciucchi B, Cattani M, Godin C ve ark. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *Journal of Dentistry*, 29(1), 55-61, 2001.
64. Lopes GC, Cardoso PC, Vieira LCC, Baratieri LN, Rampinelli K, Costa G. Shear bond strength of acetone-based one-bottle adhesive systems. *Brazilian Dental Journal*, 17(1), 39-43, 2006.
65. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P ve ark. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J*, 24(1), 1-13, 2005.
66. White S, Luo W, Paine M, Fong H, Sarikaya M, Snead M. Biological organization of hydroxyapatite crystallites into a fibrous continuum toughens and controls anisotropy in human enamel. *Journal of Dental Research*, 80(1), 321-26, 2001.
67. Retief D, Busscher H, De Boer P, Jongebloed W, Arends J. A laboratory evaluation of three etching solutions. *Dental Materials*, 2(5), 202-06, 1986.
68. Kramer PF, Zelante F, Lorenzetti Simionato M. The immediate and long-term effects of invasive and noninvasive pit and fissure sealing techniques on the microflora in occlusal fissures of human teeth. *Pediatric Dentistry*, 15, 108-08, 1993.
69. Van Meerbeek B, Inoue S, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. Enamel and dentin adhesion. Quintessence Publishing Co, 2001.
70. Gwinnett A. Histologic changes in human enamel following treatment with acidic adhesive conditioning agents. *Archives of Oral Biology*, 16(7), 731-IN15, 1971.
71. Lambrechts P, Van Meerbeek B, Perdigao J, Vanherle G. Adhesives: Do's and don'ts. Quintessence Publishing Co, 45-60, 2000.
72. Van Meerbeek B, Perdigão J, Gladys S, Lambrechts P, Vanherle G. Enamel en dentin adhesion. Quintessence Publishing Co, 1996.
73. Gwinnett A. Structure and composition of enamel. *Operative Dentistry*, 10-17, 1992.
74. Bouillaguet S, Virgillito M, Wataha J, Ciucchi B, Holz J. The influence of dentine permeability on cytotoxicity of four dentine bonding systems, in vitro. *Journal of Oral Rehabilitation*, 25(1), 45-51, 1998.
75. Mjör IA. Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 2: Initial reactions to preparation of teeth for restorative procedures. *Quintessence Int*, 32(7), 2001.
76. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int*, 24(9), 1993.
77. Van Meerbeek B, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Evaluation of two dentin adhesives in cervical lesions. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 70(4), 308-14, 1993.

78. Perdigão J, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Tomé ÂR, Vanherle G, Lopes AB. Morphological field emission-SEM study of the effect of six phosphoric acid etching agents on human dentin. *Dental Materials*, 12(4), 262-71, 1996.
79. Nakabayashi N. Hybridization of dental hard tissues. *The Quality of Hybridized Dentin*, 1998.
80. Tyas M, Burrow M. Adhesive restorative materials: a review. *Australian Dental Journal*, 49(3), 112-21, 2004.
81. Nor J, Feigal R, Dennison J, Edwards C. Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. *Journal of Dental Research*, 75(6), 1396-403, 1996.
82. Kanca 3rd J. Wet bonding: effect of drying time and distance. *American Journal of Dentistry*, 9(6), 273, 1996.
83. Gwinnett A, Tay F, Wei S. Bridging the gap between the overdry and overwet bonding phenomenon—optimization of dentin hybridization and tubular seal. *Dentin/pulp complex*. Tokyo, Quintessence, 359-63, 1996.
84. Kanca III J. Resin bonding to wet substrate. II. Bonding to enamel. *Quintessence Int*, 23(9), 1992.
85. Wakefield CW, Kofford KR. Advances in restorative materials. *Dental Clinics of North America*, 45(1), 7-29, 2001.
86. De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K ve ark. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *Journal of Dental Research*, 82(2), 136-40, 2003.
87. Ithagarun A, Tay FR. Self-contamination of deep dentin by dentin fluid. *American Journal of Dentistry*, 13(4), 195-200, 2000.
88. Şengün A, Yalçın M, Kocabaşoğlu DA. Yedinci jenerasyon adeziv sistemlerinin dentine makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, (3), 2009.
89. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives: Part II: etching effects on unground enamel. *Dental Materials*, 17(5), 430-44, 2001.
90. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow M, Nakaoki Y, Tagami J. Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Operative Dentistry*, 27(4), 403-09, 2002.
91. Strydom C. Self-etching adhesives: review of adhesion to tooth structure part I. *SADJ: journal of the South African Dental Association= tydskrif van die Suid-Afrikaanse Tandheelkundige Vereniging*, 59(10), 413, 15-7, 19, 2004.
92. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *Journal-Canadian Dental Association*, 69(11), 726-32, 2003.
93. Tay FR, Carvalho R, Sano H, Pashley DH. Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 2(2), 2000.

94. Tay FR, Sano H, Carvalho R, Pashley EL, Pashley DH. An ultrastructural study of the influence of acidity of self-etching primers and smear layer thickness on bonding to intact dentin. *Journal of Adhesive Dentistry*, 2(2), 2000.
95. Tay FR PD, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single step adhesives are permeable membranes. *J Dent*, (30371-82), 2002.
96. Carneiro KGK, Lobato MF, e Souza S, de Almeida Rodrigues P, Góes MFd. Adhesive systems: important aspects related to their composition and clinical use. *Journal of Applied Oral Science*, 18(3), 207-14, 2010.
97. Moura SK, Pelizzaro A, Dal Bianco K, De Goes MF, Loguercio AD, Reis A ve ark. Does the acidity of self-etching primers affect bond strength and surface morphology of enamel? *Journal of Adhesive Dentistry*, 2006.
98. Pivetta MR, Moura SK, Barroso LP, Lascala AC, Reis A, Loguercio AD ve ark. Bond strength and etching pattern of adhesive systems to enamel: effects of conditioning time and enamel preparation. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 20(5), 322-35, 2008.
99. Mine A, De Munck J, Cardoso MV, Van Landuyt K, Poitevin A, Kuboki T ve ark. Enamel-smear compromises bonding by mild self-etch adhesives. *Journal of Dental Research*, 89(12), 1505-09, 2010.
100. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H ve ark. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *Journal of Dental Research*, 83(6), 454-58, 2004.
101. Van Meerbeek B. Bonding mechanism micro-tensile bond strength of a 4-MET-based self-etching adhesive. *J Dent Res*, 79, 249, 2000.
102. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt K. State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 27(1), 17-28, 2011.
103. Oliveira SS, Marshall SJ, Hilton JF, Marshall GW. Etching kinetics of a self-etching primer. *Biomaterials*, 23(20), 4105-12, 2002.
104. Shirai K, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Suzuki K ve ark. Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dental Materials*, 21(2), 110-24, 2005.
105. De Munck J, Shirai K, Yoshida Y, Inoue S, Van Landuyt K, Lambrechts P ve ark. Effect of water storage on the bonding effectiveness of 6 adhesives to Class I cavity dentin. *Operative Dentistry*, 31(4), 456-65, 2006.
106. Brackett WW, Covey D, St Germain H. One-year clinical performance of a self-etching adhesive in class V resin composites cured by two methods. *Operative Dentistry*, 27(3), 218-22, 2002.
107. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems: I: Depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dental Materials*, 17(4), 296-308, 2001.

108. Van Landuyt K, Mine A, De Munck J, Countinho E, Peumans M, Jaecques S ve ark. Technique sensitivity of water-free one-step adhesives. *Dental Materials*, 24(9), 1258-67, 2008.
109. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A ve ark. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757-85, 2007.
110. Dumsha TC, Sydiskis RJ. Cytotoxicity testing of a dentin bonding system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 59(6), 637-41, 1985.
111. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P ve ark. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *Journal of Dental Research*, 79(2), 709-14, 2000.
112. Inoue S, Van Meerbeek B, Abe Y, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G ve ark. Effect of remaining dentin thickness and the use of conditioner on micro-tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dental Materials*, 17(5), 445-55, 2001.
113. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dental Materials*, 21(9), 864-81, 2005.
114. McLean JW. Dentinal bonding agents versus glass-ionomer cements. *Quintessence Int*, 27(10), 1996.
115. Dal-Bianco K, Pellizzaro A, Patzlaft R, de Oliveira Bauer JR, Loguercio AD, Reis A. Effects of moisture degree and rubbing action on the immediate resin-dentin bond strength. *Dental Materials*, 22(12), 1150-56, 2006.
116. Simonsen R, Neal R. A review of the clinical application and performance of pit and fissure sealants. *Australian Dental Journal*, 56, 45-58, 2011.
117. Spencer P, Swafford JR. Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int*, 30(7), 1999.
118. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *Journal of Dental Research*, 79(6), 1385-91, 2000.
119. Hashimoto M. A Review—Micromorphological evidence of degradation in resin-dentin bonds and potential preventional solutions. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 92(1), 268-80, 2010.
120. Perdigao J, Geraldeli S, Hodges JS. Total-etch versus self-etch adhesive: effect on postoperative sensitivity. *The Journal of the American Dental Association*, 134(12), 1621-29, 2003.
121. McLean D, Meyers E, Guillory V, Vandewalle K. Enamel bond strength of new universal adhesive bonding agents. *Operative Dentistry*, 40(4), 410-17, 2015.

122. Loguercio AD, Muñoz MA, Luque-Martinez I, Hass V, Reis A, Perdigão J. Does active application of universal adhesives to enamel in self-etch mode improve their performance? *Journal of Dentistry*, 43(9), 1060-70, 2015.
123. Wang T, Nikaido T, Nakabayashi N. Photocure bonding agent containing phosphoric methacrylate. *Dental Materials*, 7(1), 59-62, 1991.
124. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel–dentin adhesives: a systematic review. *Dental Materials*, 21(10), 895-910, 2005.
125. Taschner M, Kümmerling M, Lohbauer U, Breschi L, Petschelt A, Frankenberger R. Effect of double-layer application on dentin bond durability of one-step self-etch adhesives. *Operative Dentistry*, 39(4), 416-26, 2014.
126. Reis AF, Oliveira MT, Giannini M, De MG, Rueggeberg FA. The effect of organic solvents on one-bottle adhesives' bond strength to enamel and dentin. *Operative Dentistry*, 28(6), 700-06, 2003.
127. Perdigão J, Muñoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A ve ark. Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Operative Dentistry*, 39(5), 489-99, 2014.
128. øilo G, Austrheim EK. In vitro quality testing of dentin adhesives. *Acta Odontologica Scandinavica*, 51(4), 263-69, 1993.
129. Türkün Ş, Ergücü Z. Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan geç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Acta Odontologica Turcica*; Cilt 21, Sayı 2, 143, 2004.
130. Barkmeier W, Cooley R. Laboratory evaluation of adhesive systems. *Operative Dentistry*, 50-61, 1992.
131. El-Araby A, Talic Y. The effect of thermocycling on the adhesion of self-etching adhesives on dental enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract*, 8(2), 17-24, 2007.
132. ISO I. TS 11405: Dental materials—testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization ISO Central Secretariat, 2003.
133. Oilo G. Bond strength testing--what does it mean? *International Dental Journal*, 43(5), 492-98, 1993.
134. Mason P, Ferrari M, Cagidiaco M, Davidson C. Shear bond strength of four dentinal adhesives applied in vivo and in vitro. *Journal of Dentistry*, 24(3), 217-22, 1996.
135. Yazıcı E. Er:YAG lazerin farklı atım süreleriyle uygulanmasının etch&rinse adeziv sistemi ile kullanılan bir kompozitin mine ve dentine mikro gerilim bağlanma dayanıklılığı üzerine etkisi, Doktora Tezi. Ankara, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2009.
136. Eren D. Farklı adeziv sistemlerin ve kompozit rezinlerin birbirleri arasında değiştirilerek kullanılmasının mikro-makaslama bağlanma dayanımı ve

- mikrosızıntı yönünden incelenmesi, doktora tezi. Sivas, Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2006.
137. Özel-Bektaş Ö. Farklı ışık kaynaklarının ve ışık uygulama tekniklerinin kompozit rezinlerdeki polimerizasyon büzülmesi ve dentine bağlanma dayanımlarına etkisinin incelenmesi, doktora tezi. Sivas, Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2006.
 138. De Munck J, Mine A, Poitevin A, Van Ende A, Van Meerbeek B. Testing bond strength, a review of the literature. *Academy of Dental Materials, Proceedings*, 2009.
 139. Sadek FT, Goracci C, Cardoso PEC, Tay FR, Ferrari M. Microtensile bond strength of current dentin adhesives measured immediately and 24 hours after application. *Journal of Adhesive Dentistry*, 7(4), 2005.
 140. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R ve ark. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength—evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*, 10(4), 236-40, 1994.
 141. Price RB, Hall GC. In vitro comparison of 10-minute versus 24-hour shear bond strengths of six dentin bonding systems. *Quintessence Int*, 30(2), 1999.
 142. Gürbüz T, Yılmaz Y, Güler AGDÇ. Kendinden pürüzlendiren iki bağlayıcının uygulama farklılıklarının mikrosızıntı üzerine etkisinin değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, (3), 2007.
 143. Perdigao J, Swift E. Mine ve dentin adezyonunun temel kavramları. *TM Roberson, HO Heymann and EJ Swift Sturdevant's art and science of operative dentistry*, 5, 243-80, 2011.
 144. Arisu HD, Eliguzeloglu E, Uctasli MB, Omurlu H, Turkoz E. Effect of multiple consecutive adhesive coatings on microleakage of class V cavities. *European Journal of Dentistry*, 3(3), 178, 2009.
 145. Karadağ AGS. Mikrosızıntı araştırma teknikleri ve mikrosızıntıyı etkileyen faktörler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, (2), 80-88, 2005.
 146. Taylor M, Lynch E. Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3-10, 1992.
 147. Zivkovi S, Bojovi S, Pavlica D. Bacterial penetration of restored cavities. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 91(3), 353-58, 2001.
 148. Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53(4), 410-16, 1982.
 149. Rhome BH, Solomon EA, Rabinowitz JL. Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and hydron. *J Endod*, 7(10), 458-61, 1981.

150. Wu MK, De Gee A, Wesselink P. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J*, 27(5), 233-38, 1994.
151. Yañez MJ, Barbosa SE. Changes in particle area measurements due to SEM accelerating voltage and magnification. *Microscopy Research and Technique*, 61(5), 463-68, 2003.
152. Usanmaz D. STM/AFM İle yüzey karakterizasyonu, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2005.
153. Haikel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *J Endod*, 26(3), 148-52, 2000.
154. Kersten HW MW. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J*, 22, 18-24, 1989.
155. Ayyıldız S, Uyar A, Yüzügüllü B. Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve inceleme yöntemleri. *Atatürk Üniv. Dis Hek Fak Derg*, 19(3), 219-26, 2009.
156. Tanrıverdi F, Belli S, Alptekin T. İki dentin bonding sistemin marjinal sızıntısının incelenmesinde iki farklı yöntemin karşılaştırılması. *Ank Üniv Dis Hek Derg*, 22, 1-6, 1995.
157. Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27(2), 89-99, 1999.
158. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. *Dental Materials*, 26(2), e78-e93, 2010.
159. St AG, Wilder JA, Perdigão J, Swift JE. Microleakage of class v composites using different placement and curing techniques: an in vitro study. *American Journal of Dentistry*, 15(4), 244-47, 2002.
160. Chen C, Niu L-N, Xie H, Zhang Z-Y, Zhou L-Q, Jiao K ve ark. Bonding of universal adhesives to dentine—Old wine in new bottles? *Journal of Dentistry*, 43(5), 525-36, 2015.
161. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T ve ark. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *Journal of Dental Research*, 91(4), 376-81, 2012.
162. Nikaido T, Kunzelmann K-H, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S ve ark. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dental Materials*, 18(3), 269-75, 2002.
163. Moll K, Fritzenschaft A, Haller B. In vitro comparison of dentin bonding systems: Effect of testing method and operator. *Quintessence Int*, 35(10), 2004.
164. Perdigao J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dental Clinics*, 46(2), 277-301, 2002.
165. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas W. Why do shear bond tests pull out dentin? *Journal of Dental Research*, 76(6), 1298-307, 1997.

166. Cardoso PE, Braga RR, Carrilho MR. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dental Materials*, 14(6), 394-98, 1998.
167. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 89(3), 268-74, 2003.
168. Özyeşil A, Günel Ş, Belli S, Eskitaşcıoğlu G. İki farklı bağlanma dayanımı testinin karşılaştırılması (Mikroshear ve Mikrotensile). *SÜ Diş Hek Fak Derg*, 18(2), 118-21, 2009.
169. Kanca 3rd J. Effect of resin primer solvents and surface wetness on resin composite bond strength to dentin. *American Journal of Dentistry*, 5(4), 213, 1992.
170. Takemori T, Chigira H, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. Factors affecting tensile bond strength of composite to dentin. *Dental Materials*, 9(2), 136-38, 1993.
171. Altay N, Akça T. Invitro bağlantı kuvveti ölçme testlerinin değerlendirilmesi. *HÜ Diş Hek Fak Derg*, 26, 32-38, 2002.
172. Tosun G, Şener Y, Şengün A. Kompozit rezinin mineye bağlanma dayanımı üzerine farklı saklama solüsyonlarının etkisi. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 29(3), 2-6, 2005.
173. Rueggeberg F. Substrate for adhesion testing to tooth structure—Review of the literature: A report of the ASC MD156 Task Group on Test methods for the adhesion of restorative materials Accredited standards committee MD156 for dental materials and devices. *Dental Materials*, 7(1), 2-10, 1991.
174. Triolo Jr P, Swift Jr E. Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems. *Dental Materials*, 8(6), 370-74, 1992.
175. Agostini FG, Kaaden C, Powers J. Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. *Pediatric Dentistry*, 23(6), 481-86, 2001.
176. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness, hardness, and calcium concentration vs bond strength of dentin adhesives. *Dental Materials*, 8(4), 229-33, 1992.
177. Yoshikawa T, Sano H, Burrow M, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *Journal of Dental Research*, 78(4), 898-905, 1999.
178. Pegado REF, do Amaral FLB, Flório FM, Basting RT. Effect of different bonding strategies on adhesion to deep and superficial permanent dentin. *European Journal of Dentistry*, 4(2), 110, 2010.
179. Sattabanasuk V, Shimada Y, Tagami J. The bond of resin to different dentin surface characteristics. *Operative Dentistry-University of Washington-*, 29, 333-41, 2004.
180. Perdigão J, Loguercio AD. Universal or multi-mode adhesives: why and how? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 16(2), 193-94, 2014.

181. Marchesi G, Frassetto A, Mazzoni A, Apolonio F, Diolosa M, Cadenaro M ve ark. Adhesive performance of a multi-mode adhesive system: 1-year in vitro study. *Journal of Dentistry*, 42(5), 603-12, 2014.
182. Sezinando A, Perdigão J, Regalheiro R. Dentin bond strengths of four adhesion strategies after thermal fatigue and 6-month water storage. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 24(5), 345-55, 2012.
183. Rengo C, Goracci C, Juloski J, Chieffi N, Giovannetti A, Vichi A ve ark. Influence of phosphoric acid etching on microleakage of a self-etch adhesive and a self-adhering composite. *Australian Dental Journal*, 57(2), 220-26, 2012.
184. Krämer N, Tilch D, Lücker S, Frankenberger R. Status of ten self-etch adhesives for bonding to dentin of primary teeth. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 24(3), 192-99, 2014.
185. Demirci M, Tuncer S, Tekçe N, Erdilek D, Uysal Ö. Influence of adhesive application methods and rebonding agent application on sealing effectiveness of all-in-one self-etching adhesives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(5), 326-43, 2013.
186. Juloski J, Goracci C, Rengo C, Giovannetti A, Vichi A, Vulicevic A ve ark. Enamel and dentin bond strength of new simplified adhesive materials with and without preliminary phosphoric acid-etching. *American Journal of Dentistry*, 25(4), 239, 2012.
187. Campillo-Funollet M QX, Munoz-Viveros C. Shear bond strength of current self-etch adhesives. *J Dent Res*, 90 (Spec Iss A): Abstract #2463, 2011.
188. Walter R, swift J, Edward J, Boushell LW, Braswell K. Enamel and dentin bond strengths of a new self-etch adhesive system. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 23(6), 390-96, 2011.
189. Marchesi G, Frassetto A, Visintini E, Diolosà M, Turco G, Salgarello S ve ark. Influence of ageing on self-etch adhesives: one-step vs. two-step systems. *European Journal of Oral Sciences*, 121(1), 43-49, 2013.
190. Meharry M, Moazzami S, Li Y. Comparison of enamel and dentin shear bond strengths of current dental bonding adhesives from three bond generations. *Operative Dentistry*, 38(6), 237-45, 2013.
191. Atash R, Van Den Sbeebe A. Bond strengths of eight contemporary adhesives to enamel and to dentine: an in vitro study on bovine primary teeth. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 15(4), 264-73, 2005.
192. Giannini M, Makishi P, Ayres APA, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T ve ark. Self-etch adhesive systems: a literature review. *Brazilian Dental Journal*, 26(1), 3-10, 2015.
193. Matsui N, Takagaki T, Sadr A, Ikeda M, Ichinose S, Nikaido T ve ark. The role of MDP in a bonding resin of a two-step self-etching adhesive system. *Dent Mater J*, 34(2), 227-33, 2015.

194. Mitra SB, Lee C-Y, Bui HT, Tantbirojn D, Rusin RP. Long-term adhesion and mechanism of bonding of a paste-liquid resin-modified glass-ionomer. *Dental Materials*, 25(4), 459-66, 2009.
195. Lin A, McIntyre N, Davidson R. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *Journal of Dental Research*, 71(11), 1836-41, 1992.
196. Mena-Serrano A, Kose C, De Paula EA, Tay LY, Reis A, Loguercio AD ve ark. A new universal simplified adhesive: 6-month clinical evaluation. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(1), 55-69, 2013.
197. Yaşa E, Yıldızeli D, Sayiner Z, Erdem A. İki farklı teknikle uygulanan üniversal bağlayıcı ajanların dentine olan makaslama bağlanma dayanımlarının incelenmesi. *Acta Odontologica Turcica*, 34(3), 2017.
198. Türk GI, Kara E. Üç farklı universal adeziv sistemin dentine makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması. *Selcuk Dental Journal*, 2(2), 51-57, 2015.
199. Barutçigil Ç, Barutçigil K, Kürklü D, Harorlı OT. Güncel dentin bağlayıcı ajanların ve uygulama yöntemlerinin makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması. *İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(2), 27-32, 2013.
200. Franz A, Lettner S, Watts D, Graf A, Moritz A, Schedle A. Analysis of pre-test failures and bond-strengths of seven adhesive systems to bovine dentine: A nine-year novice/beginner operator study. *Dental Materials*, 2018.
201. Takamizawa T, Barkmeier WW, Sai K, Tsujimoto A, Imai A, Erickson RL ve ark. Influence of different smear layers on bond durability of self-etch adhesives. *Dental Materials*, 34(2), 246-59, 2018.
202. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA ve ark. Comparison between universal adhesives and two-step self-etch adhesives in terms of dentin bond fatigue durability in self-etch mode. *European Journal of Oral Sciences*, 125(3), 215-22, 2017.
203. Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Scheidel DD, Watanabe H, Erickson RL ve ark. Influence of water storage on fatigue strength of self-etch adhesives. *Journal of Dentistry*, 43(12), 1416-27, 2015.
204. Michaud P-L, Brown M. Effect of universal adhesive etching modes on bond strength to dual-polymerizing composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(4), 657-62, 2018.
205. Wang R, Shi Y, Li T, Pan Y, Cui Y, Xia W. Adhesive interfacial characteristics and the related bonding performance of four self-etching adhesives with different functional monomers applied to dentin. *Journal of Dentistry*, 62, 72-80, 2017.
206. Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Okihara T, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Chemical interaction of glycerophosphate dimethacrylate (GPDM) with hydroxyapatite and dentin. *Dental Materials*, 2018.

207. Yoshihara K, Hayakawa S, Nagaoka N, Okihara T, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Etching efficacy of self-etching functional monomers. *Journal of Dental Research*, 0022034518763606, 2018.
208. Kameyama A, Hoshika S, Suyama Y, Inokoshi M, De Munck J, Van Meerbeek B. Immediate and aged bond strength to differently prepared dentin surfaces. In IADR/CED, 2011.
209. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A ve ark. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), 100-21, 2010.
210. Katsumata A, Saikaew P, Ting S, Katsumata T, Hoshika T, Sano H ve ark. Microtensile bond strength bonded to dentin of a newly universal adhesive. *Journal of Oral Tissue Engineering*, 15(1), 18-24, 2017.
211. De JM, Van BM, Satoshi I, Vargas M, Yoshida Y, Armstrong S ve ark. Microtensile bond strengths of one-and two-step self-etch adhesives to bur-cut enamel and dentin. *American Journal of Dentistry*, 16(6), 414-20, 2003.
212. Ergücü Z, Türkün Ş, Ünlo N, Kanık Ö, Özer F. Tek aşamalı self etching adezivlerin dentine bağlanma dayanımının değerlendirilmesi. *Türk Dişhekimliği Dergisi*, Temmuz 69, 157-62, 2007.
213. Pleffken PR, de Almeida Lourenco AP, Torres C, Buhler Borges A. Influence of application methods of self-etching adhesive systems on adhesive bond strength to dentin. *J Adhes Dent*, 13(6), 517-25, 2011.
214. Amano S, Yamamoto A, Tsubota K, Rikuta A, Miyazaki M, Platt JA ve ark. Effect of thermal cycling on enamel bond strength of single-step self-etch systems. *Operative Dentistry*, Inc, 2006.
215. Demirci M, Özer F, Küşdemir M, Sancaklı H, Karakaya Ş. Adeziv sistemlerin farklı uygulama şekillerinin V. sınıf kavitelerdeki mikrosızıntı üzerine etkileri. *SÜ Diş Hek Fak Derg*, 16, 29-38, 2007.
216. Ergücü Z, Türkün L. Nanokompozitlerin mikrosızıntısında adezivlerin önemi. *EÜ Diş Hek Fak Derg*, 26, 59-64, 2005.
217. Kocabalkan E. Dişhekimliğinde mikrosızıntı ve tespit yöntemleri. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg*, 3(2), 52-56, 1993.
218. Prati C, Simpson M, Mitchem J, Tao L, Pashley DH. Relationship between bond strength and microleakage measured in the same Class I restorations. *Dental Materials*, 8(1), 37-41, 1992.
219. Santini A, Ivanovic V, Ibbetson R, Milia E. Influence of marginal bevels on microleakage around class V cavities bonded with seven self-etching agents. *American Journal of Dentistry*, 17(4), 257-61, 2004.
220. Tagami J, Nikaido T, Nakajima M, Shimada Y. Relationship between bond strength tests and other in vitro phenomena. *Dental Materials*, 26(2), 94-99, 2010.

221. Wahab FK, Shaini FJ, Morgano SM. The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite class v restorations in vitro. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 90(2), 168-74, 2003.
222. Dauvillier BS, Feilzer AJ, De Gee A, Davidson C. Visco-elastic parameters of dental restorative materials during setting. *Journal of Dental Research*, 79(3), 818-23, 2000.
223. Retief D. Do adhesives prevent microleakage? *International Dental Journal*, 44(1), 19-26, 1994.
224. Ferracane J, Aday P, Matsumoto H, Marker V. Relationship between shade and depth of cure for light-activated dental composite resins. *Dental Materials*, 2(2), 80-84, 1986.
225. Retief D. Standardizing laboratory adhesion tests. *American Journal of Dentistry*, 4(5), 231-36, 1991.
226. Bedran-de-Castro A, Cardoso P, Ambrosano G, Pimenta L. Thermal and mechanical load cycling on microleakage and shear bond strength to dentin. *Operative Dentistry-University of Washington-*, 29(1), 42-48, 2004.
227. Piva E, Meinhardt L, Demarco FF, Powers JM. Dyes for caries detection: influence on composite and compomer microleakage. *Clinical Oral Investigations*, 6(4), 244-48, 2002.
228. Williams P, Schramke D, Stockton L. Comparison of two methods of measuring dye penetration in restoration microleakage studies. *Operative Dentistry*, 27(6), 628-35, 2002.
229. Ozturk AN, Ozturk B, Aykent F. Microleakage of different cementation techniques in Class V ceramic inlays. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(12), 1192-96, 2004.
230. Alptekin T, Ozer F, Unlu N, Cobanoglu N, Blatz MB. In vivo and in vitro evaluations of microleakage around Class I amalgam and composite restorations. *Operative Dentistry*, 35(6), 641-48, 2010.
231. Gerdolle DA, Mortier E, Loos-Ayav C, Jacquot B, Panighi MM. In vitro evaluation of microleakage of indirect composite inlays cemented with four luting agents. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(6), 563-70, 2005.
232. Nalçacı A. Self-etch tek şişe bonding sistemlerin sınıf V kavitelerdeki mikrosızıntıya etkisi. *AÜ Diş Hek Fak Derg*, 32(2), 85-90, 2005.
233. Sensi L, Lopes G, Monteiro Jr S, Baratieri L, Vieira L. Dentin bond strength of self-etching primers/adhesives. *Oper Dent*, 30(1), 63-8, 2005.
234. Abo T, Uno S, Sano H. Comparison of bonding efficacy of an all-in-one adhesive with a self-etching primer system. *European Journal of Oral Sciences*, 112(3), 286-92, 2004.
235. Pashley DH, Carvalho R. Dentine permeability and dentine adhesion. *Journal of Dentistry*, 25(5), 355-72, 1997.
236. Tay FR PD, Suh BI, Carvalho RM, Iitthqgarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent*, 30:371–382, 2002.

237. Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW ve ark. Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. *Journal of Adhesive Dentistry*, 7(2), 2005.
238. Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *Journal of Dentistry*, 30(2-3), 83-90, 2002.
239. Rueggeberg F, Margeson D. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *Journal of Dental Research*, 69(10), 1652-58, 1990.
240. Deliperi S, Bardwell D, Wegley C. Restoration interface microleakage using one total-etch and three self-etch adhesives. *Operative Dentistry*, 32(2), 179-84, 2007.
241. Frankenberger R, Tay FR. Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dental Materials*, 21(5), 397-412, 2005.
242. Sadr A, Shimada Y, Tagami J. Effects of solvent drying time on micro-shear bond strength and mechanical properties of two self-etching adhesive systems. *Dental Materials*, 23(9), 1114-19, 2007.
243. Brackett WW, Tay FR, Looney SW, Ito S, Haisch LD, Pashley DH. Microtensile dentin and enamel bond strengths of recent self-etching resins. *Operative Dentistry*, 33(1), 89-95, 2008.
244. Anjum S, Malik A, Sharma S. Evaluation of microleakage in class V restorations with three different adhesive systems. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(6), 497-500, 2017.
245. Gupta A, Tavane P, Gupta PK, Tejolatha B, Lakhani AA, Tiwari R ve ark. Evaluation of microleakage with total etch, self etch and universal adhesive systems in class V restorations: an in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(4), ZC53, 2017.
246. Kaya T. Diş hekimliğinde kullanılan multimod, etch and rinse ve self etch adezivlerin süt ve daimi dişlerin sınıf I restorasyonlarında mikrosızıntı açısından karşılaştırılması, *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Pedodonti Doktora*, 2014.
247. Sadeghi M. Microleakage comparison of three types of adhesive systems versus GIC-based adhesive in class V composite restorations. *Journal of Dental Materials and Techniques*, 5(2), 86-93, 2016.
248. Baygin O KF, Arslan I. Effects of different types of adhesive systems on the microleakage of compomer restorations in class V cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser in primary teeth. *Dent Mater J*, 31(2):20614, 2012.
249. Delme K, Deman P, De Moor R. Microleakage of class V resin composite restorations after conventional and Er: YAG laser preparation. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(9), 676-85, 2005.

250. da Cunha Mello FS-T, Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Sealing ability of eight resin bonding systems in a class II restoration after mechanical fatiguing. *Dental Materials*, 13(5-6), 372-76, 1997.
251. Santini A, Mitchell S. Effect of wet and dry bonding techniques on marginal leakage. *American Journal of Dentistry*, 11(5), 219-24, 1998.
252. Santini A, Mitchell S. Microleakage of composite restorations bonded with three new dentin bonding agents. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 10(6), 296-304, 1998.
253. Vinay S, Shivanna V. Comparative evaluation of microleakage of fifth, sixth, and seventh generation dentin bonding agents: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 13(3), 136, 2010.
254. Owens B, Johnson W. Effect of single step adhesives on the marginal permeability of class V resin composites. *Operative Dentistry*, 32(1), 67-72, 2007.
255. Santini A, Ivanovic V, Ibbetson R, Milia E. Influence of cavity configuration on microleakage around class V restorations bonded with seven self-etching adhesives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 16(2), 128-35, 2004.
256. Al-Ehaideb A, Mohammed H. Microleakage of "One Bottle" dentin adhesives. *Operative Dentistry*, 26(2), 172-75, 2001.
257. Cagidiaco M, Ferrari M, Vichi A, Davidson C. Mapping of tubule and intertubule surface areas available for bonding in class V and Class II preparations. *Journal of Dentistry*, 25(5), 379-89, 1997.
258. Tay F, Gwinnett A, Pang K, Wei S. Variability in microleakage observed in a total-etch wet-bonding technique under different handling conditions. *Journal of Dental Research*, 74(5), 1168-78, 1995.
259. Önal B, Özata F, Diekwisch GTH. Dis sert dokularında taramalı elektron mikroskobu atlası. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 2003.
260. Newbrun E, President-elect I, Briscoe LM, O'Hanlon M. Dental research: problems, progress, and prognosis. *J Dent Res*, 68(10), 1377-78, 1989.
261. Avery JK. *Dentin: essentials of oral histology and embryology*. St. Louis, Mosby Inc, 1992.
262. Bağış YH MK, Tarakçıoğlu A. Beş farklı adeziv restoratif sistem kullanılarak yapılan class V restorasyonlarda mikrosızıntının incelenmesi. *AÜ Diş Hek Fak Derg*, 30(3): 207-214, 2003.
263. Çelik Ç, Yonca Ö, Karabulut E. Kavite dezenfektanı uygulamasının farklı dentin adeziv sistemlerin mikrosızıntısına etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, (2), 2007.
264. Pfeifer CSC, Braga RR, Cardoso PEC. Influence of cavity dimensions, insertion technique and adhesive system on microleakage of class V restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 137(2), 197-202, 2006.

265. Van Dijken J. Clinical evaluation of three adhesive systems in class V non-carious lesions. *Dental Materials*, 16(4), 285-91, 2000.



8. ÖZGEÇMİŞ


Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Seda ÖZKANOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi	Samsun-1991
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı, 58140, Merkez / SİVAS
E-posta Adresi	sedaozkanoglu1@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Bafra Anadolu Lisesi, 2005-2009
Lisans-Yüksek Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, 2010-2015
Uzmanlık	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, 2016-2019

9. EKLER

	CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU
---	---

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Üç farklı üniversal adeziv sistemin dentine makaslama bağlanma dayanımlarının ve mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırılması
-----------------------	--

BİLGİLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ		
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama		
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>		
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input type="checkbox"/>		
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>		
	İLAN	<input type="checkbox"/>		
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>		
	SONLUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>		
	DİĞER:	<input type="checkbox"/>		
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 2018-01/30	Tarih: 26.09.2018		
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmacı/çalışmanın gereke, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmacı/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerden gerekli izin alınarak gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.			

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu, Helsinki Bildirgesi, Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul Yönergesi
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Muhittin Sönmez

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişkisi	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Muhittin Sönmez	Anatomi	Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>M. Sönmez</i>
Prof. Dr. Yalçın Karagöz	Biyoistatistik	Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>Y. Karagöz</i>
Doç. Dr. Hatice Özer	Patoloji	Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>H. Özer</i>
Doç. Dr. Ercan Özdemir	Fizyoloji	Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>E. Özdemir</i>
Doç. Dr. Gulay Yıldırım	Tıp Tarihi ve Etik	Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>G. Yıldırım</i>
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Atas	Farmasötik Mikrobiyoloji	Cumhuriyet Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>M. Atas</i>
Yrd. Doç. Dr. Binnur Bağcı	Beslenme ve Diyetetik	Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi	E <input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>B. Bağcı</i>
Yrd. Doç. Dr. Engin Altınkaya	İç Hastalıklar	Cumhuriyet Üniversitesi, Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>E. Altınkaya</i>
Yrd. Doç. Dr. Melih Ülgey	Protetik Diş Tedavisi	Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/>	<i>M. Ülgey</i>

* : Toplantıda bulunma

Etik Kurul Başkanının

Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Muhittin Sönmez

İmza:



**CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK
ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU**

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Üç farklı universal adeziv sistemin dentine makaslama bağlanma dayanımlarının ve mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırılması
-----------------------	--

ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Cumhuriyet Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı, Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı TR-58140 Merkez/Sivas
	TELEFON	0 346 219 10 10 / Dahili: 2092
	FAKS	-
	E-POSTA	gokack2014@gmail.com

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç. Dr. Emine Gülşah Göktolga Akın		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Restoratif Diş Tedavisi		
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı		
	DESTEKLEYİCİ	-		
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	-		
	ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	Uzmanlık tezi		
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Muhittin Sönmez
İmza: