



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**FARKLI YAPAY YAŞLANMA PROTOKOLLERİNİN SELF-ETCH
ADEZİVLERİN SIZDIRMAZLIK ÖZELLİĞİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
İNCELENMESİ**

Fulya AYDIN

**DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Gürkan GÜR**

**ANKARA
2019**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI YAPAY YAŞLANMA PROTOKOLLERİNİN SELF –
ETCH ADEZİVLERİN SIZDIRMAZLIK ÖZELLİĞİ ÜZERİNDEKİ
ETKİSİNİN MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE
İNCELENMESİ**

Fulya AYDIN

**DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Gürkan GÜR**

**ANKARA
2019**

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum "Farklı yapay yaşlanma protokollerinin self-etch adezivlerin sızdırmazlık özelliği üzerindeki etkisinin mikro bilgisayarlı tomografi ile incelenmesi " başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan klinik çalışma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Uzmanlık Öğrencisinin

Adı Soyadı

Tarih

İmza

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Diş Hastalıkları ve Tedavisi Uzmanlık Programı

çerçevesinde yürütülmüş olup bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından

Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

30/04/2019

Prof. Dr. Gürkan GÜR

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Diş Hastalıkları ve Tedavisi A.B.D.

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Perihan ÖZYURT

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Diş Hastalıkları ve Tedavisi A.B.D.

Prof. Dr. Oya BALA

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Diş Hastalıkları ve Tedavisi A.B.D.

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----|
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ÖNSÖZ | vi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR..... | vii |
| ŞEKİLLER..... | ix |
| ÇİZELGELER..... | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Adezyon | 1 |
| 1.2. Adeziv Dişhekimliği | 2 |
| 1.3. Minenin Yapısı ve Mineye Bağlanma..... | 3 |
| 1.4. Dentinin Yapısı ve Dentine Bağlanma..... | 4 |
| 1.5. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması | 6 |
| 1.5.1. Adeziv Sistemlerin Gelişimlerine Göre Sınıflandırılması | 7 |
| 1.5.2. Adeziv Sistemlerin Smear Tabakası ile İlişkilerine Göre Sınıflandırılması | 8 |
| 1.5.3. Adeziv Sistemlerin Klinik Uygulamalara Göre Sınıflandırılması | 10 |
| 1.6. Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı | 16 |
| 1.6.1. Mikrosızıntı araştırma yöntemleri..... | 17 |
| 1.7. Ağız İçi Koşulları Taklit Etmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri..... | 26 |
| 1.7.1. Sıvı Ortamda Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi | 26 |
| 1.7.2. Termal Siklus ile Yaşlandırma..... | 28 |
| 1.7.3. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma Yöntemi | 29 |
| 1.8. Amaç | 30 |

| | |
|---|----|
| 2. MATERYAL METOD | 31 |
| 2.1. Örneklerin Toplanması ,Hazırlanması ve Kavite Preparasyonu | 32 |
| 2.2. Örneklerin Gruplandırılması ve Restorasyon Prosedürleri | 32 |
| 2.3. Yaşlandırma Yöntemleri | 35 |
| 2.4.1. 24 Saat Suda Yaşlandırma | 35 |
| 2.4.2. 1 Yıl Suda Yaşlandırma | 36 |
| 2.4.3. Termal Siklus ile Yaşlandırma..... | 36 |
| 2.4.4. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma | 37 |
| 2.5. Mikro-BT ile Mikrosızıntının Değerlendirilmesi..... | 39 |
| 2.6. İstatistik | 41 |
| 3. BULGULAR | 43 |
| 4. TARTIŞMA | 46 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 57 |
| KAYNAKÇA | 58 |
| ÖZET..... | 76 |
| SUMMARY | 77 |
| ÖZGEÇMİŞ | 78 |

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca sabrını ve yardımlarını benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak bana yol gösteren ve tez çalışmamda emeği geçen değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Gürkan GÜR'e,

Bana verdikleri eğitim ve destekleri nedeniyle, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı'nda görevli tüm değerli hocalarıma, Akademik ve özel hayatımda bilgi ve düşünceleriyle beni aydınlatarak ilgisini, iyi niyetini ve sevgisini benden esirgemeyen, insan ve eğitimci olarak her zaman örnek aldığım çok sevdiğim canım ablam Dr. Dt. Gülbike Demirel'e,

Çalışmamın sonuçlarının değerlendirilmesine olan katkısı ve yardımları için sevgili abim Doç. Dr. İsmail Baltacıoğlu'na,

Berber çalışmaktan mutluluk duyduğum Dt. Tuğçe Tartıcı , Dt. Bilge Ersöz, Dt.Ceren Değer, Dt. Yasemin Dedeğa, Dt. Orhun Karacan ve diğer bölüm arkadaşlarıma,

Hayatımın her anında desteklerini hissettiğim,varlıklarıyla beni mutlu eden canım arkadaşlarım Elif Mutaçlılar, Betül Ursavaş, Yeşim Ünlübaş ,Ali Ursavaş, Pelin Sönmez, Özge Demirtaş 'a,

Hayatımın her döneminde önemli kararlarımda yol gösterici olan, beni her konuda destekleyen bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve varlıkları ile bana güç veren sevgili aileme ,

Tez yazım dönemimde sevgisini ve desteğini hep yanımda hissettiğim, umutsuzluğa düştüğüm anlarda sabırla bana moral veren, kendimi çok şanslı hissettiren, çok sevdiğim eşim Görkem Aydın ve sevgili Aydın ailesine ,

Sonsuz teşekkürler.

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|----------|--|
| % | Yüzde |
| (+) | Pozitif |
| < | Küçüktür |
| > | Büyüktür |
| °C | Santigrat derece |
| µm | Mikrometre |
| 1Hz | Hertz |
| Bis-ema | Bisfenol A etil metakrilat |
| Bis-GMA | Bis-fenol A glisidil metakrilat |
| cm | Santimetre |
| dk | Dakika |
| g | Gram |
| HA | Hidroksiapatit |
| HEMA | Hidroksietil metakrilat |
| LED | Light Emitting Diode |
| MDP | Methacryloyloxydecylhydrogenphosphate |
| Micro-BT | Mikro Bilgisayarlı tomograf |
| mm | Milimetre |
| MMA | Metil Metakrilat |
| MPa | Megapaskal |
| Mw | Megawatt |
| NPG-GMA | N-(2-hidroksil-3-metakriloksipropil)-N-fenilglisin |

| | |
|--------|------------------------------|
| OH | Hidroksil İyonu |
| pH | Power of hydrogen |
| s | Saniye |
| TEGDMA | Tri Etil Glikol Dimetakrilat |
| TEM | Taramalı Elektron Mikroskobu |
| UDMA | Üretan dimetakrilat |
| UV | Ultraviyole |



ŞEKİLLER

| | |
|--|----|
| Şekil 1.1. Klinik uygulama aşamalarına göre adeziv sistemlerin sınıflandırılma..... | 10 |
| Şekil 2.1. Otomatrix bandı yerleştirilmiş kavite (A) ve Restorasyonların tamamlanmış hali (B). | 33 |
| Şekil 2.2. Çalışma da kullanılan adezivlerin ve yaşlandırma yöntemlerinin sınıflandırılma..... | 35 |
| Şekil 2.3. Termal siklus | 36 |
| Şekil 2.4. Akriliğe gömülmüş örnekler..... | 37 |
| Şekil 2.5. Örneklerin çiğneme simülatöründe termo-mekanik olarak yüklenmesi..... | 38 |
| Şekil 2.6. Termo-mekanik yüklemenin sıcaklık aralıkları..... | 39 |
| Şekil 2.7. Termo-mekanik yüklemenin kuvvet, hız ve siklus değerleri..... | 39 |
| Şekil 2.8. Micro-BT | 40 |
| Şekil 3.1. Diş-restorasyon kompleksinin mikro-BT ile elde edilen X-ışını projeksiyon görüntüsü. | 44 |
| Şekil 3.2. Termo-mekanik yaşlandırılmış örneklerin AgNO ₃ penetrasyonunun mikro –bt ile elde edilen X-ışını projeksiyon görüntüsü. | 45 |

ÇİZELGELER

| | |
|--|----|
| Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan materyallerin içerikleri, uygulama şekilleri ve üretici firmalar | 34 |
| Çizelge 2. 2. Anova tablosu | 42 |
| Çizelge 3.1. Örneklerin dentin-restorasyon arayüzlerinde hesaplanan AgNO ₃ penetrasyonunun (mikro-BT) hacmi (ortalama ± standart sapma). | 43 |



1. GİRİŞ

Diş çürüğü, insanların yaş, cinsiyet ve etnik köken gözetmeksizin etkileyen enfeksiyöz bir hastalıktır (Dowker ve ark., 1999) ve diş hekimliği pratiğinin temel ilgi alanlarından birini oluşturur. Çürük uzaklaştırma yöntemleri G.V. Black'den beri gelişmektedir. Black ile gündeme gelen “koruma için genişletme ilkesi” günümüzde geçerliliğini yitirmiştir. Rezin restoratif materyaller ve bunların dişe bağlanmasını sağlayan adeziv sistemlerin geliştirilmesi ile dişte madde kaybını en aza indiren “minimal müdahale” kavramı gündeme gelmiştir (Tyas ve ark., 2000).

İdeal bir restoratif materyalden beklenen özelliklerden birisi, mikrosızıntıyı engelleyebilmesi ve diş dokularına güçlü adezyon göstermesidir. Mikrosızıntı; restoratif materyal ile kavite duvarı arasından bakteri, oral sıvı, molekül ve iyon geçişi olarak tanımlanır (Kidd ve Beighton, 1996). En ciddi post-operatif komplikasyonlar, restorasyon arayüzünde meydana gelen mikrosızıntı nedeniyle oluşur. Mikrosızıntının en önemli komplikasyonları post-operatif hassasiyet, sekonder çürük, marjinal renklenme, pulpa enflamasyonu ve nekrozu sonunda oluşabilecek endodontik tedavi gerekliliğidir (Mali ve ark., 2006).

1.1. Adezyon

Adezyon farklı materyallerin temastaki yüzeylerindeki moleküller ve atomlar arasındaki etkileşim olarak tanımlanır (DeBruyne ve Howwink, 1951; Wake, 1982). Adezyon üç farklı mekanizma ile gerçekleşir:

Fiziksel adezyon: Hidrojen bağları, Van der Waals kuvvetleri veya diğer elektrostatik etkileşimler gibi sekonder kuvvetler sonucu farklı yapıdaki düz yüzeyler arasında gerçekleşen zayıf bir bağlanma türüdür (Duncan, 2003; Roberson ve ark., 2002).

Kimyasal adezyon: Farklı yapıdaki atomların yüzeyleri arasında oluşan bağlanmadır. İyonik, kovalent, metalik bağlar gibi primer kimyasal bağların etkisi ile oluşur (Duncan, 2003; Roberson ve ark., 2002).

Mekanik adezyon: Geometrik ve reolojik etkenlere bağlı olarak düzensiz yüzeyler arasında meydana gelen güçlü kilitlenmedir. Yüzey pürüzlülüğü veya mikroskobik porözitenin neden olduğu mekanik bağlanma geometrik etkenlere, materyalin akışkanlık özelliğinden dolayı bir çıkıntı etrafına akması ve büzülerek tutunması ise reolojik etkenlere örnektir. Bağlantı yüzeyindeki pürüzlülük mikrometre boyutlarında ise, buna mikromekanik tutuculuk denir (Duncan, 2003; Roberson ve ark., 2002).

1.2. Adeziv Dişhekimliği

1955 yılında Buonocore tarafından asitle pürüzlendirme yönteminin bulunmasının ardından, mine/dentin adezivlerinin ve minimal kavite preparasyonlarının gündeme gelmesiyle, daha estetik tedaviler yapılmaya başlanmıştır (Goncalves ve ark., 2002). Böylece restoratif materyaller için geliştirilmiş ve zamanla gelenekselleşmiş olan mekanik tutuculuk prensipleri, yerini korumak için genişletme prensibini ortadan kaldıran, daha konservatif adeziv preparasyon tekniklerine bırakmış ve bu yeni yaklaşım sayesinde, adeziv dişhekimliği kavramı ortaya çıkmıştır (Dayangaç, 2000; Perdigao ve Swift, 2006; Van Meerbeek ve ark., 2003).

Dental adeziv sistemler restoratif materyali dentin ve/veya mineye bağlar. Bu sistemler düzenleyici (asit), primer ve adeziv rezinden oluşurlar. İdeal adeziv sistemde bulunması gereken kriterler şu şekildedir (Phillips ve Ryge, 1961):

-Dentine uygulamadan hemen sonra yüksek bağlanma değeri göstermeli ve bunu devam ettirmeli

- Dentinde mineye benzer bağlanma göstermeli
- Pulpa dahil olmak üzere dental dokularla biyouyumlu olmalı
- Restorasyon marjinlerinde mikrosızınyı en aza indirmeli
- Marjinal renklenme ve tekrarlayan çürükleri engellemeli
- Kullanımı kolay ve teknik hassasiyeti az olmalı
- Raf ömrü uzun olmalıdır.

1.3. Minenin Yapısı ve Mineye Bağlanma

Mine dokusu ağırlıkça %95 inorganik, %4 organik, %1 su; hacimce ise %86 inorganik, %2 organik, %12 su içeriğe sahiptir. Mine dokusu dentinden daha fazla inorganik madde içerir, daha yüksek yüzey enerjisine sahiptir, daha az su içerir. Bu özellikleri ile mine dokusu adezivlerin bağlanmasına dentinden daha elverişlidir (Moll ve ark., 2002).

Buonocore 1955 yılında yapmış olduğu çalışmada, asit uygulamasının, mine yüzeyine bağlanmayı daha uygun hale getireceğini rapor etmiştir. Bu amaçla diş dokularına farklı konsantrasyonlarda fosforik asit uygulamış ve sonuç olarak, özellikle çürükten etkilenmiş dokularda yeterli demineralizasyonun sağlanması için ideal fosforik asit konsantrasyonun %32-35 olduğunu bildirmiştir (Breschi ve ark., 2003; Hobson ve McCabe, 2002; Macari ve ark., 2002). Günümüzde kullanılan pürüzlendirme ajanları genellikle %30-40'lık fosforik asit içermektedir. Minenin asitlenmesinin amaçları; mineyi temizlemek, minedeki smear tabakasını uzaklaştırmak, prizmatik ve interprizmatik mineral kristallerini uzaklaştırarak mikropöröziteyi ve minenin yüzey enerjisini arttırmaktır (Cardoso ve ark., 2005; Gökalp ve Kiremitçi, 2001; Macari ve ark., 2002; Van Meerbeek ve ark., 2003).

1.4. Dentinin Yapısı ve Dentine Bağlanma

Dentinin kimyasal yapısı ağırlıkça %70 inorganik, %18 organik ve %12 su; hacimce %50 inorganik, %25 organik, %25 sudur (Gökalp ve Kiremitçi, 2001; Roberson ve ark., 2002; Summitt ve ark., 2006).

Dentin içerisinde içi sıvı dolu çok sayıda tübül vardır. Tübüller iyi mineralize olmuş peritübüler dentinle sarılmıştır. Tübüller arasında mineralizasyonları peritübüler dentinden daha az olan intertübüler dentin bulunur. Hücre gövdeleri pulpa odası çeperine sıralanmış odontoblastların protoplazmik uzantıları ve dentin lenfi ile dolu olan tübüller, pulpadan başlayıp dentin içerisinden geçerek mine-dentin sınırına ulaşırlar (Montes ve ark., 2005; Moll ve ark., 2002; Roberson ve ark., 2002; Tay ve ark., 2005).

Tübüller içerisindeki sıvı intrapulpal basınç ile pulpadan dış yüzeye doğru hareket eder. Dinamik yapıda olan dentinde devamlı bir sıvı hareketi vardır (Moll ve ark., 2002). Açılmış dentinde tübüller içerisindeki sıvının pulpadan dışarıya doğru olan hareketine transdental geçirgenlik denir. Transdental geçirgenlik dentinin yapısına ve kimyasal içeriğindeki bölgesel farklılığa bağlı olarak değişkenlik göstermekte ve dentin yüzeyinin sürekli nemli olmasına neden olmaktadır (Andia-Merlin ve ark., 2001; Cardoso ve ark., 2005; Montes ve ark., 2005; Reis ve ark., 2007).

Yüzeyel dentinde %96 intertübüler dentin, %3 peritübüler dentin ve %1 su bulunurken; pulpa yakınındaki derin dentinde %12 intertübüler dentin, %66 peritübüler dentin ve %22 oranında da su bulunmaktadır (Duncan, 2003; Roberson ve ark., 2002). Ortalama mineral içeriği dentinin derinliği ile değişmemesine rağmen kollajenden zengin intertübüler dentinin miktarı dentin derinliği arttıkça azalmakta, hipermineralize peritübüler dentin miktarı ise artmaktadır. Dentinin kollojen miktarı da yüzeyel dentinden derin dentine doğru azalmaktadır (Moll ve ark., 2002; Reis ve ark., 2007). Pulpa yakınındaki dentinin hacimce %28'ini oluşturan tübüller, mine-dentin sınırındaki dentinin

%4'ünü oluşturur (Montes ve ark., 2005; Pangsrisonboon ve ark., 2007). Ayrıca pulpaya yakın olan dentindeki tübül sayısı ve çapı, mine-dentin sınırındaki tübül sayısı ve çapına göre daha fazladır (Gökalp ve Kiremitçi, 2001; Roberson ve ark., 2002; Summitt ve ark., 2006).

Bu faktörlerle beraber pulpaya yakın bölgedeki dentin dokusunun daha ince olmasına bağlı olarak geçirgenliğin artması, bu bölgedeki dentin yüzeylerinde adezivlerin bağlanma dayanımının daha düşük olmasına neden olur (Gökalp ve Kiremitçi, 2001; Moll ve ark., 2002; Reis ve ark., 2007; Peumans ve ark., 2005).

Dentinin yapısında mineye göre daha fazla su ve özellikle Tip I kollajen olmak üzere daha fazla organik madde bulunması, heterojen yapısı, pulpa kaynaklı hidrostatik basınç, tübüller içerisindeki nem ve smear tabakasının varlığı, dentine bağlanmayı mineye bağlanmadan daha zor hale getirmektedir (Gökalp ve Kiremitçi, 2001; Montes ve ark., 2005; Moll ve ark., 2002; Perdigao ve ark., 2006; Reis ve ark., 2007).

Smear tabakası; kavite preparasyonu sırasında frez ya da benzeri kesici el aletleri ile yapılan işlemler sonucunda dentine yapışık bir halde ortaya çıkan ve yapısında inorganik dentin parçacıkları, denature kollojen, odontoblast uzantıları, kan hücreleri, bakteri ve tükürük içeren yapıdır. Smear tabakası yaklaşık 1-5 µm kalınlıkta olup gözenekli ve amorf görünümündedir (Roberson ve ark., 2002; Duncan, 2003; Montes ve ark., 2005; Pangsrisonboon ve ark., 2007). Bu tabaka bir difüzyon bariyeri gibi görev yaparak dentin yüzeyini örter, dentin tübüllerinin ağızlarını kısmen tıkayıp 1-2 µm'lik smear tıkaçları (smear plug) oluşturur. Böylece tübül içindeki sıvı hareketlerini ve dentin geçirgenliğini azaltır, ağız sıvılarının, mikroorganizma ve toksinlerinin pulpaya difüzyonuna engel olur (Macari ve ark., 2002; Reis ve ark., 2007).

Dentine asit uygulandığında; smear tabakası, dentinin 1-10 µm'lik mineral yüzeyi ve dentin kanallarının ağızını tıkayan smear tıkaçları uzaklaştırılır (Breschi ve ark., 2003;

Montes ve ark., 2005; Tay ve ark., 2005). Asitleme sonucu kollajende oluşan nano boşlukları dolduran rezin materyal, aynı zamanda ortamda kalan hidroksiapatitlerle de karışarak yeni bir yapı oluşturur (Moll ve ark., 2002; Tay ve ark., 2005). Bağlanmanın bir kısmı, dentin kanallarının içerisine uzanan rezin uzantıları sayesinde meydana gelse de; bağlanma dayanıklılığı büyük ölçüde adeziv rezinin, demineralize intertübüler dentin ve açığa çıkmış kollajen lifleri arasına penetre olup, buraya adapte olması sonucu oluşur. Kollajen, kopolimer ve polimer ile sarılmış hidroksiapatiden oluşan rezinle güçlendirilmiş, aside dirençli bu tabakaya hibrit tabaka, oluşum sürecine de hibridizasyon denir (Nakabayashi ve ark., 1992; Dayangaç, 2000; Perdigao ve Swift, 2006; Van Meerbeek ve ark., 2006).

1.5. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması

Dentin adeziv sistemler restoratif materyali dentin ve/veya mineye bağlar. Bu sistemler asit (düzenleyici), primer ve adeziv ajandan oluşurlar. Adeziv genellikle asitlenmiş dokuya nüfuz eden ve yakın teması sağlayan, polimerize olduktan sonra mine ve dentin ile restoratif materyal arasında güçlü bağ yapan bir monomerdur (Dayangaç, 2000).

Yıllar boyunca, adeziv sistemlerde pek çok modifikasyon yapılmıştır. Her bir modifikasyon, restoratif materyal ile dentin arasındaki bağlanmayı önemli ölçüde geliştirmiştir. Üreticiler ve kullanıcılar bu değişiklikleri nesil terimi ile birbirinden ayırmışlardır (Leinfelder, 2001). Rezin esaslı dolgu materyallerinin dentin ile bağlantısının gerçekleştirilmesini sağlayan dentin adeziv sistemler için kabul edilen eski sınıflandırma sistemi, bu gelişim basamaklarına göre yapılan sınıflamadır. Ancak günümüzde dentin adeziv sistemlerin klinik uygulama biçimlerine göre sınıflandırılması daha fazla tercih edilmektedir (Van Meerbeek ve ark., 2001a).

1.5.1. Adeziv Sistemlerin Gelişimlerine Göre Sınıflandırılması

Birinci nesil adeziv sistemler: 1962 yılında birinci nesil dentin adezivler olarak adlandırılan, N-(2-hidroksil-3-metakriloksipropil)-N-fenilglisin (NPG-GMA) kökenli adeziv sistemleri üretilmiştir. Bu nesildeki dentin adezivler hidroksiapatite kovalent, kollajene ise iyonik bağlarla tutunurlar. Asitle pürüzlendirme yapılmadan smear tabakası üzerine direkt olarak uygulanırlar ve bağ dayanımları yalnızca 2-6 MPa kadardır (Bowen, 1965; Dayangaç, 2000).

İkinci nesil adeziv sistemler: 1980'li yılların başında geliştirilen bu adeziv sistemler, Bis-GMA (Bis-fenol A glisidil metakrilat) veya HEMA (hidroksi etil metakrilat) gibi rezinlerin halofosfat esterleridir. Bunlar hidroksiapatitdeki pozitif yüklü kalsiyum iyonları ile rezin içerisindeki negatif yüklü fosfat iyonları arasında iyonik etkileşim oluşturarak 1-10 MPa kadar bir bağlanma dayanıklılığı gösterirler (Dayangaç, 2000; Kugel ve Ferrari, 2000).

Üçüncü nesil adeziv sistemler: 1984 yılında geliştirilen üçüncü nesil adeziv sistemlerde, smear tabakası modifiye edilerek ya da tamamen ortadan kaldırılarak rezinin dentine penetrasyonu sağlanır. Ancak bu sistemle de 3-8 MPa gibi düşük bağ dayanımları elde edilmiştir (Dayangaç, 2000).

Dördüncü nesil adeziv sistemler: Total-etch tekniğinin kullanılması, 1990'lı yılların başında geliştirilen dördüncü nesil adeziv sistemlerin karakteristik özelliğidir. İlk kez bu nesilde hibrit tabaka tanımlanmış ve nemli bağlanma konsepti tanıtılmıştır. Bu nesilde geliştirilen adeziv sistemlerin bağ dayanımları 12-17 MPa arasındadır (Zorba ve ark., 2004).

Beşinci nesil adeziv sistemler: 1990'lı yılların başında çok aşamalı sistemlerin klinik uygulama zorluklarının önüne geçebilmek amacıyla primer ve adezivin bir arada

kullanımını sağlayan ‘one-bottle’ sistemler tanıtılmıştır. Beşinci nesil adeziv sistemler 14-28 MPa gibi nisbeten yüksek bağ dayanımı segilerler (Craig ve Powers, 2002; Kugel ve Ferrari, 2000).

Altıncı nesil adeziv sistemler: 1990’lı yılların sonu ve 2000’lerin başında self-etch primerler tanıtılmıştır. Böylece asitle pürüzlendirme ve yıkama gibi uygulama basamakları elimine edilmiş, smear tabakasını tamamen kadırmak yerine modifiye ederek post-operatif hassasiyetin engellenebileceği öngörülmüştür. Ayrıca altıncı nesil adeziv sistemlerle dentinde 20-35 MPa gibi yüksek bağ dayanımları elde edilmiştir (Craig ve Powers, 2002; Kugel ve Ferrari, 2000; Zorba ve ark., 2004).

Yedinci nesil adeziv sistemler: 2002’li yılların sonunda üretilen bu adeziv sistemler ‘all-in-one’ diye tanımlanan self-etching primer ve bonding ajanın aynı anda uygulandığı adezivlerdir (Zorba ve ark., 2004)

Dentin adeziv sistemlerin kronolojik sınıflandırmasının, adeziv sistemleri bilimsel bir temele dayanarak tasnif etmediği belirtilmektedir (Tyas ve Burrow, 2004; Van Meerbeek ve ark., 2001a). Van Meerbeek ve ark.’ları (2001a) adeziv sistemlerin klinik uygulama basamaklarına ve dentin yapısıyla ilişkilerine göre sınıflandırılmasını önermişlerdir.

1.5.2. Adeziv Sistemlerin Smear Tabakası ile İlişkilerine Göre Sınıflandırılması

Adeziv dişhekimliği literatüründe smear tabakasının tamamen kaldırılması ya da modifiye edilmesi ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Araştırmacıların bir kısmı, smear tabakasının mikroorganizma ve toksinlerin pulpaya ulaşmasında bir engel olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu araştırmacılara göre smear tabakası bir difüzyon bariyeri gibi işlev görerek dentinin geçirgenliğini %86 oranında azaltmaktadır. Bu nedenle ilk adeziv sistemlerde smear tabakasını kaldırmadan dentine bağlanma denenmiş ancak başarılı

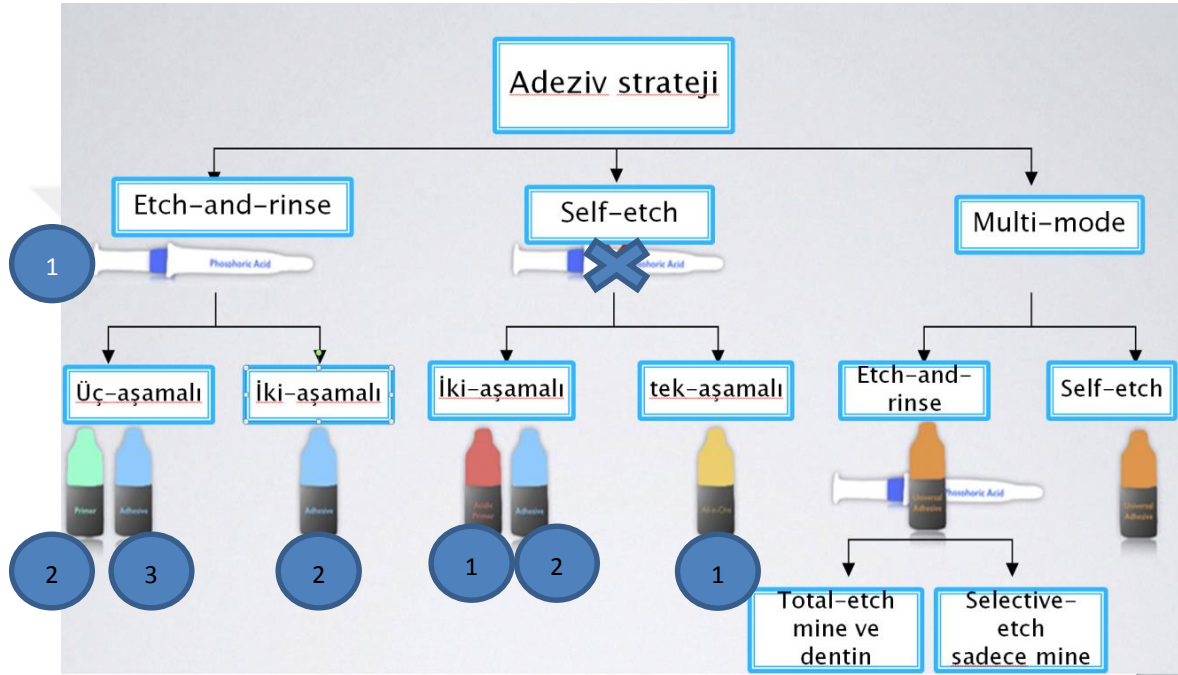
sonuçlar alınamamıştır. Günümüzde kullanılan dental adezivlerde ise smear tabakası ortadan kaldırılmakta ya da modifiye edilmektedir (Roberson ve ark., 2005; Swift ve ark., 1995; Van Meerbeek ve ark., 2001a). Smear tabakasının tamamen kaldırılması ya da modifiye edilmesi esasına dayanarak adeziv sistemler 2 grupta sınıflandırılabilir.

Smear tabakasının üzerine uygulanan adeziv sistemler; Bu tür adeziv sistemler (1. ve 2. nesil) direkt olarak smear tabakasına bağlanmaktadır. Arzu edilen klinik başarı elde edilemediğinden kullanımları terk edilmiştir (Dayangaç, 2000). Smear tabakasını tamamen ortadan kaldıran adeziv sistemler; Etch-rinse adeziv sistemler olarak bilinirler. Bu sistemler mine ve dentine asit uygulanmasıyla smear tabakanın uzaklaştırılması ve hibrit tabaka oluşumu hedeflenmektedir. Smear tabakanın tamamen ortadan kaldırılması, hidrodinamik sıvı hareketine bağlı olarak gelişen dentin hassasiyeti, açık dentin kanallarından tübüllerinden pulpaya bakteri geçişi olasılığı ve uygulanan asitlerin pulpa dokusunda oluşturabileceği sitotoksik etkiler gibi çeşitli olumsuzluklara neden olabilmektedir (Dayangaç, 2000 ;Van Landuyt ve ark., 2005).

Smear tabakayı modifiye eden bağlayıcılar: Smear tabakayı modifiye eden bağlayıcılar, smear tabakanın doğal bir bariyer görevi gördüğü, pupayı bakteri istilasından koruduğu ve pulpa sıvısının dentin tübüllerinden dışarı çıkışını kısıtlayarak bağlanmaya katkı sağladığı görüşüne bağlı kalınarak geliştirilmiştir. Polimerize olan monomer modifiye edilen smear tabakasına mikromekanik olarak, altındaki dentine ise zayıf kimyasal bağlanma ile tutunmaktadır. Ancak rezinin dentine tutunması kısıtlı olduğundan bu bağlayıcılarla yeterli bağlanma elde edilememiştir (Fusayama, 1979).

1.5.3. Adeziv Sistemlerin Klinik Uygulamalara Göre Sınıflandırılması

Günümüzde klinik uygulama aşamalarına göre adeziv sistemlerin sınıflandırılması Şekil 1.1 de gösterilmektedir (Sezinando, 2014).



Şekil 1.1. Klinik uygulama aşamalarına göre adeziv sistemlerin sınıflandırılma

1.5.3.1. Total-Etch Adeziv Sistemler

Total-etch mine ve dentinin tipik olarak fosforik asit ile pürüzlendirilmesi tekniğidir. Swift ve ark.'ları (1995), dentinin asitle pürüzlendirilmesinin ilk kez 1966 yılında Fusayama tarafından kullanıma sunulduğunu, ancak total-etch fikrinin 1990'larda kabul gördüğünü bildirmişlerdir.

Dentin dokusuna asit uygulaması ile gerçekleşen mikromekanik tutuculuk, rezin-dentin bağlantısındaki en önemli mekanizmadır. Aynı anda fakat farklı sürelerde mine ve dentine genellikle % 30-40 fosforik asit uygulaması ile smear tabakasının, tamamen veya

kısmen kaldırılması ile dentin dokusunda 3-5 µm veya daha fazla derinlikte demineralizasyon alanı oluşmaktadır (Summitt ve ark., 2006). Ayrıca asit uygulaması dentin kanallarının ağızlarının açılmasına, kollajen fibrillerin açığa çıkarılmasına, intertübüler dentinin pörözitesinin artmasına neden olur. Kullanılan asidin tipine, uygulama süresine, konsantrasyonuna, pH derecesine göre demineralizasyonun derinliği farklılık göstermektedir (Nakabayashi ve Pashley, 1998). Primer uygulaması dentinin ıslanabilirliği ve yüzey gerilimini artırarak dentinin adeziv penetrasyonu için hazır hale gelmesini sağlamaktadır (Erickson, 1992; Van Meerbeek ve ark., 2001a). Total-etch adeziv sistemler üç basamaklı ve iki basamaklı olmak üzere iki ana grup altında incelenebilir.

Üç basamaklı total-etch sistemler: Kimyasal kompozisyonları ve uygulama teknikleri bir materyalden diğerine farklılıklar göstermesine rağmen bu adeziv sistemler üç ana basamak içerirler (Swift ve ark., 1995). İlk adım, fosforik asit (%30-40'luk) uygulamasıdır. Bu işlem 'inorganik dokuyu etkileyerek dentin tübüllerini açar, intertübüler ve peritübüler dentini dekalsifiye eder. Daha sonra asit su ile yıkanarak smear tabakası uzaklaştırılır. İkinci adım, bir veya daha fazla bifonksiyonel rezin monomerle birlikte, aseton, etanol ve su gibi çözücülerden bir veya birkaçını içeren primer uygulamasıdır. Üçüncü adımda adeziv sistem uygulanır ve primer uygulanmış dentine penetre olur. Tipik bir adeziv sistem Bis-GMA içerir, ancak birçok adeziv sistem ıslanabilirliği artırmak için daha hidrofilik bir rezin olan HEMA da içermektedir (De Munck ve ark., 2005).

Asit, primer, adeziv uygulamasının birbirini takip ederek uygulandığı üç aşamalı etch-rinse adeziv sistemlerin teknik hassasiyet gerektirmesi, uygulama zamanının fazla olması nedeni ile kullanım kolaylığı sağlamak amaçlı basitleştirilmiş iki aşamalı etch-rinse adeziv sistemler geliştirilmiştir. Bu adeziv sistemlerde primer ve adeziv tek aşamada uygulanmaktadır. Ancak yapılan birçok in vitro ve klinik çalışmalarda üç aşamalı etch-rinse adeziv sistemlerin iki aşamalı etch-rinse adeziv sistemlere göre daha yüksek performans gösterdiği bildirilmiştir (Pashley ve ark., 2011).

Bu adeziv sistemlerin başarıyla uygulanmasında nemli bağlanma tekniği oldukça önemlidir. Nemli bağlanma tekniğinde asit uygulandıktan ve yıkandıktan sonra dentin yüzeyi tamamen kurutulmaz, hafif nemli bırakılır. Böylece kollajen fibrillerin çökmesi önlenir. Adeziv rezin içeriğindeki aseton ya da etanol çözücü su ile yer değiştirerek kollajen ağ içerisine rezinin penetrasyonu gerçekleşir. Bu adeziv sistemlerin başarıyla uygulanmasında nemli bağlanma tekniği oldukça önemlidir. Aşırı nem primeri sulandırarak etkisinin azalmasına, hibrit tabakası içindeki rezinin polimerizasyonunun tam olarak gerçekleşmemesine, pöröz yapı oluşumuna ve suyun kalmasına neden olarak, bağlanma dayanımı olumsuz yönde etkilenir (Perdigao ve Swift, 2006).

İki basamaklı total-etch sistemler: Üç basamaklı total-etch sistemlerin uygulama basamaklarını azaltmak amacıyla, üreticiler bu sistemleri basitleştirme yoluna gitmişler ve birçoğu 'one-bottle' olarak adlandırılan ve primer ve adeziv sistemi birleştirmeyi amaçlayan tek şişe sistemleri geliştirmişlerdir. Bu sistemler 'iki basamaklı total-etch' sistemler olarak da adlandırılabilir. Multi-bottle olarak adlandırılan üç basamaklı total-etch sistemler ile benzer olarak bu sistemler de ilk adım olarak asitle pürüzlendirme gerektirirken, farklı olarak primer ve adeziv sistem aşamaları tek şişede birleştirilmiştir. Tek şişe adeziv sistemler aseton, etanol veya su gibi çözücülerle çözülmüş hidrofilik ve hidrofobik rezinlerin karışımını içerir ve bağlanma mekanizmaları üç basamaklı total-etch sistemlerle aynıdır (Lopes ve ark., 2006).

Total-etch sistemlerde, kesilmiş dentin yüzeyine fosforik asit uygulandığında, hidroksiapatitin kalsiyum fosfat bileşeni çözünür. Böylece, intertübüler ve peritübüler dentin bölgeleri, kesilmiş tübüleri ve kollajen fibril ağını çıplak ve desteksiz bırakarak, genellikle 5-10 µm derinliğe kadar demineralize olur (Jacobsen ve Soderhol, 1995). Kollajen fibrillerin ve dentin tübüllerin böyle açıkta kalması, adezyonu esas olarak oluşturan mikro-mekanik bağlantı formasyonu oluşumu için gereklidir (Kugel ve Ferrari, 2000).

Bis-GMA, gibi hidrofobik rezin monomerler ve nispeten daha az hidrofobik olan TEGDMA (Tri Etil Glikol Dimetakrilat), bu potansiyel adezyon alanlarına ulaşmak için su ile rekabet edemezler. Bu nedenle, adeziv uygulanmadan önce, içerisinde etanol veya aseton gibi uçucu bir çözücü içerisinde çözülmüş, amfifilik bir rezin monomer, yaygın olarak HEMA içeren primer uygulanır (Jacobsen ve Soderhol, 1995). HEMA, polar hidroksil grubu sayesinde, su molekülleri ile yarışarak, dentinin kollajenleri içerisindeki mikro gözeneklere ulaşmak için rekabet edebilir (Chersoni ve ark., 2004; Jacobsen ve Soderhol, 1995; Nakabayashi ve Takarada, 1992). Bu amfifilik monomerin hidrofobik parçaları, üzerine başka bir düşük viskoziteli metakrilat esaslı bonding ajan uygulanıncaya kadar bağlanmadan kalır (Jacobsen ve Soderhol, 1995; Nakabayashi ve Takarada, 1992).

1.5.3.2. Self-Etch Adeziv Sistemler

Self-etch adeziv sistemler mine ve dentini aynı anda asitleyen ve primer uygulayan asidik monomerler içermektedir (Perdigao ve ark., 2006). Bağlanma mekanizması diş sert dokularının yüzeyinin kimyasal yapısını değiştirme esasına dayanmaktadır; mine veya dentin yüzeyi kısmen çözülür ve oluşan porözitelere rezinin infiltrasyonu gerçekleşir. Bu adeziv sistemlerde monomerlerin uygulanması ile elde edilen demineralizasyon derinliği penetrasyon derinliği ile aynıdır (De Munck ve ark., 2005).

İki aşamalı self-etch adeziv sistemlerle asidik primer ve adeziv iki ayrı aşamada uygulanırken tek aşamalı self-etch adeziv sistemlerde asit, primer ve adeziv aynı anda uygulanarak klinik uygulama aşamaları azaltılmış ve hekimin daha kolay uygulayacağı bir hale getirilmiştir. Ancak basitleştirme işlemi ile tek aşamalı self-etch adeziv sistemler aşırı derecede hidrofilik yapı sergilemektedir. Polimerizasyondan sonra yarı geçirgen bir membran gibi davranmakta, polimerize olmuş adezivin geçirgenliği artmakta, adeziv arayüzey boyunca yapısal bozunma oluşmaktadır (Breschi ve ark., 2008). Bu adeziv sistemlerde su ağacı görünümünde su kitleleri; adeziv ve hibrit tabakada suyun geçişine izin veren nanosızıntı oluşumu saptanmıştır (Tay ve ark., 2002; Tay ve Pashley, 2003a).

Ayrıca yapılan birçok in vitro ve klinik çalışmalarda iki aşamalı self-etch adeziv sistemlerin tek aşamalı self-etch sistemlere göre üstün performans gösterdiği bildirilmiştir (Van Meerbeek ve ark., 2011).

Uygulama adımlarının yanı sıra, self-etch sistemler asitlerinin pH değerlerine göre de kuvvetli, orta kuvvetli, hafif ve ultra hafif self-etch sistemler olarak alt gruplara da ayrılabilir. Güçlü self-etch adeziv sistemlerin pH değerleri 1 ve altındadır. Dentinde bu asit düzeyi kollajeni açığa çıkarır ve neredeyse tüm hidroksiapatiti çözer. Orta seviyedeki self-etch sistemlerde pH 1.5 civarındadır ve dentinde ancak 1 µm derinliğinde demineralizasyon sağlarlar. Bu yüzeysel demineralizasyon sonucu hidroksiapatit kristalleri kollajen ağı tutunmaya devam eder. Total-etch sistemlerin aksine bu sistemler, smear tabakasını tamamen çözmez veya ortadan kaldırmaz (Christensen, 2001; Frankenberger ve ark., 2001; Leinfelder, 2001; Van Meerbeek ve ark., 2001b). Asiditelerine göre:

1. Ultra hafif SE adezivler ($\text{pH} \geq 2.5$)
2. Hafif SE adezivler ($\text{pH} \geq 2$)
3. Orta kuvvetli SE adezivler ($\text{pH} \approx 1.5$)
4. Kuvvetli SE adezivler ($\text{pH} \leq 1$) (De Munck , 2004).

1.5.3.3. Universal Adeziv Sistemler

Dental adeziv sistemler diş dokusuna olan bağlanma yaklaşımlarına göre etch-rinse ve self-etch adeziv sistemler olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Günümüz diş hekimliğinde hem etch-rinse hem de self-etch adeziv olarak uygulanabilen, "universal" veya "multi-mode" olarak adlandırılan yeni adeziv sistemler üretici firmalar tarafından geliştirilmiştir. Üretici firmalar tarafından her iki yaklaşımda kullanılması ile bağlanma

dayanımını olumsuz yönde etkilemediği, tek aşamalı self-etch adezivlerin yaklaşımına benzer şekilde tek şişede dizayn edildiği bildirilmiştir (Wagner ve ark., 2014). Böylece hekimin kavite ve uygulayacağı restorasyona en uygun olan adeziv tekniğini seçmesine imkan sağlanmış, geleneksel adeziv sistemlerin nemli dentin dokusuna bağlanma sırasındaki teknik hassasiyet gibi dezavantajlarının ortadan kaldırılması amaçlanmıştır (Hanabusa ve ark., 2012; Mena-Serrano ve ark., 2013; Munoz ve ark., 2013; Perdigao ve ark., 2012).

Etch-rinse adeziv sistemlerin dentinin nemli ve heterojen yapısına bağlanması sırasında teknik hassasiyet nedeniyle problemler yaşanmakta, rezin monomeri demineralizasyon derinliğinin tamamına penetre olamamaktadır (Breschi ve ark., 2008; Erickson ve ark., 2009; Reis ve ark., 2007). Self-etch adeziv sistemler ise mine yüzeyinde fosforik asit kadar derin demineralizasyon yapamamaktadır. Kuvvetli asidik yapı gösteren self-etch adeziv sistemler etch-rinse adezivlere benzerlik gösterse de diğer adeziv sistemler aynı etkiyi gösterememekte; mineye olan düşük bağlanma değerleri nedeniyle başarısızlıklar görülmektedir (Kanemura ve ark., 1999; Munoz ve ark., 2013; Perdigao ve ark., 1997). Bu nedenle özellikle orta asiditeye sahip self-etch adeziv sistemlerde minenin asitlenmesi önerilmektedir (Peumans ve ark., 2010). Mine dokusunda etch-rinse uygulanmasıyla birlikte dentin dokusuna basitleştirilmiş self-etch adeziv uygulaması ile gerçekleşen kimyasal bağlanmanın avantajları bir arada sağlanmaktadır. Ancak klinik olarak fosforik asitin dentine ulaşmadan sadece mine marjinlerine uygulanması özellikle düşük viskoziteli asitler kullanıldığında oldukça zordur (Munoz ve ark., 2013). Ayrıca fosforik asitin ideal olan uygulama süresince dikkat edilmediğinde inorganik yapıyı oluşturan hidroksiapatit daha fazla uzaklaştırılmakta (Bouillaguet ve ark., 2001), dentine olan bağlanma dayanımı olumsuz yönde etkilenmektedir (Torii ve ark., 2002; Van Landuyt ve ark., 2006). Universal adeziv sistemler, tüm bu dezavantajları ortadan kaldırmak ve başarılı bir adezyon sağlamak amacı ile üretilmiştir (Hanabusa ve ark., 2012). Universal adeziv sistemler oldukça yeni adeziv sistemler olup dentine olan erken dönem bağlanma dayanımları ve ultramorfoloji analizi ile ilgili pek çok çalışma literatürde yer almaktadır (Hanahusa ve ark., 2012; Perdigao ve ark., 2012).

Universal adeziv sistemler, daha önceki adeziv jenerasyonların içeriğindeki elemanların bir araya getirmesiyle geliştirilmiş sistemlerdir. Bunlar; pulpa-dentin kompleksi ile biyouyumlu ve klinik uygulama süresi ile pratik uygulamaya sahip, diş dokusu ve dental restoratif materyaller ile kuvvetli bağlanmayı sağlayan stabil adeziv bir yapı oluşturmak için; asidik rezin monomerler, bağlanmayı sağlayan çapraz bağlayıcı rezin monomerler, mono fonksiyonel rezin monomer, co-solventler, yapıya özgü spesifik maddeler, solventler, katalizörler ve gerekli durumlarda modifiye edici nanodolduruculardır (Chen ve ark., 2015).

Universal adeziv sistemler monomer içeriklerine göre farklılık göstermektedir. Bunlardan bazıları self-etch özellikleri nedeniyle dentin ve mineye kimyasal olarak bağlanabilmesini bazıları da bu sistemlerin asiditesini sağlamaktadır. Bu monomerler mine ve dentin arasındaki kimyasal bağlanmanın daha stabil ve uzun ömürlü arayüzey bağlantısı oluşmasında önemli rol oynamaktadırlar (Erickson ve ark., 2009).

1.6. Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı

Diş hekimliğinde mikrosızıntı, yapılan restorasyonların prognozu açısından önemli bir faktördür. Literatürde mikrosızıntı için yapılmış pek çok tanımlama vardır. Genel olarak mikrosızıntı; bakterilerin, ağız sıvılarının, moleküllerin ve iyonların kavite duvarları ile kaviteye uygulanan restorasyon materyali arasındaki geçişi olarak tanımlanmaktadır (Gwinnett ve ark., 1995). Mikrosızıntı, marjinal renklemelere ve kırıklara, ikincil çürüğe, korozyona ve vital dişlerde pulpa duyarlılığı gibi arzu edilmeyen olaylara neden olması yönüyle önemli bir olgudur (Lindquist ve Connolly, 2001). Diş ve restorasyon arayüzeyindeki sızıntının engellenmesi restorasyonların başarısı ve klinik ömrü açısından büyük önem taşımaktadır. İdeal bir restorasyon materyali kavite duvarlarına iyice adapte olabilmeli ve iyi bir yalıtım sağlamalıdır (Kidd, 1976).

Klinik olarak mikrosızıntı yorgunlukla meydana gelmektedir. Yorgunluk, dinamik yüklere maruz kalan yapılarda oluşan bir başarısızlık şeklidir ve stresten, restorasyon tasarımından, komponent yüzeyinin durumu ve konfigürasyonundan ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Jung ve ark., 2007). Tekrar eden kuvvetler sonucunda oluşan yorgunluk, mikro-çatlaklara ve dış-restorasyon arasındaki yüzeyde adeziv başarısızlığa yol açmaktadır (Callister ve Rethwisch, 2007).

Restorasyonların prognozunu olumsuz yönde etkileyen, renklenmelerine neden olan, dişte postoperatif duyarlılığa ve sekonder çürüklerin oluşmasına yol açan marjinal sızıntısını önlemek veya en aza indirmek için dental materyallerin yapısal özellikleri ya da uygulama yöntemleri geliştirilmiş, diş dokusu ile uyumu artırılarak mikrosızıntı azaltılmaya çalışılmıştır (Trelles, 2012). Sızıntının şiddeti arttıkça; zamanla restorasyon ile diş arasındaki bölgede dentin kanallarının içine mikroorganizma geçişi olacak ve buna bağlı olarak toksik ürünlerin neden olduğu pulpal irritasyon ya da inflamasyon gelişecektir (Lindquist ve Connolly, 2001).

Sızıntı çalışmaları in vivo ve in vitro olarak yapılmakla beraber in vitro çalışmalar (TEM, ışık mikroskobu, Enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi, micro-BT) daha çok kullanılmaktadır. İn vitro çalışmalar, ağız ortamını taklit etmeye çalışan bir model yöntemi ile model kullanılmayan sadece materyalin davranışının test edildiği yöntem şeklinde iki kategoriye ayrılmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992)

1.6.1. Mikrosızıntı araştırma yöntemleri

1.6.1.1. Hava Basıncı Yöntemi

Hava basıncı yöntemi sızıntı çalışmalarında, çok eski yıllarda kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem sıkıştırılmış havanın, restore edilmiş dişin pulpa boşluğuna

uygulanması temeline dayanır. Bu yöntemde, sıvı içine yerleştirilmiş restorasyon marjinlerinde hava kabarcıklarının oluşumu incelenir. İlk kez 1900'lü yılların başında amalgam restorasyonlarının marjinlerinin test edilmesinde kullanılmıştır ve daha sonra akrilik restorasyonlarda uygulanmıştır (Gonzalez ve ark., 1997). Restorasyonların marjinlerinin test edilmesinde kullanılmak üzere mikroskopik gözlem yönteminin kullanılması uzun dönem sızıntının izlenmesi için standart bir yöntem oluşturulabilmesinde çok önemli bir gelişme olarak kabul edilmiştir (Ayyıldız ve ark., 2009; Derkson ve Pashley, 1986; Erdemir ve Yaman, 2011; Gonzalez ve ark., 1997).

Bu yöntemin bir avantajı, sızıntının örneklerden kesit almadan incelenebilmesine olanak sağlamasıdır. Böylece restorasyonlar tahribatsız izlenebilmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011). Ayrıca, bu yöntem basınçlı havanın kaybolan miktarının ölçülerek kantitatif bir analiz yapmasına olanak sağlamaktadır.

Bu yöntemin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu yöntemde örnekler sıvının altında olduğu için mikrosızıntı fotoğraflanamaz ve basınçlanarak verilen havadaki düşüş dışında, mikrosızıntı hakkında kantitatif bir analiz yapılmasına olanak vermez (Derkson ve Pashley, 1986). Buna ek olarak, mikrosızıntı sonuçlarının yorumlanması zordur, çünkü hava çıkışı önce dentin ve daha sonra restorasyondan geçiş ile gözlemlenir. Hava akışı restorasyondan ve diş çatlaklarından geçebileceği için, hava sızıntısının marjinal boşluklardan mı kaynaklandığı, yoksa diş yapısındaki çatlaklardan mı kaynaklandığını belirlemek oldukça zordur. Son olarak, bu yöntem ile klinik bir ilişki sağlanamayabilir, çünkü hava sızıntısının bir yansımasıdır ve göstergeler, bakteriler veya diğer mikroorganizmalar için geçerli olmayabilir (Ayyıldız ve ark., 2009; Erdemir ve Yaman, 2011; Kidd 1976; Taylor and Lynch, 1992).

1.6.1.2. Sıvı Filtrasyonu Yöntemi

Sıvı filtrasyonu yöntemi basınçlı hava uygulama yöntemindeki prensiplere bağlı kalınarak geliştirilmiştir. Bu yöntemde, basınçlı hava yerine, restore edilmiş dişin pulpa boşluğuna sabit basınçlı sıvı uygulanmıştır. Bu yöntemin en önemli avantajı, tahribatsız olarak test yapılabilmesidir. Böylece numuneler zaman içinde tekrar incelenebilir. Diğer bir avantaj ise, sıvı akışı hem ölçülebildiği hem de fotoğraflanabildiği için hem nicel hem de nitel olarak analiz yapılabilmesine olanak sağlar (Derkson ve Pashley, 1986; Gonzalez ve ark., 1997).

Bu yöntemde, restorasyonun örtücülüğü, restore edilmiş dişlerden dentin tübüllerine doğru uygulanan sıvı filtrasyon oranıyla belirlenir. Bu kantitatif analiz, araştırma tekniklerindeki farklar nedeniyle yanıltıcı olabilir ve dentin düzenleme teknikleri ve dentindeki geçirgenlik farklılıklarından dolayı bir deneyden diğerine farklılık gösterebilir. Bu durum farklı çalışmaların karşılaştırılmasını zorlaştırabilir (Karagenç ve ark., 2006; Youngson ve ark., 1999). Buna ek olarak, gerçek mikrosızıntı miktarı ve sızıntının kesin yeri tam olarak belirlenemez (Gonzalez ve ark., 1997).

1.6.1.3. Elektrokimyasal Yöntem

Bu teknik; bir güç kaynağına bağlanan, elektrolit içine batırılmış iki metal arasından oluşan elektrik akımının ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde, kavite duvarı-restorasyon arayüzünde kullanılan “kondüktometrik tekniği” (silikat ile doldurulmuş cam tüplerin kullanılmasıyla), elektrokimyasal bir birim ile (laktik asit kullanarak) işbirliği içinde kullanılır. Bu birim üzerinden akım değişimlerin ölçülmesi, arayüzdeki boyutların değişimini göstermektedir ve böylece diş-restorasyon arayüzü yorumlanabilir (Ayyıldız ve ark., 2009; Erdemir ve Yaman, 2011).

Çekilmiş dişin köklerinden restorasyonun tabanıyla temas edecek şekilde bir elektrot yerleştirilerek daha sonra kullanılmıştır. Teorik olarak kavite restore edildikten sonra, bir elektrolitik suya daldırıldığında diş-restorasyon arayüzünden elektriksel sızıntıyı engelleyecek şekilde kapatılmış olmaktadır (Momo ve ark., 1990).

Elektro kimyasal yöntemin, güvenilirliğini kıyaslamak için boya penetrasyonu gibi yöntemlerle karşılaştırılmasına rağmen, bu karşılaştırmadan bir sonuç çıkarmak zordur çünkü bu yöntemler arasında güvenilir bir korelasyon olduğunu doğrulayan çalışma yoktur (Delivanis ve Chapman, 1982).

Mikrosızıntının araştırılmasında, elektrokimyasal yöntemin uygulanması diş yapısını tahrip etmektedir. Bu yöntem restoratif materyallerin elektriksel iletkenlik özelliğiyle ilişkili olduğu için oldukça hassastır. Buna ek olarak kullanılan materyallerin dielektrik özelliği zamanla değişmektedir. Basıncılı hava çalışmalarına benzer olarak, nitel ve nicel analizlerin sadece ölçümlerle tanımlanması zordur çünkü bu ölçümler restorasyonlar üzerinde akım geçişi olup olmadığıyla tanımlanabilir (Ayyıldız ve ark., 2009; Erdemir ve Yaman, 2011; Gonzalez ve ark., 1997).

1.6.1.4. Nötron Aktivasyonu Yöntemi

İn-vivo olarak restorasyonun marjinine radyo aktif olmayan Mn (Manganez) gibi bir kimyasal işaretleyici yerleştirilip, daha sonra çekilen dişin nükleer reaktör çekirdeğinde 'Mn²⁵' ile bombardımanına uğratılarak marjinal sızıntısının belirlenmesi yöntemidir (Ayyıldız ve ark., 2009). Kutuplanmış nötronlar Mn55'den Mn56'ya dönüştürülür. Mn56'nın gamma ışını emisyonu ile oluşan ışınlanması katı hal sintilasyon dedektörü ile ölçülür. Radyoaktif sayım sayısının, numune başına düşen Mn miktarıyla orantılı olduğu kabul edilir (Going ve ark., 1968; Gonzalez ve ark., 1997; Meyer ve ark., 1974).

Sonuçların kantitatif olarak değerlendirilmesi bir avantaj olsa da, bu yöntemin bazı dezavantajları vardır. İlk olarak, teknik çok karmaşıktır, nükleer mühendislere ve radyoaktif izotoplara gereksinim vardır. Bununla beraber, sızıntının kaynağı tam olarak tanımlanamaz çünkü sızıntının dış-restorasyon arayüzünde mi olduğu yoksa dışın kendisinden mi kaynaklandığı belirlenemez. Son olarak, manganez varlığı, dişte veya restorasyondaki sonuçların değişkenliğine yol açabilir (Ayyıldız ve ark., 2009; Gonzalez ve ark., 1997).

1.6.1.5. Radyoizotop Yöntemi

Radyoaktif izotoplar mikrosızıntı çalışmalarında oldukça sık kullanılmaktadır. İşaretleyiciler olarak kalsiyum izotopu (Ca45), iyot izotopu (I131), selenyum izotopu (Se35), sodyum izotopu (Na22), fosfor izotopu (P32), rubidyum izotopu (Rb86) ve karbon izotopu (C14) kullanılmıştır. Temel olarak, örneklerin izotop solüsyonlarına konulmasıyla oluşan izotop izi ile mikrosızıntı değerlendirilir (Ayyıldız ve ark., 2009; Erdemir ve Yaman, 2011). Dış-restorasyon arayüzündeki izotop sızıntısı kesitlenmiş numuneye ait otoradyografi ile tespit edilir (Fitchie ve Reeves, 1990; Hembree, 1989; Saunders ve ark., 1990). Yakın geçmişte, Hersek ve ark. (2002), izotop tespit etme tekniğini nükleer tıpta kullanılan kodak film modeli kullanarak basitleştirmiştir.

Radyoizotop yöntemi ile mikrosızıntı çalışmalarının bazı önemli avantajları vardır. İzotopların, bakteriyel çalışmalarda ulaşılamayan 40 nm gibi küçük boyutlardaki boşluklardan bile geçebilmeleri oldukça ümit vericidir. Buna ek olarak, izotopların boyaya göre mikrosızıntıyı gösterme yeteneklerinin daha fazla olduğu görüşü hakimdir (Taylor ve Lynch, 1992).

Radyoizotop çalışmalarının bazı temel dezavantajları da bulunmaktadır. İlk olarak, yöntem numunelerin tahrip edilmesine neden olmaktadır ve sonuçlar kalitatifdir. İkinci olarak, iki boyutlu bir otoradyografi, üç boyutlu olan mikrosızıntı görüntüsünü

yansıtmda yetersiz kalabilir. Bu durumda sonuçlar yanıltıcı olabilir. Bunlara ek olarak, izotoplar küçük boyutlarından dolayı dış yapısından ya da restorasyondan geçebilirler ve bu durum mikrosızıntının yanlış yorumlanmasına neden olabilir. Üstelik radyoizotop tekniği ile elde edilen sonuçlar işlemin karmaşıklığı, izotop seçimi, kaynak ve emülsiyon uzaklığı, maruz kalma süresi gibi başka faktörlerden etkilenebilir (Ayyıldız ve ark., 2009; Erdemir ve Yaman, 2011; Taylor ve Lynch 1992;).

1.6.1.6. Boya Penetrasyon Yöntemi

Renkli ajanlarla mikrosızıntının değerlendirilmesi yöntemi en popüler tekniktir (Taylor ve Lynch, 1992). Bu yöntemde mikrosızıntı dış-restorasyon arayüzüne kontrast renklerin sızması ile tespit edilir. Temel olarak, yöntem bir örneğin önceden belirlenmiş bir süre kadar renkli solüsyona batırılması, daha sonra dış-restorasyon arayüzündeki renk değişikliğinin incelenmesine dayanır. Bu renklendirme katmanında hem restorasyon hem de dış yapısında kontrast renkler elde edilir. Bu teknikte, farklı konsantrasyonlardaki çeşitli boya ajanları kullanılır. Bunlar arasında en sık kullanılanı %0.5'lik bazik fuksin, %2'lik metilen mavisi ve %50'lik gümüş nitrat ($AgNO_3$) solüsyonlarıdır (Ayyıldız ve ark., 2009; Erdemir ve Yaman, 2011; Taylor ve Lynch, 1992).

Bu yöntemin, diğer yöntemlere göre bazı avantajları vardır. İlk olarak, mikrosızıntı kimyasal reaksiyona veya radyasyona maruz kalmadan tek renkli bir ajanla gösterilebilir. Buna ek olarak, araştırmacıların kendi araştırma merkezlerinde kullandıkları aletlere ve yöntemlere göre seçim yapabilecekleri farklı ve çok çeşitli boya ajanları vardır. Bu nedenle bu tekniğin uygulanabilirliği ve tekrarlanabilirliği oldukça yüksektir. Ancak, bu yöntemde de numuneler kesilerek renklenmiş boya katmanı ışık mikroskopunda veya elektron mikroskopunda ölçüldüğü ve kayıt edildiği için tahrip edici bir yöntemdir. Böylece yöntem tekrarlanamaz veya numunenin uzun dönem değerlendirilmesi yapılamaz. Son olarak, bu yöntem tekniğe oldukça bağımlıdır ve boyanın dış yapısı ve

restorasyon difüzyonunu ölçümden ayırmak mümkün değildir. Sonuçlar sızıntının doğasını ve yapısını göstermez (Taylor ve Lynch, 1992).

Mevcut çalışmalar seçilmiş bir boya solüsyonunun test edilmekte olan diş yapısı ve restoratif materyaller için uygun olup olmadığını açıklamak konusunda başarısız olmuştur. Örneğin, en sık kullanılan boya solüsyonu olan bazik fuksin ve onun çözücüsü, propil glkol'ün dentinle reaksiyona girdiği belgelenmiştir. Bu durumda sızıntı imajı gerçekte olduğundan çok daha fazla görünür (Kidd, 1976; Taylor ve Lynch, 1992). Diğer dikkat edilmesi gereken nokta ise kullanılan boya solüsyonunun parçacık boyutudur. Eğer boya solüsyonunun parçacık boyutu bakterilere ve dentin tübül yarıçaplarına göre çok küçük veya çok büyükse sonuçların güvenilirliği son derece azalır (Taylor ve Lynch, 1992). Ayrıca boyalar her ortamda kalıcı olmayabilir. Örneğin “anilin mavisi” alkale pH’da rengini kaybedebilmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011).

1.6.1.7. Metal Solüsyon İzleyiciler

Metal solüsyonlar diş-restorasyon arasındaki boşlukları tanımlamak için sıkça izleyici olarak kullanılmaktadır. Bu teknikte diş-restorasyon arayüzünde renkli bir çökelti üretilebilmesi için en az iki renksiz kimyasal kullanılmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992; Li ve ark., 2003). Mikrosızıntı çökeltisi her iki kimyasalın penetrasyonuna bağlıdır, çünkü eğer sadece bir kimyasal ya da iki kimyasaldan küçük olanı mevcutsa çökelti oluşmayabilir (Taylor ve Lynch, 1992). Bu kombinasyon sızıntı boyama tekniğinde sıkça kullanılmaktadır (Hilton, 2002; Mathew ve ark., 2001; Taylor ve Lynch 1992; Youngson ve ark., 1999).

Gümüş nitrat'ın kullanımıyla ilgili yapılan eleştirilerden biri molekül boyutu ile ilişkilidir (Douglas, 1989; Matharu ve ark., 2001). Gümüş iyonlarının yarıçapı bakterilere ve dentin tübüllerinin yarıçaplarına kıyasla oldukça küçük kalmaktadır. Bu nedenle, gümüşün restorasyon-diş arayüzüne ve dentin tübüllerine kolayca penetre olmasından

dolayı gümüş nitrat sızıntısı sonuçları oldukça hassastır (Taylor ve Lynch, 1992). Ayrıca gümüş nitrat kullanıldığında amalgam restorasyonlarda, gümüş iyonlarının amalgam bileşenleriyle reaksiyona girerek oluşan aralık boyunca yayılamadığı, cam-iyonomer restorasyonlarda ise restorasyonun gümüş iyonlarını yapısına alarak kendisinin boyandığı belirtilmiştir (Erdemir ve Yaman, 2011).

1.6.1.8. Bakteriyel Sızıntı Yöntemi

Mikrosızıntı araştırmalarında bakterilerin kullanımı ilk olarak 1920'li yıllarda tanıtılmıştır. Bakteriyel sızıntı yönteminde, restore edilen dişler bakteri kültürü içerisine daldırılır ve diş-restorasyon arayüzeyinde bakteri sızıntısı olup olmadığı, bakteriler özel yöntemlerle boyanarak tespit edilir (Bergenholtz ve ark., 1982; Demirel ve ark., 2018; Deus ve Murad, 2006; Matharu ve ark., 2001; Zivkovic ve ark., 2001).

Bakteriyel sızıntı tekniği karmaşık ve zor olmasına rağmen, mikrosızıntının klinik problemlerini taklit etmek için iyi bir yöntemdir, çünkü restore edilmiş dişlerde sekonder çürüklerin temel sebebi olarak bakteriyel sızıntı varlığı gösterilebilir. Ancak sonuçlar bakterilerin içinden geçebileceği boşlukları yansıtır. İyonlar, toksinler ve bakterilerin ürünlerinin geçebileceği sıvı akışı tarafından ulaşılabilen daha küçük boşlukları yansıtmaz (Ayyıldız ve ark., 2009; Taylor ve Lynch, 1992).

1.6.1.9. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT)

Taramalı elektron mikroskobu (TEM) ve konvansiyonel ışık mikroskobu güvenilirliğini ve geçerliliğini ispatlamış görüntüleme yöntemlerdir. Son 15 yıldır görüntüleme sistemlerinin arasına katılmış olan bilgisayarlı mikro-tomografi birçok alanda olduğu gibi (kök kanal morfolojisinin analizi, kök kanal şekillendirmesinin değerlendirilmesi, kök kanal dolgusunun değerlendirilmesi, tekrarlayan tedavi

işlemlerinden sonra kök kanalında kalan dolgu materyalinin incelenmesi, kafa yüz iskeletinin gelişiminin incelenmesi, implant ve kök çevresi kemiğinin değerlendirilmesi) çürük uzaklaştırma etkinliği ve minimal invazivlik potansiyelinin kantitatif bir şekilde değerlendirilebilmesinde de altın standart haline gelmektedir (Neves ve ark., 2011a).

Mikro-BT, sert dokulardaki mineralizasyon derecesinin ve mineral yoğunluğunun değerlendirilmesine volumetrik olarak izin veren destrüktif olmayan bir tekniktir (Del-Nero ve ark., 2000; Kwon ve Park, 2012; Leloup ve ark.,2001; Neves, ve ark.2010; Van Landuyt ve ark., 2009).

Güncel literatürler ile çürük uzaklaştırma tekniklerinin etkinliğinin mikro-BT kullanılarak destrüktif olmayacak şekilde çürük uzaklaştırma öncesi ve sonrasında dişin iç yapısının değerlendirilebileceği gösterilmektedir (De Almeida ve ark., 2011).

Neves ve ark. (2011b) detaylı bir protokol ile mikro-BT kullanılarak çürük uzaklaştırma etkinliği ve minimal invaziv potansiyelin kantitatif bir şekilde değerlendirilebildiğini belirtmektedirler. Örneği tahrip etmeden analiz yapılmasını sağlayan bu metot, dental araştırmalarda popülerliğini arttırmaya başlamıştır ve dentinde çürük uzaklaştırma teknolojilerinin değerlendirilmesinde altın standart haline gelmektedir (Willmott ve ark., 2007).

Mikro-BT, yeni ve gelişmekte olan üç boyutlu görüntüleme sistemidir. En önemli avantajı; doğal yapıya zarar vermeden aynı lezyon üzerindeki demineralizasyon ve remineralizasyon sürecindeki mineral değişikliklerini ölçmesi ve görselleştirmesidir. Aynı zamanda yüksek hassasiyetle tekrarlanabilir sonuçlar vermesi ve üç boyutlu görüntülerin elde edilebilmesi avantajları arasındadır (Jacker-Guhr ve ark., 2016). Neves ve ark. (2011b) mikro-BT'nin doğru kalibrasyon, standart tarama imkanı, yenilenebilir ölçüm yapabilmesi sayesinde ayrıntılı hacimsel hesaplama izin verdiğini rapor etmişlerdir. Adeziv restorasyonların marjinal sızıntılarının kantitatif olarak

değerlendirilmesinde mikro-BT, geçerli ve destrüktif olmayan in vitro analizlere olanak tanımaktadır. Aynı zamanda detaylı bir protokol kullanılarak çürük uzaklaştırma etkinliği ve minimal invaziv potansiyeli kantitatif bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Dental restorasyonlarda mikrosızıntı değerlendirilmesi daha yeni bir yöntem olan bilgisayarlı mikrotomografinin, ışık mikroskobu ve TEM kadar başarılı olduğu hatta bu cihazın dentinde çürük uzaklaştırma teknolojilerinin değerlendirilmesinde altın standart haline geldiği literatürde bildirilmektedir (Jacker-Guhr ve ark., 2016).

1.7. Ağız İçi Koşulları Taklit Etmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri

Restoratif materyallerin uzun dönem başarılarının tespit edilmesi için yapılan in vitro deneylerde ağız içi koşullar laboratuvar ortamında taklit edilmektedir. Ağız içi koşulların gerçeğe yakın taklit edilmesi ile zaman ve materyalden tasarruf edilmektedir.

1.7.1. Sıvı Ortamda Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi

1.7.1.1. NaOCI Solüsyonunda Bekletme ile Yaşlandırma

Bağlayıcı yıkımını sağlamanın bir yolu, demineralize olmuş ve açığa çıkmış kollajen fibrillerin deproteinizasyonunu sağlamaktır (Sano ve ark., 1999). Bu şekilde bir yıkımı taklit etmek için proteinleri yıkıcı bir ajan kullanılır. %10 luk NaOCI solüsyonu in vivo yıkımı taklit eden, ancak oldukça hızlandırılmış şekilde bu görevi yapan bir solüsyondur. % 10'luk NaOCI hibrit tabakasını çözer ve organik bileşenleri ortamdan uzaklaştırır. Hızlandırılmış yaşlandırma testi için μ TBS çubukları %10 luk NaOCI da 1 saat bekletilir (Yamauti ve ark., 2003).

1.7.1.2. pH Siklus ile Yaşlandırma

1986 yılında Featherstone ve ark. laboratuvar ortamını klinik şartlarına yaklaştırmak için pH siklus modeli uygulamışlardır. pH siklus ile yaşlandırmada örnekler asit solüsyonuna gömülerek pH 4,3'de, 37⁰ C de 6 saat ve sonrasında yapay tükürükte 37⁰ C de 17 saat bekletilir. Böylece in vivo ortamı taklit eden koryojenik değişiklikler ölçülür (Featherstone ve ark., 1986). pH siklusun bağlayıcı yıkımı ya da bağlanma dayanım değerlerine etkisini inceleyen çok az bilgi mevcuttur. Genellikle çalışmalarda adeziv yıkımını incelemek amacıyla termal siklus, mekanik siklus ya da uzun dönem suda yaşlandırma teknikleri kullanılmaktadır (Amaral ve ark., 2007).

1.7.1.3. Enzim ile Yaşlandırma

Kollajen fibrillerin yıkımı suda yaşlandırma yöntemi ile tam olarak sağlanamaz. Su, tükürükte bulunan enzimlerden yoksundur. Bu yöntemde örneklerin bekletildiği solüsyona matriks metalloproteinaz, sistin proteinaz ve serin proteinaz gibi enzimler katılarak dentin organik matriksin yıkımı sağlanır (Amaral ve ark., 2007; Tjaderhane ve ark., 2013).

Enzimler, kollajen matriksin ve bağlayıcı arayüzeyin yıkımında önemli rol oynar. Hashimoto ve ark. (2003), asit uygulanmış dentin yüzeyindeki kollajenlerin yıkımının suda bekletmenin 500. gününde başladığını bildirmişlerdir. Pashley ve ark. (2004), ortamda bakteri olmadan asit uygulaması ile dentin kollajenlerinin yavaş yavaş yıkıma uğradığını bildirmişlerdir

1.7.1.4. Suda yaşlandırma

Örneklerin suda bekletilmesi en yaygın kullanılan yapay yaşlandırma tekniğidir (Ohno ve ark., 1996). Bu metotta örnekler en çok 37°C'deki yapay tükürük ya da distile su içerisinde belirli bir süre bekletilerek yapay olarak yaşlandırılmaktadır. Bu periyot birkaç ay, 4-5 yıl veya daha uzun süre olabilmektedir (De Munck ve ark., 2003). Su, arayüze infiltre olarak polimer matriksin mekanik özelliklerini bozar. Polimerize olmamış monomer ve artık ürünler gibi arayüz bileşenleri ayrışabilir ve bağlanma zayıflar. Saklama solüsyonu olarak genellikle su kullanılır. Ortamda su olmadan, örnekler mineral yağında bekletildiğinde arayüzde yıkım gerçekleşmez (Hashimoto, 2010).

1.7.2. Termal Siklus ile Yaşlandırma

Normal koşullarda ağız ortamı ısının yaklaşık olarak 35,2 °C olduğu tespit edilmiştir (Spierings ve ark., 1987). Dental restoratif materyallerin ağız içi koşullarını taklit edebilmek için başvurulan yöntemlerden en önemlisi olan termal siklus testi pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Gale ve Darvell, 1999; Frankenberger ve Tay, 2005; Li ve ark., 2002). Gale ve Darwell (1999)'e göre ISO standartlarında 10.000 siklus yaklaşık olarak in vivo 1 yıla denk gelmektedir (Gale ve Darvell, 1999). Fakat, Brown ve ark.'nın (1972) çalışmalarına göre ise 10 turun 1 güne eşit olduğunu bildirmektedir (Brown ve ark., 1972).

Termal siklus işlemi örneklerde iki etkiye sebep olmaktadır. Bu etkilerden ilki; sıcak su bileşenlerinin arasındaki hidrolizi hızlandırmaktadır ve polimerize olmamış monomer ve ürünlerin ortama ayrışmasını sağlamaktadır. İkincisi; materyaller üzerinde ısıl genişleme ve büzülmenin yan etkilerini taklit etmektedir (De Munck ve ark., 2005; Hashimoto ve ark., 2000). Termal siklus testi ile yapılan yaşlandırma sonucunda kollajenlerin hidrolizi ile ya da ısıl genişleme katsayısı dişe göre daha fazla olan restoratif materyallerin

genleşip büzülmesi sonucu diş-restorasyon arayüzünde boşluklar oluştuğu bildirilmiştir (Gale ve Darvell, 1999).

1.7.3. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma Yöntemi

Ağız ortamı, restorasyonların yorulmaya bağlı başarısızlıkları için gerekli tüm faktörleri içermektedir. Bu amaçla, dental restorasyonların uzun ömürlülük ve dayanıklılık karakterlerinin gerçekçi verileri için uzun dönemli klinik araştırmalar gerekmektedir. Bu da parametrelerin standardize edilmesi konusunda güçlükler ortaya çıkarmaktadır ve maliyetler de oldukça yüksektir (Florian ve ark., 2012). Bu nedenle yorulmanın test edilebilmesi amacıyla örneklere özelleştirilmiş frekans, kuvvet ve stres uygulayabilen birçok alet geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları ise klinik ortamın çok daha gerçeğe yakın olması amacıyla, test ortamlarına ilave nem ve kontrollü sıcaklık da uygulayabilmektedir (Kern ve ark., 1993).

Sulu ortama maruz kalan dental materyallerin mekanik özellikleri etkilenmektedir (Florian ve ark., 2012). Bu nedenle laboratuvar ortamında yapılan araştırmalar, ısıya bağlı değişiklikleri taklit etmek durumundadır. Bir takım etik sorunlar, maliyet ve uzun zaman alışı nedeni ile klinik testlerin yapımını zorlaştırmaktadır ve restoratif materyallerin klinik öncesi çiğneme kuvvetlerine, kırılma ve aşınmaya karşı test edilmesinde büyük yarar vardır.

İn-vitro testler uygulanırken en doğru sonucu alabilmek için çiğneme sistemini mümkün olduğunca yansıtmak gerekmektedir. Bireylerde ısırma kuvvetleri geniş bir aralığa sahiptir. Çiğneme yada yutkunma sırasında oluşan fizyolojik ısırma kuvvetleri 10 ile 120 N arasında değişmektedir (Bates ve ark., 1976; Kohyama ve ark., 2004). Maksimum ön ısırma kuvveti 190 N ile 290 N arasında değişirken, posterior bölgede 200 N'dan 360 N'a kadar çıkabilmektedir (Fontijn ve ark., 2000; Morneburg ve Proschel, 2002). Isırma işlemi esnasında kaslardaki aktivasyon yaklaşık her yarım siklus için 0.2-

1.5 Hz frekans aralığındadır (Baltzer ve Kaufmann-Jinoian , 2002; Kohyama ve ark., 2004).

Literatüre göre çiğneme simülöründe yaklaşık olarak 240.000-250.000 adet siklus bir yıllık klinik ortamdaki kullanıma karşılık gelmektedir. Araştırmalarda kullanılan, termo-mekanik yüklemeye maruz bırakılan ve 1.200.000 siklus sonunda kırılmadan kalan örnek gruplarının kullanım süreleri 5 yıllık bir klinik ömüre eşdeğerdir (Heydecke G ve ark., 2001; Florian ve ark., 2012).

Simüle edilen çiğneme siklusu, test sırasında kuvvetlerin döngüsel olarak oluşturulabilmesi amacıyla bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. 1.3 Hz-1.8 Hz'lik çiğneme frekansı ile her 0.6-1.1 saniyede bir siklus fizyolojik sınırlar içerisinde kabul edilmektedir (Kohyama ve ark., 2004; Martin ve ark., 2009; Yu-seok ve ark., 2010). Çiğneme simülöründe çeşitli ağırlıklarla ve çeşitli sikluslarla örneklere yüklemeler yapılabilmektedir. Çalışmalarda sıklıkla posterior bölgedeki normal okluzyon ve çiğneme kuvvetlerini yansıtmak amacıyla 49 N'luk bir kuvvet uygulanmaktadır (Fontijn ve ark.,2000).

1.8. Amaç

Bu çalışmanın amacı, farklı yapay yaşlandırma protokollerinin (suda yaşlandırma, termal siklus, termo-mekanik siklus) self-etch adezivlerin mikro-BT ile sızdırmazlık yetenekleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmaktır. 0 hipotez: (1) yapay yaşlandırma işleminin, test edilen adezivlerin sızdırmazlık özelliğini etkilemediği ve (2) AgNO₃ penetrasyonunun, kullanılan adezive bakılmaksızın farklı yapay yaşlandırma yöntemleri arasında önemli ölçüde farklı olmadığıdır.

2. MATERYAL METOD

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu onayını almıştır (36290600/44). Araştırmamız, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

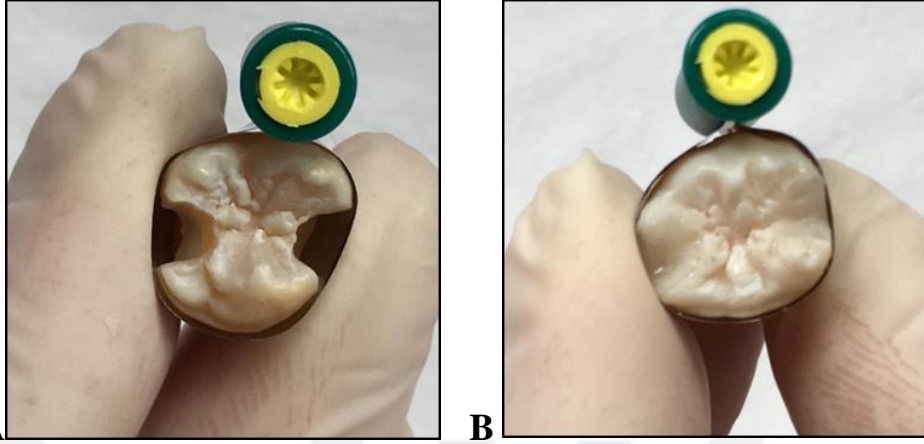
2.1. Örneklerin Toplanması ,Hazırlanması ve Kavite Preparasyonu

Bu in vitro çalışma için yakın zamanda proflaktik amaçla çekilmiş 60 adet gömülü 20 yaş dışı Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Hastalıkları Cerrahisi Anabilim Dalı kliniklerinden toplanmış ve deney zamanına kadar, dentin geçirgenliğini koruyabilmek için, cam kavanoz içinde distile su ile 4° C de saklanmıştır.

Diş taşı ve yumuşak dokular keskin bir el aleti ile uzaklaştırılmıştır. Her diş mezial ve distal yüzeylere iki adet kutu kavite formu olacak şekilde toplamda 120 adet sınıf II kutu kavite hazırlanmıştır. Kaviteler yüksek hızda dönen su soğutmalı döner alet yardımıyla, her kavitede yeni bir silindirik elmas fissür frez (Meisinger, Germany) kullanılarak hazırlanmıştır. Kavitelerin bukklingual boyutu 3 mm; dişeti tabanı, mine-sement birleşiminin 1 mm altında ve aksiyal duvar derinliği 2 mm olacak şekilde hazırlanmıştır.

2.2. Örneklerin Gruplandırılması ve Restorasyon Prosedürleri

Kaviteler su ile yıkanarak 5s boyunca yağsız hava-su spreyi ile kurutulmuştur. Sonrasında hazırlanan dişler rastgele 3 adeziv gruba (n =40) ayrılmıştır. Preparasyonlar tamamlandıktan sonra, kayıp proximal duvarları yeniden oluşturabilmek için örnekler metal matrix bantları (Adapt SuperCap Matrix no 2182, Kerr-Hawe, Bioggio, Switzerland) yerleştirilmiştir (Şekil 2.1). ve Clearfil SE Bond (CSE), Clearfil S3 Bond (CS3), Single Bond Universal (SBU) üretici talimatlarına göre uygulanmıştır. Restoratif materyal olarak bir nanofil kompozit olan Filtek Ultimate kompozit rezin inkremental teknik kullanılarak uygulanan 2 mm'lik homojen tabakalar 20 s ışıklandırılarak LED ışık cihazı yardımıyla (SDI Raddi Plus, SDI Limited, Avustralya) polimerize edilmiştir. Çalışmada kullanılan mayeryallar Çizelge 2.1. de verilmiştir.



Şekil 2.1. Otomatrix bandı yerleştirilmiş kavite (A) ve Restorasyonların tamamlanmış hali (B).

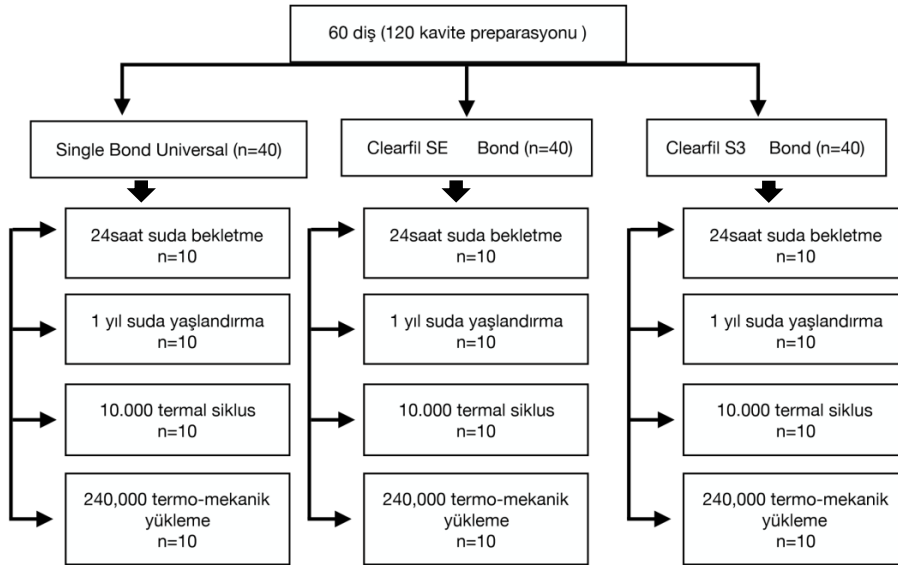
Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan materyallerin içerikleri, uygulama şekilleri ve üretici firmalar

| Materyaller | | İçerik | Uygulanışı | Üretici |
|-------------|--------------------------------------|--|--|---|
| Adezivler | Clearfil SE Bond | Primer: MDP, HEMA, Dimetakrilatlar, su Bond: MDP, BisGMA, HEMA, Dimetakrilatlar, Di-kanforokinon, N,N-Dietanol-p toluidin, silanizekolloidalsilika | 20 s primer uygulanması, hava ile hafifçe kurutma, adezivin uygulanması, hava ile hafifçe kurutma, 10 s led ışık cihazı ile polimerizasyon | Kuraray Medical Inc. , Okuyama, Japonya |
| | Clearfil S3 Bond Plus | MDP, Bis-GMA, HEMA, Hidrofilik alifatik , dimetakrilat, Hidrofobik alifatik dimetakrilat, di-kamforokinon, Etil alkol,Su, Silanlanmış kolloidal silika | 10 s adeziv uygulanması, 5 s hava ile hafifçe kurutma ,10 s süre led ışık cihazı ile polimerizasyon | Kuraray Medical Inc. , Okuyama, Japonya |
| | 3M Single Bond universal | MDP, bis-GMA, HEMA, DMA, metakrilat-modifiye polialkenoik asit kopolimeri, doldurucu, etanol, su, inisiyatörler, silan | 20 s adeziv uygulanması, 5s hava ile hafifçe kurutma ,10 s süre led ışık cihazı ile polimerizasyon | 3M Espe, St. Paul, ABD |
| Kompozit | Filtek Ultimate Üniversal Restoratif | Doldurucu: Silika, zirkonya Rezin matrisi: BisGMA, UDMA, TEGDMA, BisEMA | 2 mm'lik tabakalar hâlinde uygulama,20 s süre led ışık cihazı ile polimerizasyon | 3M ESPE, St. Paul, ABD |

Polimerizasyon ünitesinin çıkış gücü, en az 1000 mW/cm²'lik bir yoğunluğun sağlanması için radyometre ile periyodik olarak izlenmiştir.Tüm restorasyonlara, kademeli bir dizi alüminyum oksit diskle (Sof-Lex; 3M ESPE, St.Paul, ABD.) bitirme işlemi yapılmıştır.

2.3. Yaşlandırma Yöntemleri

Kavitelerin restorasyonları tamamlandıktan sonra örneklerin apikal kısımları, apexten boya sızması amacıyla akıcı bir kompozitle (Filtek Supreme XT Flow) ile kapatılmıştır. Restorasyonlar ve 1 mm marjinleri hariç dişlerin bütün yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile boyanmıştır ve 3 alt gruba ayrılan 120 örnek yaşlanma protokollerine göre 30 ar örnekten oluşan 4 alt gruba ayrılmıştır. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2. Çalışma da kullanılan adezivlerin ve yaşlandırma yöntemlerinin sınıflandırılma

2.4.1. 24 Saat Suda Yaşlandırma

İlk alt gruptaki kontrol grubu olarak tayin edilen 30 örnek post-polimerizasyon için 24 saat süre ile 37°C’de distile su içerisinde bekletilmiştir.

2.4.2. 1 Yıl Suda Yaşlandırma

2. alt gruptaki 30 örnek bir yıl boyunca 37 ° C distile su içinde bekletilmiştir

2.4.3. Termal Siklus ile Yaşlandırma

3. alt gruptaki 30 örnek termal siklusda yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Banyo sıcaklığı 5-55° C (+/- 2° C), sikluslar arası bekleme süresi 30 saniye ve kuruma süresi 10 saniye olarak standardize edilmiş elektronik bir termal siklus cihazı (Thermocycler the 1100, SD Mechatronik, Germany) kullanılarak 10.000 siklus uygulanmıştır. (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Termal siklus

2.4.4. igneme Simulasyonu ile Yaşlandırma

Diğer 30 örnek ise oral kaviteyi taklit etmek amacıyla igneme simulatöründe (Esetron igneme simulatörü, Türkiye) termo-mekanik yüklemeye maruz bırakılmıştır. Termo-mekanik yükleme uygulayabilmek için, örneklerin igneme simulatörüne sabitlenebilmesi amacıyla simulatör cihazının çemberine uygun şekilde 3 cm yüksekliğinde, 2.5 cm iç çapta PVC kalıplar hazırlanmıştır. Restorasyonların servikal duvarı akriliğin 2 mm üzerinde kalacak şekilde, örnekler bu PVC kalıpların merkezinde kimyasal sertleşen soğuk akril aracılığı ile konumlandırılmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Akriliğe gömülmüş örnekler

Örnekler simulatör cihazına (Şekil 2.5) yerleştirilip ve 2 mm'lik paslanmaz elik uçlar aracılığıyla termo-mekanik yükleme uygulanmaya başlanmıştır



Şekil 2.5. Örneklerin çiğneme simülatöründe termo-mekanik olarak yüklenmesi

Çalışmada kullanılan dual akslı çiğneme simülatörü, bilgisayar ile kontrol edilen, 5°C ile 55°C arasında ısısızal değışiklikleri yansıtan ve çift yönde kuvvet uygulayabilen bir alettir. Altı adet örnek tutucusu bulunmaktadır. Simüle edilen çiğneme siklusu, test sırasında kuvvetlerin döngüsel olarak oluşturulabilmesi için bilgisayar tarafından kontrol edilmiştir. 1.6 Hz lik çiğneme frekansı, rapor edilen 0.6-1.1 s.cycle⁻¹ lik fizyolojik sınırlar içerisinde (Gillings ve ark., 1973).

Bu araştırmada çalışma gruplarındaki 30 örnek, dual akslı çiğneme simülatörü ile termo-mekanik olarak yüklenmiştir. 49 N'luk değeri posterior bölgedeki normal okluzyon ve çiğneme kuvvetlerini yansıtmaktadır. Örneklerin 1 yıllık yaşlandırma sürecine tabi tutulması planlanmıştır. Buna göre her bir örneğe 50 N'luk kuvvet, 240.000 adet siklus, 1.6 Hz frekans aralığında uygulanmıştır. Cihazın termal siklus testi sıcaklıkları (Şekil 2.6.) ve mekanik yüklemesi (Şekil 2.7.) cihazın dijital ekranı yardımı ile periyodik olarak kontrol edilmiştir.



Şekil 2.6. Termo-mekanik yüklemenin sıcaklık aralıkları



Şekil 2.7. Termo-mekanik yüklemenin kuvvet, hız ve siklus değerleri

2.5. Mikro-BT ile Mikrosızıntının Değerlendirilmesi

Dişlerin tamamı ağırlıkça %50'lik $AgNO_3$ (Merckb 101510 Silver Nitrate cryst, merck KgaA, 64271 Darmsta dt Germany) içerisinde karanlık ortamda oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Gümüş emdirilmiş dişler sonrasında distile su ile iyice durulanmış ve gümüş veya diamin gümüş iyonlarının, metalik gümüş taneciklerine indirgenebilmesi için 8 saat boyunca floresans ışık altında 1. banyo solüsyonunda (Dental X-RayDeveloper, Medley, MDC, Türkiye) bekletilmiştir ve bol miktarda distile su ile durulanmıştır. (Tay ve ark., 2004)

Örnekler hacimsel AgNO_3 penetrasyon analizi için bir Skyscan 1275 mikro-BT (Skyscan, Kontich, Belçika) ile taranmış olup şu ayarlarda kullanılmıştır (Şekil 2.8):

Kaynak voltajı: 100kV

Kaynak akımı: $100\mu\text{A}$

Imaj piksel boyutu: $27.5.00\mu\text{m}$



Şekil 2.8. Micro-BT

Her örnek yaklaşık 40 dk boyunca taranmış ve her birinden yaklaşık 500-600 görüntü elde edilmiştir. Tüm taramalarda düz alan düzeltmesi için geometrik düzeltme yapılmıştır. Örneklerin görüntüleri NRecon rekonstrüksiyon yazılımı (SkyScan, Antwerp, Belçika) kullanılarak yeniden oluşturulmuştur. Bu yazılım, artefakları ortadan kaldırır ve örneklerin aksiyal görüntüsünü net olarak elde eder. Ardından, aksiyal görüntüler Data viewer yazılımına (SkyScan, Antwerp, Belçika) yüklenmiş ve örnek üç ekseninde (aksiyal, koronal, sagittal) gösterilmiştir. Bu yazılım ile numunenin koronal görüntüleri kaydedilmiştir. Bu koronal görüntüleri izlemek ve analiz etmek için CTAn (SkyScan, Antwerp, Belçika) yazılımı kullanılmıştır.

AgNO₃ penetrasyon hacminin hesaplanırken her kesit için bütün nesneyi içeren bir ilgi bölgesi (ROI) seçilmiştir. Gri tonlama eşikleri, dentini dolgu maddesi ve boşluklardan ayırmak için tanımlanmıştır ve otomatik olarak 3 boyutlu (3D) analizler yapılmıştır. Kontrast sınırları SkyScan yönergeleri izlenerek uygulanmıştır. X-y taramaların, 2D görüntülerinin tamamlanmasından sonra her restorasyondan penetrasyon derinliklerini gösteren 3D görüntü oluşturulmuştur.

2.6. İstatistik

Farklı dentin adeziv sistemlerin, farklı yaşlandırma protokolleri altında, mikrosızıntıyı engelleme yetenekleri, mikro-BT yöntemi ile incelenmiş ve AgNO₃ penetrasyon hacmi için ortalama değerler tüm gruplar için hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılımı Kolmogorov-Smirnov ile test edilmiştir. Test edilen adezivler ve yaşlandırma protokolünün etkisi iki yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Çoklu karşılaştırma için Tukey testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak ayarlanmıştır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2. 2. Anova tablosu

| 2way ANOVA | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|--------------------------|----------|--------------------|----------------|----------|
| Tabular Result | | | | | | |
| 1 | Table Analyzed | Two-way ANOVA, not RM | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | Two Way Anova | Ordinary | | | | |
| 4 | P | 0,05 | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | Source of Variation | % of total variation | P value | P value summary | Significant? | |
| 7 | Interacction | 6,053 | P<0.0001 | **** | Yes | |
| 8 | Row Faktor | 87,41 | p<0.0001 | **** | Yes | |
| 9 | Column faktör | 2,301 | p<0.0001 | **** | Yes | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | ANOVA Table | SS | DF | MS | F(DFn,DFd) | P value |
| 12 | Interacction | 0,7037 | 6 | 0,1173 | F(6,108)=25.72 | p<0.0001 |
| 13 | Row Faktor | 10,16 | 3 | 3,387 | F(3,108)=742.8 | p<0.0001 |
| 14 | Column faktor | 0,2675 | 2 | 0,1338 | F(2,108)=20.33 | p<0.0001 |
| 15 | Residual | 0,4925 | 108 | 0,00456 | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | Number of missing values | 0 | | | | |

3. BULGULAR

Çalışmada hazırlanan toplam 120 örneğin gingival basamağında penetre olmuş AgNO₃ hacimleri ölçülerek hesaplanan sızıntı değerleri Çizelge 3.1 gösterilmiştir.

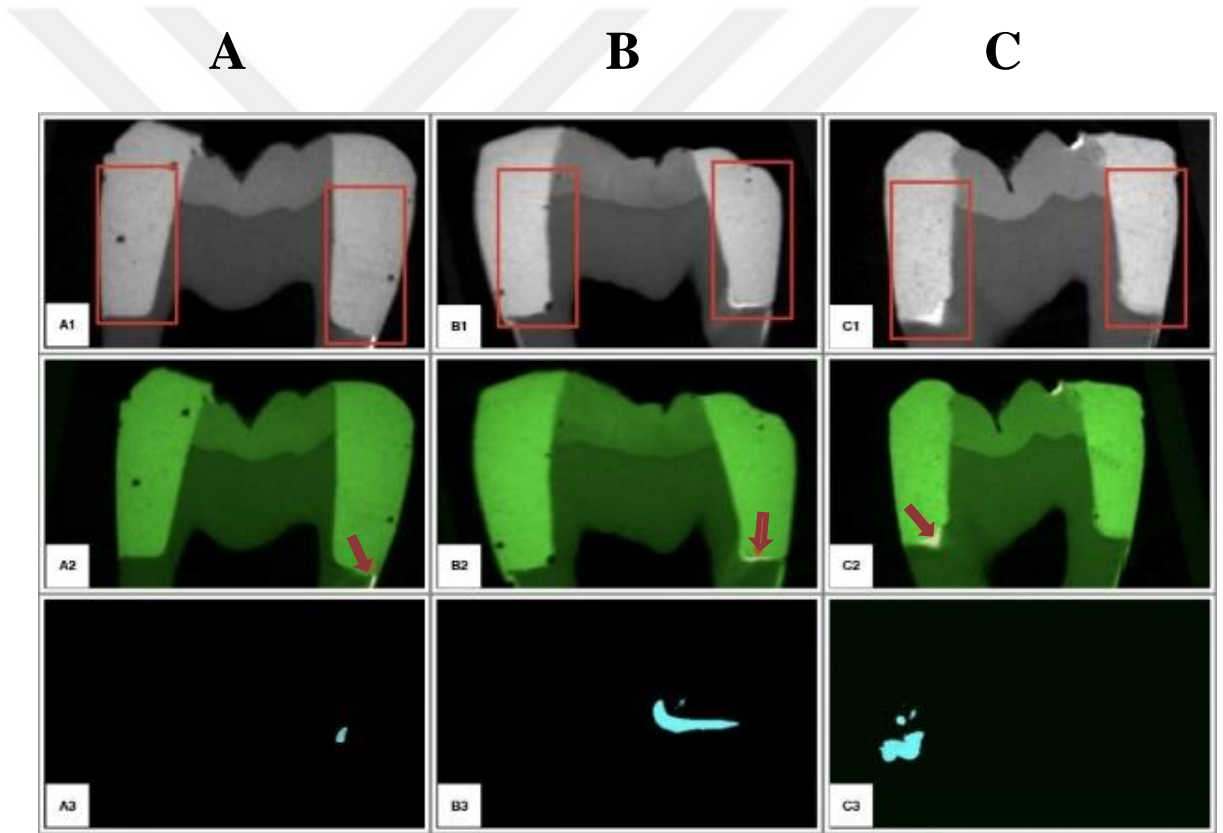
Çizelge 3.1. Örneklerin dentin-restorasyon arayüzlerinde hesaplanan AgNO₃ penetrasyonunun (mikro-BT) hacmi (ortalama ± standart sapma). Farklı küçük harfler, önemli farklılıkları gösterir.

| Adezivler | Yaşlandırma protokolleri | | | |
|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | 24 saat suda yaşlandırma (kontrol) | 1 yıl suda yaşlandırma | 10.000 termal siklus | 240.000 termo-mekanik siklus |
| | Ortalama | Ortalama | Ortalama | Ortalama |
| Clearfil SE Bond | 0,0978±0,066 ^a | 0,2132±0,034 ^b | 0,2208±0,039 ^b | 0,5757±0,055 ^c |
| Clearfil S3 Bond | 0,1088±0,065 ^a | 0,2562±0,056 ^b | 0,2502±0,026 ^b | 1,0123±0,072 ^d |
| Single Bond Universal | 0,1069±0,068 ^a | 0,2146±0,053 ^b | 0,2310±0,036 ^b | 0,8441±0,0795 ^e |

Değerlendirmeler tüm örneklerde, gingival basamaktan penetrasyon miktarı ölçülerek yapılmıştır.

Kontrol grubundaki örnekler, yaşlandırma protokolleri uygulanan gruplarla karşılaştırıldığında, en az AgNO₃ penetrasyonu göstermiştir (p<0,05). Kontrol grubundaki örneklerde uygulanan 3 farklı adeziv grubunda AgNO₃ penetrasyonu açısından bir fark bulunamamıştır. (p> 0,05).

Bir yıl suda bekletilerek ve termal siklus uygulanarak yaşlandırılan örneklerde $AgNO_3$ penetrasyon miktarı, kontrol grubundaki örneklere kıyasla önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$). Bununla birlikte, hangi adeziv uygulandığına bakılmaksızın, bir yıl boyunca suda bekletilen örnekler ile termal siklus uygulanarak yaşlandırılan örnekler arasında $AgNO_3$ penetrasyonu miktarında önemli bir fark görülmemiştir ve bu gruplarda uygulanan adezivler arasında da benzer $AgNO_3$ penetrasyonu izlenmiştir ($p>0,05$). (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Diş-restorasyon kompleksinin mikro-BT ile elde edilen X-ışını projeksiyon görüntüsü.

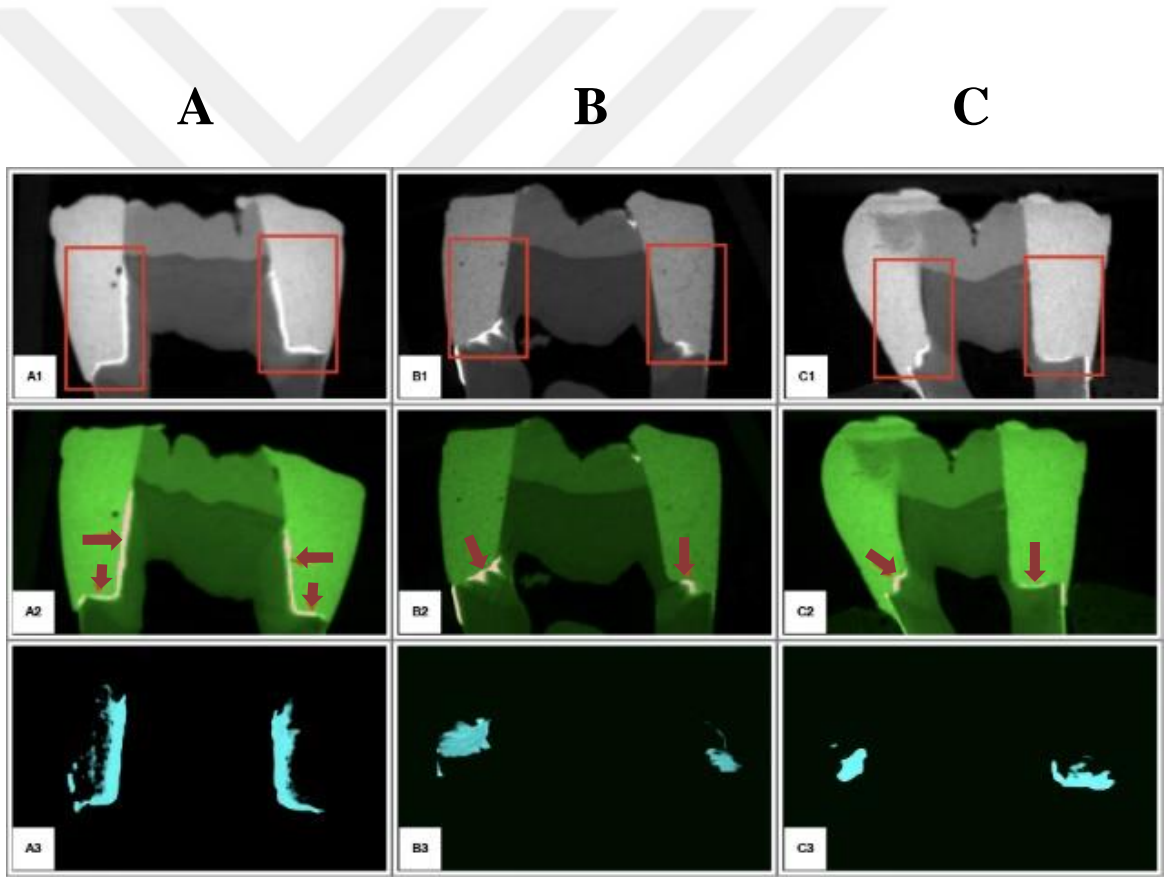
A: Kontrol grubu (Single Bond Universal) B: Suda yaşlandırma grubu (Clearfil SE Bond) C: termal siklus grubu (Clearfil S3 Bond).

A1, B1, C1: Kırmızı dikdörtgen, ilgilenilen hacmi (VOI) gösterir.

A2, B2, C2: Kırmızı oklar $AgNO_3$ penetrasyon alanlarını gösterir. $AgNO_3$ infiltrasyonu beyaz olarak gösterilmiştir.

A3, B3, C3: Gingival marjindeki $AgNO_3$ 'ün 3D görselleştirmesi.

Termo-mekanik yaşlandırma protokolü uygulanan örnekler ile diğer yaşlandırma protokolleri uygulanan örnekler ve kontrol grubunda ki örnekler arasında ise $AgNO_3$ penetrasyon miktarında istatistiksel olarak anlamlı farklar vardır ($p<0,05$). Termo-mekanik olarak yaşlandırılmış gruplar tüm gruplar arasında en yüksek $AgNO_3$ penetrasyonu göstermiştir. Bu yaşlandırma protokolünde uygulanan 3 farklı adeziv grubu arasında da fark bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek $AgNO_3$ penetrasyon miktarı Clearfil S3 Bond grubunda, ardından sırasıyla Single Bond Universal ve Clearfil SE Bond gruplarında gözlenmiştir.



Şekil 3.2. Termo-mekanik yaşlandırılmış örneklerin $AgNO_3$ penetrasyonununun mikro –BT ile elde edilen X-ışını projeksiyon görüntüsü.

A: Clearfil S3 bond uygulanmış örnek B: Single Bond Universal uygulanmış örnek C: Clearfil SE bond uygulanmış örnek.

A1, B1, C1: Kırmızı dikdörtgen, ilgilenilen hacmi (VOI) gösterir.

A2, B2, C2: Kırmızı oklar gümüş penetrasyon alanlarını gösterir. $AgNO_3$ penetrasyonu beyaz olarak gösterilmiştir.

A3, B3, C3: Gingival marjindeki $AgNO_3$ 'ün 3D görselleştirmesi

4. TARTIŞMA

Mikrosızıntı, kavite duvarı ve restoratif materyal arasındaki bakteri, likit, moleköl ve iyonların geçişi olarak tanımlanır (Bağış ve ark., 2003; Demirci ve ark., 2007; Ergücü ve Türkün 2005; Hubbezoğlu ve ark., 2006). Mikrosızıntı nedenleri arasında; polimerizasyon büzölmesi, restorasyon materyalinin ağız içerisinde maruz kaldığı ısı, mekanik ve kimyasal stresler, diş dokusu ve restorasyon materyali arasındaki ısısal genleşme katsayısı farklılıkları ve adezyonun yetersizliği gibi faktörler sayılabilmektedir (Alonso ve ark., 2006; Altun, 2004; Kubo ve ark., 2004; Moreira da Silva ve ark., 2007).

Klinisyenlerin sıklıkla uyguladıkları ve popülaritesi her geçen gün artan kompozit rezinlerin en önemli sorunlarından biri olan mikrosızıntı, sekonder çürük, renklenme ve pulpa harabiyeti gibi pek çok sorunun başlangıcını oluşturmaktadır. Bu konuda restoratif materyallerdeki ve adeziv sistemlerdeki gelişmelerin mikrosızıntının miktarını azaltmakta başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak sızıntıyı tamamen engelleyen materyal ya da yöntem henüz bulunmamaktadır (Demirci ve ark., 2007; Kocabalkan 1993).

Diş ile restorasyon arasında oluşan mikrosızıntının in vivo olarak değerlendirilmesi her zaman mümkün olmadığından, in vitro olarak yapılan çalışmalar materyallerin ve tekniklerin performansı hakkında bilgi verebilir (Jacker-Guhr ve ark., 2016). Bu nedenle çalışmamızda 3 farklı adeziv ve farklı yaşlandırma protokolleri uygulanarak in-vitro olarak mikrosızıntının değerlendirilmesi planlanmıştır.

Bazı in-vitro çalışmalarda inek dişleri kullanılsa da (Alonso ve ark., 2004; Hilton, 2002; Pazinato ve ark., 2003), canlı insan dişlerinin bağlanma ve mikrosızıntı testlerini gerçekleştirmek için en iyi substrat olduğu bildirilmektedir. (Rueggeberg, 1991; Türkün ve Ergücü, 2004). Bu nedenle çalışmamızda çekilmiş üçüncü molar insan dişleri kullanılmıştır.

Dişler çekildikten sonra geçen süre ve dişlerin saklama koşullarının, deney sonuçlarını etkileyebileceği bir çok çalışma tarafından bildirilmiştir (Konno ve ark., 2003; Retief, 1991). Bu amaca uygun olarak kullanılabilir timol, etanol, serum fizyolojik, distile su gibi farklı solüsyonlar önerilmektedir (Retief, 1991; Konno ve ark., 2003). Ancak bir çok çalışmada saklama solüsyonu olarak distile su tercih edilmiştir (Manso ve ark., 2009; Türkün ve Çelik, 2004). Bu çalışma için toplanan dişler Goodis ve ark.'nın (1993) çalışmalarındaki sonuçlar dikkate alınarak, dentin geçirgenliğini koruyabilmek amacıyla, distile su dolu cam kavanoz içinde +4 °C' de saklanmıştır.

Dişlerin çekiminden sonra restorasyonlar yapılana kadar geçen sürenin uzaması dentin yapısında değişikliklere neden olarak bağlanmayı etkileyebileceğinden çekimden sonra bekleme süresi 6 ay ile sınırlı olmalıdır (Lee ve ark., 2007). Bu nedenle çalışmamızda kullanılan dişlerin çekiminden sonraki iki hafta içerisinde restorasyon aşamaları tamamlanmıştır.

Mikrosızıntı çalışmalarında gruptaki örnek sayısı yapılan araştırmaya göre değişiklik göstermekle birlikte, bir çok çalışmada istatistiksel olarak anlamlı sonuçların elde edilebilmesi için her grupta örnek sayısının 10 olması gerektiği bildirilmiştir (Chuang ve ark., 2001; Crim ve Garcia-Godoy, 1987; Oba ve Aras, 2003; Türkün ve Ergücü, 2004;). Bu çalışmada toplam 60 adet gömülü üçüncü molar diş kullanılmış, her dişin mezial ve distal yüzeyine kutu kavite (120 kavite) hazırlanmıştır. Gruplar 10'ar örnekten oluşmakta ve 3 farklı adeziv sistemin ve 4 farklı yaşlandırma protokolünün uygulandığı toplam 12 adet alt grup bulunmaktadır.

Hazırlanan örneklerdeki kavite tasarımının boyutu, şekli ve lokasyonu, mikrosızıntı çalışmalarında önemli olabilir. Çünkü bu değişkenler adeziv materyallerin bağlanma etkinliğiyle yakından ilişkilidir (Hilton, 2002). Hazırlanan kavitenin derinliği oluşabilecek mikrosızıntının derecesini etkileyebilir. Bunun olası nedeni, dentin tübüllerinin yarıçapındaki ve yoğunluğundaki farklılıklardır (Trowbridge, 1987).

Kavitelerin yeri de, mikrosızıntı sonuçlarıyla yakından ilişkilidir. Bunun nedeninin adeziv materyallerin minede, dentinde ve sementte farklı şekillerde davranmasıdır. Bunun sonucunda iç gerilimde ve marjinal adaptasyonda farklılıklar ortaya çıkabilir ve bu farklılıklar mikrosızıntıyı etkileyebilir (Taylor ve Lynch, 1993). Yapılan mikrosızıntı çalışmalarının pek çoğunda dentin marjinlerinde gözlenen sızıntı, mine marjinlerinde gözlenen sızıntıdan daha fazladır (Besnault ve Attal, 2003; Civelek ve ark., 2003; Erdilek ve ark., 2009; Hilton ve ark., 1997; Hürmüzlü ve ark., 2002; Nalçacı ve ark., 2005; Peris ve ark., 2003; Radhika ve ark., 2010).

Sınıf II kutu kavite, posterior kompozit restorasyonlar için klasik Sınıf II kavitelere nazaran daha konservatif olmaları nedeni ile günümüzde yaygın olarak tercih edilmektedirler (Radhika ve ark., 2010). Bu sebeple bu çalışmada Sınıf II kutu kavite tercih edilmiştir. Bu çalışmada test edilen adeziv sistemlerin klinik performanslarını daha belirgin bir biçimde incelemek amacıyla Sınıf II kavite preparasyonlarını, kavite tabanı mine-sement sınırının altında kalacak şekilde tasarlanmıştır. Kavite tabanı bukklingual boyutu 3 mm; dişeti tabanı, mine-sement birleşiminin 1 mm altında ve aksiyal duvar derinliği 2 mm olacak şekilde standart kavite hazırlanmıştır.

Restoratif uygulamalarda; dental restorasyonlar ve diş dokuları arasındaki mikrosızıntının değerlendirilmesinde boyalar, radyoizotoplar, bakteriler, hava basıncı ve tarama elektron mikroskobu kullanılmaktadır (Neves, ve ark., 2010). Boya penetrasyonu yönteminde mikroskobik analiz sadece iki boyutludur ve örneklerin kesilmesini gerektirir. Ayrıca, numunenin imhası nedeniyle, aynı örnekte tekrarlanan ölçümler imkansız hale gelir. (De Munck ve ark., 2005; Rengo ve ark., 2015). Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için mikrosızıntı çalışmalarında mikro-BT analizleri tanıtılmıştır (Neves ve ark., 2010; Rengo ve ark., 2015; Zhao ve ark., 2014).

Son zamanlarda adeziv materyallerin örtücülük yeteneklerinin 3D olarak değerlendirilebilmesi için destrüktif bir yöntem olmayan mikro-BT önerilmektedir (De

Santis ve ark., 2005; Eden ve ark., 2008.). Mikro-BT ile arayüz kesitlerinin kesintisiz olarak incelenmesi, en derin sızıntı noktasının dahi tespit edilmesine olanak sağlamaktadır (Chen ve ark., 2012).

Mikro-BT'nin en büyük avantajlarından biri olarak, teste tabi tutulan numunelerin yıkıma uğramaması ve numunelerin ölçümden sonra orijinal durumlarını koruması ve daha sonra diğer ölçümlerde veya araştırmalarda (TEM veya ışık mikroskobu gözlemleri gibi) kullanılmasına olanak tanınması olduğu rapor edilmiştir (Heintze ve ark., 2008). Bu yöntemin dezavantajı ise, restoratif materyaller (örneğin kompozitler, adezivler) ile diş sert dokularının benzer kontrastı ve artefakt gibi yapay nesnelere nedeniyle 3D görüntüsü sınırlı olabilir (Jacker-Guhr ve ark., 2016; Neves ve ark., 2010 ; Zhao ve ark., 2014).

Zhao ve ark., (2014) yapmış oldukları in-vitro çalışmalarında; dentin içerisinde lokalize marjinal sızıntıyı radyografik olarak tespit etmek için kontrast bir ajan olan gümüş tercih edildiğinde mikro-BT'nin güvenilir bir teknik olduğunu rapor etmişlerdir. Mikro-BT yöntemi ile sızıntının tespit edilebilmesi için kullanılan kontrast ajanların, restoratif materyal ve diş yapısından daha radyopak olması gerektiği ve böylece az miktarda sızıntının bile ayırt edilebilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Kullanılan gümüş nitrat konsantrasyonları ve daldırma süreleri, herhangi bir standardizasyon olmadan çeşitli çalışmalar arasında farklılıklar göstermiştir. Mikro-BT ile mikro sızıntının değerlendirilmesi çoğunlukla 24 saate kadar % 25 ile % 50 arasındaki gümüş nitrat konsantrasyonlarıyla yapılır (Del-Nero ve ark., 2000; Devarasa ve ark., 2012; Eden ve ark.,2008)

Bu nedenle çalışmamızda boyalar, radyoizotoplar, bakteriler, hava basıncı ve tarama elektron mikroskobu gibi 2 boyutlu mikrosızıntı tespit yöntemlerinin dezavantajlarını elimine etmek ve az miktarda sızıntının bile tespit edilebilmesi için %50'lik AgNO₃ solüsyonunda 24 saat bekletilen örneklerin mikrosızıntı miktarının ölçümleri için mikro-BT yöntemi kullanılmıştır.

In-vitro çalışmalarda ağız içi koşullarını taklit etmek için; suda yaşlandırma, termal siklus, termo-mekanik yükleme ile yaşlandırma gibi yöntemler kullanılmaktadır (Ayaz ve ark., 2011). Ağız içerisinde restorasyonlar devamlı olarak sıcaklık ve pH gibi değişimlere maruz kalırlar. Termal stresler, diş dokusu ve restoratif materyalin termal ekspansiyon katsayıları arasındaki farklılıklara bağlı olarak arayüzde boşluk oluşumuna ve sonrasında mikrosızıntıya neden olabilirler (Türkün ve Ergücü, 2004). Bu nedenle çalışmamızda ağız içi koşulları taklit etmek amacıyla örneklere 3 farklı yaşlandırma protokolü (1 yıl suda bekletme, termal siklus, termo-mekanik yükleme) uygulanmıştır.

Çalışmamızda kullandığımız yaşlandırma tekniklerinden biri uzun süreli suda bekletmektir. Adezyon arayüzeyinin dayanıklılığı değerlendirilirken ağız boşluğunu taklit eden sulu ortamda dişlerin saklanması önerilmektedir. Bunun için genellikle uzun bekletme süreleri ile örneklerin suda bekletilmesi gereklidir (Ohno ve ark., 1996). Suda yaşlandırma diş ile adeziv arasında yapısal bozunmaya neden olan bir faktördür (Gwinnett ve Yu, 1995). Uzun dönem suda bekletme, yaşlandırmanın diş-restorasyon arasında oluşturduğu etkileri incelemenin iyi bir yoludur. Bağlanma kuvvetinin değerlendirildiği çalışmalarda suda uzun süre bekletme yöntemi ile özellikle dentinde bağlanma kuvvetinin önemli oranda değiştiği bildirilmiştir (Burrow ve ark., 1996; De Munck ve ark., 2003; Kato ve ark., 1998). Bu çalışmalar ışığında uzun süreli suda bekletilerek yapılan yaşlandırmanın, diş sert dokuları ile restorasyon arasında oluşturduğu etkileri incelemenin en iyi yollarından biri olduğu gerekçesiyle çalışmamızda 30 örnekler 1 yıl suda bekletilerek yaşlandırılmıştır.

Her yapay yaşlandırma prosedürü, adeziv arayüzü farklı bir şekilde etkiler. Hashimoto ve arkadaşları (2003), 1 yıllık suda yaşlandırmadan sonra hibrit tabaka içindeki iki yapısal bozunma paternini tarif etmişlerdir. Bu bozunma paternleri, kollajen fibrillerinin düzensizleşmesi ve daha sonra rezin-diş arasındaki bağlantı kuvvetini azaltan, interfibriller alanlardan rezinin hidrolizidir. Ortalama 1 yıl suda yaşlandırma sonunda adeziv tabakasında su ağacı oluşumu gözlemlenir. (Amaral ve ark., 2007; Cenci ve ark., 2008). Bu nedenle çalışmamızda 30 örnek 1 yıl suda bekletilerek yaşlandırılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan bir diğer yaşlandırma tekniği termal siklus yöntemidir. Gale ve Darvell'in çalışmalarına (1999) göre; 10.000 termal siklus yaklaşık olarak 1 yıllık in-vivo fonksiyona eşdeğerdir. Suda bekletilerek yaşlandırılan örneklerle paralel olacak şekilde 1 yıllık invivo fonksiyona eşdeğer 10.000 siklus uygulanmıştır.

Araştırmacılar, termal siklus kaynaklı diş-restorasyon arayüzündeki yapısal bozunmanın üç olası mekanizmasını bildirmişlerdir. Bu mekanizmaların ilki, restoratif materyalin diş rezin arayüzünde yarattığı daha yüksek büzülme-genleşme katsayısı olup, bağlanan alanda çatlak ilerlemesi ve boşluk oluşumu ile sonuçlanır (De Munck ve ark., 2005). İkinci olarak restoratif materyalin büzülme - genleşme katsayısındaki farkın neden olduğu yapısal bozunmaya ek olarak, sıcak suya bağlı kimyasal bozunma, adeziv monomerin hidrolizini hızlandırabilir (Teshima, 2010). Üçüncü olarak tüm bu mekanizmaların yanı sıra, matris metaloproteinaz (MMP) aktivasyonuna bağlı olarak hibrid katmandaki kolajen fibrillerin biyolojik olarak parçalanması, adeziv arayüzün stabilitesini etkileyebilir (Lu ve Stultz , 2013).

Termo-mekanik yükleme çalışmamızda kullanılan bir diğer yapay yaşlandırma yöntemidir. Bu yöntemde kullanılan dual akslı çiğneme simülatörü mekanik okluzal yüklemenin yanında eş zamanlı olarak termal siklus da uyguladığı için oral çevreyi taklit etmede oldukça başarılıdır. Literatüre göre çiğneme simülatöründe yaklaşık olarak 240.000- 250.000 adet siklus bir yıllık klinik ortamdaki kullanıma karşılık gelmektedir. (Florian B ve ark., 2012; Heydecke G ve ark., 2001). Çiğneme simülatörü ile yapılan çalışmalarda siklus sayıları ve uygulanan kuvvetler araştırmacıların amacına uygun olarak değişiklik göstermektedir. Literatürdeki çalışmalar ışığında bu çalışmada termo-mekanik yükleme ile yapay yaşlandırma uyguladığımız örneklerin oral bölgede maruz kaldığı kuvvetlere yakın olması amacıyla her bir örneğe, 50 N'luk kuvvet, 240.000 adet siklus, 1.6 Hz frekans aralığında uygulanmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, kontrol grubundaki örnekler, yaşlandırma protokolleri uygulanan gruplarla karşılaştırıldığında, en az $AgNO_3$ penetrasyonu göstermiştir ($p<0.05$). Bir yıl suda bekletilerek yaşlandırılan örneklerde $AgNO_3$ penetrasyon miktarı, kontrol grubundaki örneklerle kıyasla önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$), ancak bir yıl suda bekletilen örnekler ile termal siklus uygulanarak yaşlandırılan örnekler arasında $AgNO_3$ penetrasyonu açısından önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Termal siklus uygulanarak yaşlandırılan örneklerde de $AgNO_3$ penetrasyon miktarı, kontrol grubundaki örneklerle kıyasla önemli ölçüde artmıştır ($p<0.05$) Termo-mekanik yaşlandırma protokolü uygulanan örnekler ile diğer yaşlandırma protokolleri uygulanan ve kontrol grubunda ki örnekler arasında ise $AgNO_3$ penetrasyon miktarında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır ($p<0.05$). Bu sonuçlara göre çalışmanın ilk 0 hipotezi reddedilmiştir.

Her türlü “yaşlandırma”, uzun süreli bağlanma etkinliğinin azalmasına neden olur (Shirai ve ark., 2005; Walter ve ark., 2012). Bağlanma etkinliğinin azalmasında suda bekletme ve termal siklus protokolleri ile yaşlandırma, termo-mekanik yaşlandırmaya göre daha az etkilidir (Abdalla ve Davidson, 1998; De Munck ve ark.,2005; Heintze ve ark., 2008). Frankenberger ve Tay (2005) mekanik siklus sırasında sıkıştırma streslerinin serbest bırakılmasının, kapiller sıvı akışı yoluyla su taşınmasını aktif olarak destekleyen kısmi bir vakum yarattığını ve su emiliminin, termo-mekanik yaşlandırma sırasında marjinal bütünlüğü ciddi bir şekilde yapısal bozunmaya uğratabileceğini ileri sürmüşlerdir. Ek olarak, mekanik siklus uygulandığında, dış-restorasyon arayüzündeki stres konsantrasyonu adeziv tabakanın plastik deformasyonuna yol açabilir ve bu deformasyon, adeziv arayüzdeki başarısızlık için kolaylaştırıcı bir faktör olabilir (Lodovici ve ark., 2009). Çalışmamız sonucunda termo-mekanik yaşlandırma uygulanan örneklerde daha fazla $AgNO_3$ penetrasyonu görülmesinin nedeni bu durumla açıklanabilir.

Çalışmamızda termo-mekanik yaşlandırma protokolü uygulanan örnekler ile diğer yaşlandırma protokolleri uygulanan örnekler ve kontrol grubunda ki örnekler arasında ise

AgNO₃ penetrasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır (p<0,05). Thermo-mekanik olarak yaşlandırılmış gruplar, tüm gruplar arasında en yüksek AgNO₃ penetrasyonu göstermiştir. Bu yaşlandırma protokolünde uygulanan 3 farklı adeziv (Clearfil S3 Bond, Clearfil SE Bond, Single Bond Universal) grubu arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur (p<0,05). En yüksek AgNO₃ penetrasyon miktarı Clearfil S3 grubunda, ardından sırasıyla Single Bond Universal ve Clearfil SE Bond gruplarında gözlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan self-etch adezivlerin tümü hidroksiapatit içerisindeki kalsiyum (Ca⁺)'a kuvvetli bir şekilde bağlanarak adezivlerin bağlanma değerlerini arttıran, metakriloloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) monomeri içermektedir. Self-etch adezivler mikromekanik bağlanmanın yanında, içerdikleri bazı asidik fonksiyonel monomerler sayesinde de diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanabilirler. MDP'nin hidroksiapatit ile yaptığı bu iyonik bağ hidrolitik yapısal bozunmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Bu nedenle MDP ile hidroksiapatit arasındaki kimyasal bağlanma, adeziv tabakanın stabilitesinin devamlılığında önemli rol oynamaktadır (Van Meerbeek ve ark., 2005a; Yoshida ve ark., 2004).

MDP dışındaki 4-[2-(methacryloyloxy)ethoxycarbonyl]phthalic acid (4-MET) ve 2-Methacryloyloxyethyl phenyl phosphate (Fenil-P) gibi monomerler de diş sert dokularına kimyasal olarak bağlanabilirler. Ancak araştırmacılar hidroksiapatit ile kimyasal bağlanma yeteneği en iyi olan monomerin MDP olduğunu bildirilmektedir (Van Laydunt ve ark., 2007; Van Meerbeek ve ark., 2011). MDP etkili bir kimyasal bağlanmanın yanı sıra, hibrit tabakasının altında asit ataklarına karşı dirençli bir bölgenin oluşumuna neden olmaktadır (Matsui ve ark., 2015). Asit ve baz dirençli bu bölge geleneksel hibrid tabaka ve çürük önleme bölgesinden (florür salma maddesi) farklıdır. Bu nedenle, "asit baz dirençli bölge" olarak adlandırılmıştır., Hibrit tabakanın altındaki asit baz dirençli bölge, reaktif bileşenlerin (MDP) substrat olarak apatit ile kimyasal bağlanma potansiyellerine bağlanmaktadır (Van Meerbeek ve ark.,2011).

Li ve ark.'ları (2010) iki fonksiyonel monomer olan MDP ve Fenil-P içeren iki aşamalı self-etch adeziv sistemlerin asit atakları sonrası adeziv-mine arayüzünün morfolojisini araştırmışlardır. Yalnızca MDP içeren adeziv sistemin minede asit baz dirençli bölge oluşumuna neden olduğu ancak Fenil-P içeren adezivin böyle bir etkisinin bulunmadığını gözlemlemişlerdir.

Bu nedenlerden dolayı çalışmamızda bir yıl suda bekletilerek ve 10.000 termal siklus ile yaşlandırıldıktan sonra test edilen tüm adeziv sistemlerin benzer AgNO₃ penetrasyonunu göstermesinin nedeni, test edilen self-etch adeziv sistemlerinin asidik fonksiyonel monomerler olarak MDP içermesi olabilir.

Bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki test edilen adezivler termo mekanik yaşlandırma sonrasında farklı marjinal sızdırmazlık değerleri sergilemektedirler.. Termo-mekanik olarak yaşlandırılmış gruplar arasında, en yüksek AgNO₃ penetrasyonu Clearfil S3 grubunda, ardından sırasıyla Single Bond Universal ve Clearfil SE Bond gruplarında gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre çalışmanın ikinci 0 hipotezi de reddedilmiştir.

İki aşamalı bir self-etch adeziv olan Clearfil SE'nin hem primer hem de bond komponentinde MDP bulunması, MDP konsantrasyonun ve bağlanma kuvvetinin artmasına neden olmaktadır (Yoshida ve ark., 2012). Termo mekanik yaşlandırma sonrasında Clearfil SE nin test edilen diğer adezivlere oranla daha iyi marjinal sızdırmazlık göstermesi, bu materyal için self-etch adeziv sistemler içinde "altın standart" etiketlemesini doğrulayan bir bulgudur (Van Meerbeek ve ark., 2005b). Primeri hafif asidik adeziv kategorisinde (pH=2.1) olan bu adeziv, smear tabakasında azda olsa bir çözünmeye neden olarak monomer penetrasyonunu kolaylaştırıp iyi bir bağlanma için yeterli hibrit tabakası oluşumunu sağlamaktadır (Taschner ve ark.,2014). Cardoso ve ark. (2002), farklı adeziv sistemlerin kullanıldığı çalışmalarında en düşük mikrosızıntı değerlerinin Clearfil SE bond sisteminde bulduklarını bildirirken yine Hubbezoğlu ve ark. (2006) yaptığı çalışma da benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda da iki basamaklı self-etch sistem olan Clearfil SE tek aşamalı self etch adeziv olan Clearfil S3 ve universal adeziv olan Single Bond Universal adezive göre en az AgNO₃ penetrasyonu göstermektedir. Bu sonuçlar araştırmacıların sonuçları ile uyum göstermektedir.

Termo-mekanik yaşlandırma sonrasında en çok AgNO₃ penetrasyonu görülen grup Clearfil S3 Bond grubudur. Tek aşamalı self-etch adeziv olan Clearfil S3 bond üç foksiyonel basamağı (etching-priming-bonding) bir uygulamada birleştirir. Hidrofilik ve hidrofobik monomerlerin su-solvent kombinasyonunda kompleks karışımı şeklindedirler ve bu nedenle tek aşamalı self-etch adezivler oldukça hidrofiliktirler (De Munck ve ark., 2005). Araştırmacılar bu adezivlerin yarı geçirgen membran gibi davrandıklarını, dentin geçirgenliğini azaltmada etkili olmadıklarını polimerizasyondan sonra bile su diffüzyonuna izin verdiğini bildirmişlerdir (Sano ve ark., 1995; Tay ve ark., 2002; 2004).

Tek aşamalı self-etch adezivlerde, hidrofilik monomer, çözücü ve su miktarının artması çözücü buharlaştırıldıktan sonra da adeziv tabakada rezidüel çözücü kalmasına neden olmaktadır. Rezidüel çözücü, polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmesini engelleyip dönüşüm oranını azaltmakta, adeziv rezinin polimerizasyonundan sonra adeziv tabakanın geçirgenliğini arttırmakta, adezivin bağlanma performansını olumsuz etkilemekte ve yapısal bozunmaya duyarlı bir adeziv tabaka meydana gelmesine neden olmaktadır (Albuquerque ve ark., 2008; Reis ve ark., 2008; Taschner ve ark., 2012; Walter ve ark., 2011). Bu durum adezivlerde hidrofilik ve hidrofobik bütün adeziv içeriklerinin tek şişede kombine edilmesine bağlı olabilmektedir (McLean ve ark., 2015) Çalışmamızda termo-mekanik olarak yaşlandırılan gruplar arasında en fazla AgNO₃ penetrasyonunun Clearfil S3 grubunda izlenmesinin nedeni, bu tek aşamalı adezivin hidrolitesi nedeniyle geçirgen bir membran gibi davranması ile açıklanabilir.

Bu çalışma sonucunda termo-mekanik yaşlandırma sonrasında Single Bond Universal adeziv Clearfil SE den fazla, Clearfil S3 den az AgNO₃ penetrasyonu

sergilemiştir. Universal veya multi-mod olarak isimlendirilen Single Bond Universal geleneksel tek aşamalı SE adezivlere benzer bir kimyasal kompozisyona sahiptir, ancak cam seramiklere, hibrit materyallere ve kompozit rezinlere bağlanırken silanizasyon aşamasını ortadan kaldırmak için içeriğinde silan bulundurur (Hanabusa ve ark., 2012). Perdigao ve arkadaşları (2012) Single Bond Universal adezivin dentin dokusuna, iki basamaklı self-etch adeziv olan Clearfil SE adeziv sistemden daha iyi bağlandığını bildirmişlerdir. Bu durumun Single Bond Universal adezivin MDP ile birlikte polialkenoik asit kopolimeri içermesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ancak universal adezivlerin bağlanma dayanımının araştırıldığı, universal adeziv olarak Single Bond Universal, kontrol grubu olarak iki basamaklı self-etch adeziv olan Clearfil SE Bond'un kullanıldığı diğer çalışmalarda, iki basamaklı self-etch adezivin daha yüksek bağlanma dayanımı sergilediği gösterilmiştir. (Muñoz ve ark., 2013;2015, McLean ve ark., 2015). Bizim çalışmamızda da Single Bond Universal adeziv Clearfil SE bonda göre daha fazla AgNO₃ penetrasyonu göstermiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre; termo-mekanik yaşlandırma sonrasında test edilen adezivlerin farklı marjinal sızdırmazlık göstermesinin nedeninin bu adeziv sistemlerin kimyasal yapısının, hidrofilik özelliklerinin ve dentine bağlanma güçlerinin farklı olmasından kaynaklanabileceğidir.

Test edilen tüm yaşlandırma protokollerinin, bu çalışmanın sonuçları tarafından onaylandığı gibi AgNO₃ penetrasyonu üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu sonuçlar yapay yaşlandırma protokollerinin adezivlerin sızdırmazlık özelliğini olumsuz yönde etkileyebileceğini öne süren çalışmaları doğrulamaktadır (Frankenberger ve Tay, 2005; Zanatta ve ark., 2019).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Adeziv arayüzünü bozan etkenlerin tümü ağız içi ortamda aynı anda meydana gelir ve bu durum in-vivo koşulların karmaşık etkilerini taklit etmeyi zorlaştırır. Bununla birlikte, bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde varılabilecek sonuçlar şunlardır:

(1) Test edilen tüm yaşlandırma protokolleri, dentinde AgNO₃ penetrasyonunda artışa yol açmıştır.

(2) Bir yıl suda bekletme ve 10.000 termal siklusla yaşlandırma metodu ile test edilen adezivler benzer miktarda AgNO₃ penetrasyonu sergilemiştir.

(3) Termomekanik yükleme ile yaşlandırma sonrasında test edilen örnekler ,1 yıl suda bekletilen ve termal siklusla yaşlandırılan örneklere nazaran daha fazla AgNO₃ penetrasyonu göstermiştir

(4) Test edilen adezivler, termo-mekanik yükleme sonrasında farklı mikrosızıntı değerleri gösterirken en az AgNO₃ penetrasyonu 2 basamaklı self-etch adeziv uygulandığında saptanmıştır.

Hidrofilik adezivlerin arayüzündeki bozulmanın temel nedeni yapısal bozunma olarak kabul edildiğinden (Breschi ve ark., 2008; Malacarne ve ark., 2006; Tay ve ark., 2003b), bu çalışmanın bulgularını doğrulamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir; Yapılacak olan araştırmalarda , suya karşı daha düşük duyarlılığı olan (etch-rinse) farklı adeziv sistemler kullanılmalıdır. Ek olarak, pH siklusu (laktik asit döngüsünü simüle etmek için) ve MMP inhibitörlerinin kullanımı (Carrilho ve ark., 2007) gibi alternatif in-vitro testlerin yapılması, hibrit tabakasının içinde oluşan yapısal bozunma fenomenlerinin rolünü anlamak için önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- ABDALLA AI, DAVIDSON CL.(1998). Bonding efficiency and interfacial morphology of one-bottle adhesives to contaminated dentin surfaces. *Am J Dent.*; **11** :281-285.
- ALBUQUERQUE M, PEGORARO M, MATTEI G, REIS A, LOGUERCIO AD. (2008). Effect of double-application or the application of a hydrophobic layer for improved efficacy of one-step self-etch systems in enamel and dentin. *Oper Dent*; **33**: 564-570.
- ALONSO, R.C.B., SINHORETI, M.A.C., SOBRINHO, L.C., CONSANI, S., GOES, M.F. (2004). Effect of resin liners on the microleakage of class v dental composite restorations. *J. Appl. Oral Sci.*, **12**: 56-61.
- ALTUN C. (2004). Restoratif Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı. *Gülhane Tıp Derg*, **46**: 264-269
- AMARAL FLB, COLUCCI V, PALMA-DİBB RG, CORONA SİLMARA AM. (2007) Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent*, **19**: 340-354.
- ANDİA-MERLİN R.Y., GARONE-NETTO N., ARANA-CHAVEZ V.E.(2001). SEM evaluation of the interaction between a three-step adhesive and dentin. *Oper Dent*, **26**: 440-444.
- AYAZ F, TAĞTEKİN D, YANIKOĞLU F. (2011) Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *J Dent Fac Atatürk Uni* **4** : 49-56,.
- AYYILDIZ, S., UYAR, H.A., YÜZÜGÜLÜ B. (2009). Diş hekimliğinde mikrosızıntı inceleme yöntemleri. *Atatürk univ. dis hekim. fak. derg.*, **19**: 219-226
- BAĞIŞ YH, MOSTOBEL K, TARAKÇIOĞLU A, (2003). Beş Farklı Adeziv Restoratif Sistem Kullanılarak Yapılan Class V Restorasyonlarda Mikrosızıntının İncelenmesi. *AÜ Diş Hek. Fak. Derg* **30**: 207-214.
- BALTZER A, KAUFMANN-JINOIAN V. (2002). Experience with infiltration ceramics in Cerec CAD / CAM technology *Quintessenz Zahntechnik*, **28**: 928–998.
- BATES JF, STAFFORD GD, HARRISON A. (1976). Masticatory function a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. *J Oral Rehabil*, **3**: 57-67.
- BERGENHOLTZ, G., COX, C.F., LOESCHE, W.J., SYED, S.A. (1982). Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. *J. Oral Pathol.*, **11**: 439-450.
- BESNAULT, C., ATTAL, J.P. (2003). Simulated oral environment and microleakage of Class II resin-based composite and sandwich restorations. *Am. J. Dent.*, **16**: 186-190.
- BOUİLLAGUET S., GYSİ P., WATAHA J.C., CİUCCHİ B., CATTANİ M., GODİN C., MEYER J.M.(2001) Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent.*; **29** :55-61.

- BOWEN, R.L. (1965). Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues. III. Bonding to dentin improved by pretreatment and the use of surface-active comonomer. *J. Dent. Res.*, **44**: 903-905.
- BRESCHI L, MAZZONI A, RUGGERI A, CADENARO M, DI LENARDA R, DORIGO EDS. (2008) Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater.*; **24**: 90-101.
- BRESCHI L, PERDIGAO J, LOPES MM, GOBBI P, MAZZOTTI G.(2003) Morphological study of resin-dentin bonding with TEM and in-lens FESEM. *Am. J. Dent*; **16**: 463-468.
- BROWN WS, JACOBS HR, THOMPSON RE. (1972). Thermal fatigue in teeth. *J Dent Res*, **51**: 461-467.
- BUONOCORE, M.G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent. Res.* **34** :849-853.
- BURROW MF, SATOH M, TAGAMI J (1996). Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent Mater* **12**:302-330
- CALLISTER WD and RETHWISCH DG. (2007). Materials science and engineering: an introduction. 7 ed. Wiley Asia Student Ed, John Wiley & Sons, New York ;: 227–238.
- CARDOSO PEC; SADEK FT, GORACCI C, FERRARI M, (2002). Adhesion testing with the microtensile method: Effects of dental substrate and adhesive system and bond strength measurement. *J Adhes Dent*, **4**: 291-297.
- CARDOSO PC, LOGUERCIO AD, VIEIRA LC, BARATIERI LN, REIS A.(2005) Effect of prolonged application times on resin-dentin bond strengths. *J. Adhes. Dent.*; **7** :143-149.
- CARRILHO MR, GERALDELI S, TAY F, DE GOES MF, CARVALHO RM, TJADERHANE L, REIS AF, HEBLING J, MAZZONI A, BRESCHI L, PASHLEY D. (2007) In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *Journal of dental research.*; **86**: 529-533.
- CENCI MS, VENTURINI D, CENCI TP, PIVA E, DEMARCO FF. (2008). The effect of polishing techniques and time on the surface characteristics and sealing ability of resin composite restorations after one-year storage. *Oper Dent*, **33**: 169-176.
- CHEN X, CUIJPERS V, FAN M and FRENCKEN J. (2012). Validation of micro- CT against the section method regarding the assessment of marginal leakage of sealants. *Australian dental journal*, **57**,196-199.
- CHEN C., NIU L.N., XIE H., ZHANG Z.Y., ZHOU L.Q., JIAO K., CHEN J.H., PASHLEY D.H., TAY F.R. (2015). Bonding of universal adhesives to dentine--Old wine in new bottles? *J Dent.*; **43** :525-536
- CHERSONI, S., SUPPA, P., BRESCHI, L., FERRARI, M., TAY, F.R., PASHLEY, D.H., PRATI, C. (2004). Water movement in the hybrid layer after different dental treatments. *Dent. Mater.*, **20**: 796-803.

- CHİBA Y, RİKUTA A, YASUDA G, YAMAMOTO A, TAKAMİZAWA T, KUROMAWA H, ANDO S, MİYAZAKİ M. (2006). Influence of moisture conditions on dentin bond strength of single-step self-etch adhesive systems. *J Oral Sci* .**48**: 131-137.
- CHRISTENSEN, G.J. (2001). Self-etching primers are here. *JADA.*, **132**: 1041–1043.
- CHUANG SF, LIU JK, CHAO CC, LIAO FP, CHEN YH. (2001). Effects of owable composite lining and operator experience on microleakage and internal voids in Class II composite restorations. *J Prosthet Dent*, **85**: 177-183.
- CİVELEK, A., ERSOY, M., L'HOTELIER, E., SOYMAN, M., SAY, E.C. (2003). Polymerization shrinkage and microleakage in Class II cavities of various resin composites. *Oper. Dent.*, **28**: 635-641
- CIVELEK A, ERSOY M, ÖZEL E, SOYMAN M. (2005). Flexural modulus and polymerization shrinkage of Class V composite resin restorations. *Balk J Stom*, **9**: 22-24.
- CRAIG, R.G., POWERS, J.M. (2002). Restorative Dental Materials. 11th Ed. St. Louis: Mosb y; p.:260-285.
- CRIM GA, GARCIA-GODOY F. (1987). Microleakage: the effect of storage and cycling duration. *J Prosthet Dent*. **57**: 574–576.
- DAYANGAÇ, B. (2000). Bonding sistemleri.2. bölüm . Kompozit Rezin Restorasyonlar, Ankara: Güneş Kitabevi. :21-39
- DE ALMEIDA NEVES A, VIVAN CARDOSO M , VAN MEERBEEK B. (2011) . Does DIAGNOdent provide a reliable caries-removal endpoint? *J Dent*. **39** :351-360.
- DE MUNCK J, VAN MEERBEEK B, YOSHİDA Y, INOUE S, VARGAS M, SUZUKİ K, LAMBRECHTS P, VANHERLE G.(2003). Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* ;**82** :136-140.
- DE MUNCK J. (2004).An in vitro and in vivo study on the durability of biomaterial-tooth bonds. Katholieke universiteit, Belgium. p:5
- DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, PEUMANS M, POITEVIN A, LAMBRECHTS P, BRAEM M, VAN MEERBEEK B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, **84** : 118-132.
- DE SANTİS R, MOLLİCA F, PRİSCO D, RENGO S, AMBROSİO L, NİCOLAİS L. A (2005). 3D analysis of mechanically stressed dentin-adhesive-composite interfaces using X-ray micro-CT. *Biomaterials*;**26**:257-270.
- DEBRUYNE,N.A.,HOWWINK,R.(1951).Adhesion and Adhesives, London.Elsevier,p:581-582
- DELIVANIS, P.D., CHAPMAN, K.A. (1982). Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, **53**: 410-416.

- DEL-NERO MO, ESCRIBANO N, DE LA MACORRA JC. (2000) Analysis of sealing vs tensile bond strength of eight adhesive restorative material systems. *J Adhes Dent*; **2**: 117-127.
- DEMİRCİ M, ÖZER F, KUŞDEMİR M, SANCAKLI HŞ, KARAKAYA Ş, (2007). Adeziv Sistemlerin farklı uygulama şekillerinin V. sınıf kavitelelerdeki mikrosızıntı üzerine etkileri. *SÜ Diş Hek. Fak. Dergisi*, **16**: 29-38.
- DEMİREL G., GÜR G., ERYILMAZ M., ALTANLAR N. (2018) The effects of self-etch bio-active dental adhesive systems on bacterial microleakage, *Journal of Adhesion Science and Technology*, **32**: 1044-1054
- DERKSON, G.D., PASHLEY D.H. (1986). Microleakage measurement of selected restorative materials: A new in vitro method. *J. Prosthet. Dent.*, **56**: 435-440.
- DEUS, D.G., MURAD, F.C. (2006). Analysis of the sealing ability of different obturation techniques in oval-shaped canals: a study using bacterial leakage model. *Braz. Oral. Res.*, **1**: 64-69.
- DEVARASA GM, SUBBA REDDY VV, CHAİTRA NL, SWARNA YM.(2012) Self-etching adhesive on intact enamel, with and without pre-etching. *Microsc Res Tech* ;**75**:650-654
- DOUGLAS, W. H. (1989). A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *J. Dent.*, **17**: 184-188.
- DOWKER, S.E., ANDERSON, P., ELLIOTT, J.C. (1999). Real-time measurement of in vitro enamel demineralization in the vicinity of the restoration-tooth interface. *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, **10**: 379-82.
- DUNCAN LL.(2003) Philips Science of Dental Materials. Twelfth Edition Inc;381-398.
- EDEN E, TOPALOGLU-AK A,CUIJPERS V, FRENCKEN JE. (2008). Micro-CT for measuring marginal leakage of Class II resin composite restorations in primary molars prepared in vivo. *Am J Dent.* **21** :393-397
- ERDEMİR, U., YAMAN B.C. (2011) Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve mikrosızıntı araştırma yöntemleri. *İstanbul univ. dis hekim. fak. derg.*, **45**: 25-35.
- ERDİLEK, D., DÖRTER, C., KORAY, F., KUNZELMANN, K.H., EFES, B.G., GOMEÇ, Y. (2009). Effect of thermo-mechanical load cycling on microleakage in class II ormocer restorations. *Eur. J. Dent.*, **3**: 200-205.
- ERGÜCÜ Z, TÜRKÜN LŞ (2005). Nanokompozitlerin Mikrosızıntısında Adezivlerin Önemi. *EÜ Diş Hek. Fak. Dergisi* **26**: 59-64.
- ERİCKSON R.L., BARKMEIER W.W., LATTA M.A.(2009).The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dent Mater.*; **25** :1459-1467
- ERİCKSON, R.L. (1992) Surface interactions of dentin adhesive materials. *Oper Dent*, **5**: 81-94.

- FEATHERSTONE JDB, O'REALLY MM, SHARIATI M, BRUGLER S. (1986). Enhancement of remineralization in vitro and in vivo. In Leach AS editor. Factors relating to demineralization and remineralization of the teeth. Oxford (English): IRL., p. 23-34
- FITCHIE, J.G., REEVES G.W. (1990). Microleakage of two new dentinal bonding systems. *Quintessence Int.*, **21**: 749-752.
- FLORIAN B, MICHAEL S , JAN FG, DANIEL E , MICHAEL N. (2012). In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dent. Mater.*, **28**: 449-456.
- FONTIJN FA, SLAGTER AP, VAN DER BILT A, VAN MA, WITTER DJ, KALK W, JANSEN JA. (2000). Biting and chewing in overdentures, full dentures, and natural dentitions. *J Dent Res*, **79**: 1519-1524.
- FRANKENBERGER R, PASHLEY D, REICHE S, LOHBAUERA U, PETSCHelta A, TAY F. (2005). Characterisation of resin-dentine interfaces by compressive cyclic loading. *Biomaterials*, **26**:2043-2052.
- FRANKENBERGER R, TAY F. (2005). Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermomechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin restorations. *Dent Mater*, **21**:397-412.
- FRANKENBERGER R., LOHBAUER U., ROGGENDORF M.J., NAUMANN M., TASCHNER M.(2008). Selective enamel etching reconsidered: better than etch-and-rinse and self-etch. *J Adhes Dent*. **10**: 339-44.
- FRANKENBERGER, R., PERDIGAO, J., ROSA, B.T., LOPES, M. (2001). "No-bottle" vs "multibottle" dentin adhesives- a microtensile bond strength and morphological study. *Dent. Mater.*, **17**: 373-380.
- FUSAYAMA T.(1979). Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J Dent Res.*; **58**:1364-1370.
- GALE M, DARVELL B. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*, **27**: 89-99.
- GIANNINI M, MAKISHI P, AYRES AP, VERMELHO PM, FRONZA BM, NIKAIDO T, TAGAMI J. (2015). Self-etch adhesive systems: a literature review. *Braz Dent J*; **26** :3-10.
- GOING, R.E., MAYERS H.M, PRUSSIN S.G. (1968). Quantitative method for studying microleakage in vivo and in vitro. *J. Dent. Res*. **47**: 1128-1132.
- GONCALVES M.,CORONA,S.A.,BORSATTO, M.C., SILVA,P.C., PECORA, J.D. (2002). Tensile bond strength of dentin-resinous system interfaces conditioned with Er:YAG laser irradiation. *J Clin Laser Med Surg.*, **20**: 89-93.
- GONZALEZ, N.A.G., KASIM, N.H.A., AZIZ R.D. (1997). Microleakage Testing. *Annals. Dent. Univ. Malaya.*, **4**: 31-37

- GOODIS, H.E., MARSHALL, G.W., WHITE, J.M., GEE, L., HORNBERGER, B., MARSHALL, S.J. (1993). Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent. Mater*, **9**: 79-84.
- GÖKALP S, KİREMİTÇİ A. (2001). Dentin adezivler. *Hacettepe Diş. Hek. Fak. Derg*; **25**: 44-51.
- GWİNNETT AJ, YU S.(1995). Effect of long-term water storage on dentin bonding. *Am J Dent*; **8**:109-111.
- GWİNNETT JA, TAY FR, PANG KM, WEİ SH. (1995).Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *J Prosthet Dent.*; **74** :575-585.
- HANABUSA M., MİNE A., KUBOKİ T., MOMOİ Y., VAN ENDE A., VAN MEERBEEK B., DE MUNCK J.(2012). Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine.*J Dent.*; **40**: 475-484.
- HASHIMOTO, M, OHNO, H., KAGA, M, ENDO, K, SANO, H., OGUCHI, H. (2000). In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J. Dent. Res*, **79**: 1385-1391.
- HASHİMOTO M, TAY FR, OHNO H, SANO H, KAGA M, YİU C, KUMAGAİ H, KUDOU Y, KUBOTA M, OGUCHİ H. (2003). SEM and TEM analysis of water degradation of human dentinal collagen. *J Biomed Mater Res: Part B, Appl Biomater*; **66**: 287-298
- HASHİMOTO M.(2010). Micromorphological evidence of degradation in resin-dentin bonds and potential preventional solutions. *Appl Biomater*; **92**: 268-280.
- HEİNTZE SD, G. ZELLWEGERA G, CAVALLERIA A, FERRACANEB J. (2006). Influence of the antagonist material on the wear of different composites using twodifferent wear simulation methods. *Dent Mater*, **22**: 166-175.
- HEİNTZE S, FORJANİC M, CAVALLERİ A. (2008) Microleakage of Class II restorations with different tracers-comparison with SEM quantitative analysis. *J Adhes Dent*; **10**: 259-267.
- HEMBREE, J.H. (1989). Microleakage at the gingival margin of class II composite restorations with glass-ionomer liner. *J. Prosthet. Dent.*, **61**: 28-30.
- HERSEK, N., CANAY, S., AKÇA, K., CİFTÇİ, Y. (2002). Comparison of microleakage properties of three different filling materials. An autoradiographic study. *J. Oral Rehabil.*, **29**: 1212-1217
- HEYDECKE G, ZHANG F, RAZOOG ME. (2001). In-Vitro color stability of double layer veneers after accelerated aging. *J Prosthet Dent*, **85**: 551-557.
- HILTON, T.J. (2002). Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 1. *Am. J. Dent.*, **15**: 198-210.

- HILTON, T.J., SCHWARTZ, R.S., FERRACANE, J.L. (1997). Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. *Quintessence Int.*, **28**: 135-144.
- HOBSON RS, MCCABE JF.(2002) Relationship between enamel etch characteristics and resin-enamel bond strength. *Braz. Dent J.*, **192**: 463-468.
- HUBBEZOĞLU İ.,HÜRMÜZLÜ F., BOLAYIR G.(2006). Yeni nesil self-etching adeziv sistemlerin rezin-dentin arayüzeyindeki mikrosızıntılarının karşılaştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.*,**9**: 26-31.
- HÜRMÜZLÜ, F., SİSO, Ş., IŞIN, D. (2002). Sınıf II restorasyonlarda beş restoratif materyalin mikrosızıntı değerlendirilmesi. *Cumhuriyet univ. dis.. hek. fak. derg.*, **5**: 67-70.
- JACKER-GUHR S, IBARRA G, OPPERMAN L, LÜHRS A-K, RAHMAN A and GEURTSEN W. (2016) Evaluation of microleakage in class V composite restorations using dye penetration and micro-CT. *Clinical oral investigations*, **20**: 709-1718.
- JACOBSEN, T., SODERHOLM, K.J. (1995). Some effects of water on dentin bonding. *Dent. Mater.*, **11**: 132-136.
- JUNG S-H, MIN K-S, CHANG H-S, PARK S-D, KWON S-N and BAE J-M. (2007) Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading. *The Journal of prosthetic dentistry*, **98**: 270-276
- KANEMURA N., SANO H., TAGAMİ J.(1999).Tensile bond strength to and SEM evaluation of ground and intact enamel surfaces. *J Dent.*; **27**: 523-530.
- KARAGENÇ, B., GENÇOĞLU, N., ERSOY, M., CANSEVER, G., KÜLEKÇİ, G. (2006). A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, **102**: 100-113.
- KATO G, NAKABAYASHİ N.(1998). The durability of adhesion to phosphoric acid etched, wet dentin substrates. *Dent Mater* **14**:347-352.
- KERN M, DOUGLAS WH, FECHTIG T, STRUB JR, DELONG R. (1993). Fracture strength of all- porcelain, resin bonded bridges after testing in an artificial oral environment. *J Dent.*, **21**:117-21.
- KIDD, E. A.M. (1976). Microleakage: a review. *J. Dent.*, **4**: 199-206.
- KIDD, E.A.M., BEIGHTON, D. (1996). Prediction of secondary caries around tooth-colored restorations: a clinical and microbiological study. *J. Dent. Res.*, **75**: 1942-1946.
- KOCABALKAN E, (1993). Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı ve Tespit Yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hek Fak Derg* **3**: 52-56.

- KOHYAMA K, HATAKEYAMA E, SASAKI T, DAN H, TERUAKI AZUMA T, KARITA K. (2004). Effects of sample hardness on human chewing force: a model study using silicone rubber. *Arch Oral Biol*, **49**: 805-816.
- KONNO AN, SINHORETI MA, CONSANI S, CORRER SOBRINHO L, CONSANI RL. (2003). Storage effect on the shear bond strength of adhesive systems. *Braz Dent J*, **14**: 42-47.
- KRAMER N, RUDOLPH H, GARCIA-GODOY F, FRANKENBERGER R. (2012). Effect of thermo-mechanical loading on marginal quality and wear of primary molar crowns. *Eur Arch Paediatr Dent*, **13**:185-190.
- KUBO S, YOKOTA H, YOKOTA H, HAYASHI Y. (2004). Microleakage of cervical cavities restored with flowable composites. *Am J Dent*, **17**(1), 33-37.
- KUGEL, G., FERRARI, M. (2000). The science of bonding: from first to sixth generation. *J. Am. Dent. Assoc.*, **131**: 20-25.
- KWON OH, PARK S. (2012) Evaluation of internal adaptation of dental adhesive restorations using Micro-CT. *Restor. Dent. Endod.*; **37**: 41-49.
- LEE JJ, NETTEY-MARBELL A, COOK AJR, PIMENTA LA, LEONARD R, RITTER AV. (2007). Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *JADA*, **138**: 1599-1603
- LEINFELDER, K.F. (2001). Dentin adhesives for the twenty-first century. *Dent. Clin. North. Am.*, **45**: 1-6.
- LELOUP G, D'HOORE W, BOUTER D, DEGRANGE M, VREVEN J. (2001) Meta-analytical review of factors involved in dentin adherence. *J Dent Res*; **80**:1605-1614.
- LI H, BURROW M, TYAS M. (2002). The effect of load cycling on the nanoleakage of dentin bonding systems. *Dent Mater*, **18**: 111-119.
- LI N., NIKAIDO T. , TAKAGAKI T., SADR A., MAKISHI P., CHEN J (2010) The role of functional monomers in bonding to enamel: Acid-base resistant zone and bonding performance- *Journal of dentistry*, **38** :722-730
- LI, H., BURROW, M.F., TYAS, M.J. (2003). The effect of concentration and pH of silver nitrate solution on nanoleakage. *J. Adhes. Dent.*, **5**: 19-25
- LINDQUIST TJ and CONNOLLY J. (2001) In vitro microleakage of luting cements and crown foundation material. *The Journal of prost. dent.*, **85**: 292-298
- LODOVÍCI E, REIS A, GERALDELI S, FERRACANE JL, BALLESTER RY, RODRIGUES FILHO LE.(2009). Does adhesive thickness affect resin-dentin bond strength after thermal/load cycling? *Oper Dent.*; **34** :58-64.

- LOPES, G.C., CARDOSO, P.C., VIEIRA, L.C., BARATIERI, L.N., RAMPINELLI, K., COSTA, G. (2006). Shear bond strength of acetone-based one-bottle adhesive systems. *Braz. Dent. J.*, **17**: 39–43.
- LU KG, STULTZ CM.(2013). Insight into the degradation of type-I collagen fibrils by MMP-8. *Journal of molecular biology.* **425**:1815-1825.
- MACARÌ S, GONÇALVES M, NONAKA T, DOSSANTOS JM.(2002) Scanning electron microscopy evaluation of the interface of three adhesive systems. *Braz. Dent. J.*; **13**: 33-38.
- MALACARNE J, CARVALHO RM, DE GOES MF, SVIZERO N, PASHLEY DH, TAY FR, YIU CK, CARRILHO MR. (2006). Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent. Mater.* .:;**22**: 973-980.
- MALI, P., DESHPANDE, S., SINGH, A. (2006). Microleakage of restorative materials: an in vitro study. *J. Indian Soc. Pedod. Prev. Dent.*, **24**: 15-18.
- MANSO AP, BEDRAN-RUSSO AK, SUH B, PASHLEY DH, CARVALHO RM. (2009). Mechanical stability of adhesives under water storage. *Dent Mater*, **25**: 744–749.
- MARTIN S, MILTIADIS EM, KLAUS L, MATTHIAS K. (2009). In vitro evaluation of a mechanical testing chewing simulator. *Dent. Mater.*, **25**: 494-499.
- MATHARU, S., SPRATT, D.A., PRATTEN, J., NG, Y.L., MORDAN, N., WILSON, M., GULABIVALA, K. (2001). A new in vitro model for the study of microbial microleakage around dental restorations: a preliminary qualitative evaluation. *Int. Endod. J.* **34**: 547-553.
- MATHEW, M., PARAMESWARAN-NAIR, E.K., KRISHNAN, K. (2001). Bonding agent is a decisive factor in determining the marginal leakage of dental composites subjected to thermal cycling: an in vitro study. *J. Oral Rehabil.*, **28**: 68-77.
- MATSUI N, TAKAGAKI T, SADR A, IKEDA M, ICHINOSE S, NIKAIDO T, TAGAMI J. (2015). The role of MDP in a bonding resin of a two-step self-etching adhesive system. *Dent. Mater.*; **34**: 227-233.
- MCLEAN DE, MEYERS EJ, GUILLORY VL, VANDEWALLE KS. (2015). Enamel Bond Strength of New Universal Adhesive Bonding Agents. *Oper Dent.*; **40**: 410-417.
- MENA-SERRANO A., KOSE C., DE PAULA E.A., TAY L.Y., REIS A., LOGUERCIO A.D., PERDIGÃO J. (2013). A new universal simplified adhesive: 6-month clinical evaluation. *J Esthet Restor Dent.*; **25**: 55-69
- MEYER, J.M., DENNISON, J.B., AND CRAG, R.G. (1974). Improved method of neutron activation analysis for microleakage studies. *J. Dent. Res.*, **53**: 356-363.
- MOLL K, PARK HJ, HALLER B. (2002) Bond strength of adhesive composite combinations to dentin involving total and self-etch adhesives. *J. Adhes. Dent.*; **4**: 171-80

- MOMOI, Y., IWASE, H., NAKANO, Y., KOHNO, A., ASANUMA, A., YANAGISAWA, K. (1990). Gradual increases in marginal leakage of resin composite restorations with thermal stress. *J. Dent. Res.*, **69**: 1659-1663.
- MONTES MAJR, DE GOES MF, SÌNHORETTÌ MAC.(2005) The in vitro morphological effects of some current pre-treatments on dentin surface: A SEM evaluation. *Oper Dent*; **30**: 201-212.
- MOREIRA DA SILVA E, DOS SANTOS GO, GUIMARAES JGA, BARCELLOS AAL, SAMPAIO EM. (2007). The influence of C-factor, flexural modulus and viscous flow on gap formation in resin composite restorations. *Oper Dent*, **32**: 356-362
- MORNEBURG TR, PROSCHEL PA. (2002). Measurement of masticatory forces and implant loads: a methodologic clinical study. *Int J Prosthodont.*, **15**: 20-27.
- MOSZNER, N., SALZ, U., ZIMMERMANN, J. (2005). Chemical aspects of self-etching enamel–dentin adhesives: A systematic review. *Dent. Mater.*, **21**: 895–910.
- MUÑOZ M.A., LUQUE I., HASS V., REIS A, LOGUERCIO A.D. BOMBARDA N.H.(2013).Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent.*; **41**: 404-411
- MUÑOZ MA, LUQUE-MARTÍNEZ I, MALAQUIAS P, HASS V, REIS A, CAMPANHA NH, LOGUERCIO AD. (2015). In Vitro Longevity of Bonding Properties of Universal Adhesives to Dentin. *Oper Dent*; **40**: 282-292.
- NAKABAYASHI, N., TAKARADA, K. (1992). Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent. Mater.*, **8**: 125-130.
- NAKABAYASHI, N., PASHLEY, D. H. (1998). Characterization of the hybrid layer. In: Nakabayashi N, Pashley DH, editors. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo: Quintessence Publishing Co, Ltd; 1998. p. 57–85.
- NALÇACI, A., SALBAŞ, M., ULUSOY, N. (2005). The effects of soft-start vs continuous- light polymerization on microleakage in Class II resin composite restorations. *J. Adhes. Dent.*, **7**: 309-314.
- NEVES ADA, COUTINHO E, CARDOSO MV, JAECQUES SV and VAN MEERBEEK B. (2010) Micro-CT based quantitative evaluation of caries excavation. *Dent. Mater.*, **26**: 579-588.
- NEVES ADA, COUTINHO E, DE MUNCK J and VAN MEERBEEK B. (2011b) Caries removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. *Journal of dentistry*, **39**: 154-162.
- NEVES ADA, COUTINHO E, DE MUNCK J, LAMBRECHTS P and VAN MEERBEEK B. (2011a) Does DIAGNOdent provide a reliable caries-removal endpoint? *Journal of dentistry*, **39**: 351-360.

- OBA A, ARAS Ş. (2003). Fuji II LC ve F2000'in mikrosızıntı özelliklerinin süt dişinde in vitro koşullarda karşılaştırılması. *GÜ Diş Hek Fak Derg*, **20**: 23–28.
- OHNO H, ARAKİ Y, ENDO K, YAMANE Y, KAWASAHİMA I.(1996). Evaluation of water durability at adhesion interfaces by peeling test of resin film. *Dent Mater J*; **15** : 183-192
- PANGSRİSOMBOON B, HARNİRATTİSAİ C, NİLSRİ K, BORROW MF. (2007).Microtensile bond strength of self-etching systems to differently prepared dentin. *Am J Dent*; **20**: 259-305
- PASHLEY DH, TAY FR (2016). Defying ageing: An expectation for dentine bonding with universal adhesives? *Journal of dentistry* **45**: 43-52.
- PASHLEY DH, TAY FR, BRESCHI L, TJÄDERHANE L, CARVALHO RM, CARRILHO M, TEZVERGİL-MUTLUAY A.(2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater.*;**27**: 1-16
- PASHLEY DH, TAY FR, YIU C, HASHİMOTO M, BRESCHİ L, CARVALHO RM, ITI S. (2004). Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *J Dent Res.*; **83**: 216-221.
- PAZINATTO, F.B., CAMPOS, B.B, COSTA, L.C., ATTA, M.T. (2003). Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. *Pesqui Odontol Bras.*,**17**: 337- 341.
- PERDIGAO, J., SWIFT, E.J. (2006). Fundamental concepts of enamel an dentin adhesion. *Oper. Dent.*, Ed. T.M. Roberson. St. Louis, Missouri Mosby Elsevier, p.:117.
- PERDİGAO J, GOMES G, GONDO R, FUNDİNGSLAND JW.(2006). In vitro bonding performance of all-in-one adhesives. Part 1- Microtensile bond strengths. *J. Adhes. Dent.* ;**8** :367-373.
- PERDİGÃO J, SEZİNANDO A, MONTEIRO PC. (2012). Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am. J. Dent.*; **25**: 153-158.
- PERDİGÃO J., LOPES L., LAMBRECHTS P., LEİTÃO J., VAN MEERBEEK B., VANHERLE G.(1997). Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. *Am. J. Dent.* **10**: 141-146
- PERIS, A.R., DUARTE, S. JR., DE ANDRADE, M.F. (2003). Evaluation of marginal microleakage in class II cavities: effect of microhybrid, flowable, and compactable resins. *Quintessence Int.*, **34**: 93-98.
- PEUMANS M, DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B.(2005).Three-year clinical effectiveness of a two-step adhesive in cervical lesions. *Eur. J. Oral. Sci.*;**113**: 512-518.

- PEUMANS M., DE MUNCK J., VAN LANDUYT K.L., POÏTEVÏN A., LAMBRECHTS P., VAN MEERBEEK B. (2010). Eight-year clinical evaluation of a 2-step self-etch adhesive with and without selective enamel etching. *Dent Mater.*; **26**: 1176-1184.
- PHILLIPS R.W., RYGE, G. (1961). Adhesive restorative dental materials. Proceedings of a workshop. Spencer, IN: Owen Litho.
- RADHIKA, M., SAJJAN, G.S., MITTAL, N. (2010). Effect of different placement techniques on marginal microleakage of deep class-II cavities restored with two composite resin formulations. *J. Conserv. Dent.*, **13**: 9-15.
- REÏS A, ALBUQUERQUE M, PEGORARO M, MATTEÏ G, BAUER JR, GRANDE RH, KLEÏN-JUNÏOR CA, BAUMHARDT-NETO R, LOGUERCÏO AD. (2008). Can the durability of one-step self-etch adhesives be improved by double application or by an extra layer of hydrophobic resin? *J. Dent.*; **36**: 309-315
- REÏS A., PELLÏZARO A., DAL-BÏANCO K., GOMES O.M., PATZLAFF R., LOGUERCÏO A.D.(2007). Impact of adhesive application to wet and dry dentin on long-term resin bond strengths. *Oper. Dent.*; **32**: 380-387.
- RENGO C, GORACCI C, AMETRANO G, CHIEFFI N, SPAGNUOLO G, RENG S and FERRARI M. (2015) Marginal leakage of class V composite restorations assessed using microcomputed tomography and scanning electron microscope. *Operative dentistry*, **40**,440-448.
- RETIEF, D.H. (1994). Do adhesives prevent microleakage? *Int. Dent. J.*, **44**: 19-26.
- ROBERSON TM, HEYMANN HO, SWÏFT EJ. (2002). Sturdevant's Art & Science of Oper. Dent. Fourth Edition Missouri: Mosby., 235-261.
- ROBERSON T.M., HEYMANN H.O., SWÏFT EJ J.R. (2005). Sturdevant's Art and science of operative dentistry. Fifth Edition. St. Louis, Missouri, Elsevier Mosby.
- RUEGGEBERG, F.A. (1991). Substrate for adhesion testing to tooth structure –review of the literature. *Dent. Mater.*, **7**: 2-10.
- SABOÏA VP, SÏLVA FC, NATO F, MAZZONÏ A, CADENARO M, MAZZOTTÏ G, GIANNINÏ M, BRESCHÏ L. (2009). Analysis of differential artificial ageing of the adhesive interface produced by a two-step etch-and-rinse adhesive. *European journal of oral sciences.*; **117**:618-624.
- SANO H, TAKATSU T, CÏUCCHÏ B, HORNER JA, MATTHEWS WG, PASHLEY DH. (1995) Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.*; **20** :18-25.
- SANO H, YOSHÏKAWA T, PEREÏRA PN, KANEMURA N, MORÏGAMÏ M, TAGAMÏ J, PASHLEY DH. (1999) Long-term durability of dentin bonds made with a self etching primer, in vivo. *J Dent Res.*; **78**: 906-911

- SANTOS PA, GARCÍA PPNS, PALMA DÍBB RG. (2002). Shear bond strength of adhesive systems-effects of primer and thermocycling. *Pesqui. Odontol. Bras.*, **16**: 37-42.
- SAUNDERS, W.P., GRIEVE, A.R., RUSSELL, E.M., ALANI, A.H. (1990). The effects of dentine bonding agents on marginal leakage of composite restorations. *J. Oral Rehabil.*,**17**: 519- 527.
- SCHWARTZ, R.S., SUMMITT, J.B.,ROBBINS, J.W., DOS SANTOS, J.J.(2001). Fundamentals of Operative Dentistry. A Contemporary Approach. Quintessece Publishing Co, Ltd. Illinois. s: 178–235
- SEZİNANDO A., (2014). Looking for the ideal adhesive a review. *Med. Dent. Cir. Maxilofac.*, **5**: 194–206
- SHĪRAĪ K, DE MUNCK J, YOSHĪDA Y, INOUE S, LAMBRECHTS P, SUZUKĪ K, ET Al.(2005). Effect of cavity configuration and aging on the bonding effectiveness of six adhesives to dentin. *Dent Mater.* **21**:110–124.
- SPIERINGS T, PETERS M, BOSMAN F, PLASSCHAERT M. (1987). Verification of theoretical modeling of heat transmission in teeth by in vivo experiment, *J Dent Res*, **66**: 1336-1339.
- SUMMITT J.B., ROBĪNS J.W., HĪLTON T.J., SCWARTZ R.S. (2006) Fundamentals of Operative Dentistry. Third Edition Inc;183-248.
- SWĪFT EJ J.R., PERDĪGÃO J., HEYMANN H.O. (1995) Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. *Quintessence* **26**: 95-110
- TASCHNER M, KÜMMERLĪNG M, LOHBAUER U, BRESCHĪ L, PETSCHĒLT A, FRANKENBERGER R.(2014). Effect of double-layer application on dentin bond durability of one-step self-etch adhesives. *Oper. Dent.*; **39**: 416-426.
- TASCHNER M., NATO F., MAZZONĪ A., FRANKENBERGER R., FALCONĪ M., PETSCHĒLT A., BRESCHĪ L. (2012).Influence of preliminary etching on the stability of bonds created by one-step self-etch bonding systems. *Eur J Oral. Sci.*; **120**: 239–248.
- TAY F.R., PASHLEY D.H.(2003a). Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J. Can. Dent. Assoc.*; **69**: 726-731.
- TAY FR, PASHLEY DH. (2003b). Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *American journal of dentistry.*;**16** :6-12.
- TAY F.R., PASHLEY D.H.,YOSHIYAMA M. (2002). Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. *J Dent Res.*;**81**: 472-476.
- TAY FR, PASHLEY DH, GARCĪA-GODOY F, YĪU CK. (2004). Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *American journal of dentistry.* ;**17**: 315-322

- TAY FR, PASHLEY DH. BONDING TO CUT ENAMEL, ELIADES G, WATTS DC, ELIADES T. (2005). Dental Hard Tissues and Bonding, Western Europe: Springer Verlag; 16-21.
- TAYLOR M.J., LYNCH E. (1992) Microleakage. *J. Dent.*, **20**: 3-10
- TAYLOR, M.J., LYNCH, E. (1993). Marginal adaptation. *J. Dent.*, **21**: 265-273.
- TESHİMA I. (2010). Degradation of 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate. *Journal of dental research.*; **89**:1281-1286.
- TJADERHANE L, NASCIMENTO FD, BRESCHİ L, MAZZONİ A, TERSARIOL IL, GERALDELİ S, TEZVERGİL-MUTLUAY A, CARRILHO MR, CARVALHO RM, TAY FR, PASHLEY DH. (2013). Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins. *Dent Mater.*; **29** : 116-135
- TORİİ Y., ITOU K., NİSHİTANİ Y., İSHİKAWA K., SUZUKİ K.(2002) Effect of phosphoric acid etching prior to self-etching primer application on adhesion of resin composite to enamel and dentin. *Am J Dent.* **15**:305-308.
- TRELLES K, ARNABAT J, ESPAÑA T. (2012) Microleakage in Class V cavities with self-etching adhesive system and conventional rotatory or laser Er, Cr: YSGG. Laser therapy, **21**: 255-268.
- TRIADAN, H. (1987). When is microleakage a real clinical problem? *Oper. Dent.*, **12**: 153-157.
- TROWBRIDGE, H.O. (1987). Model systems for determining biologic effects of microleakage. *Oper. Dent.*, **12**: 164-172.
- TÜRKÜN, L.Ş., ERGÜCÜ, Z. (2004). Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerinin karşılaştırılması. *Gazi Univ. Dis. Hek. Fak. Derg.*, **21**: 143-151
- TYAS, M.J, ANUSAVICE K.J, FRENCKEN, J.E, MOUNT, G.J. (2000). Minimal intervention dentistry-a review. *Inter. Dent. J.*, **50**: 1-12.
- TYAS, M.J., BURROW, M.F. (2004). Adhesive restorative materials: A review. *Aust. Dent. J.*, **49**: 112-121
- VAN LANDUYT K, DE MUNCK J, COUTİNHO E, PEUMANS M, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B.(2005) Bonding to dentin: Smear layer and the process of hybridization. Dental hard tissues and bonding interfacial phenomena and related properties (Eliades G, Watts DC, Eliades T, ed). Berlin: Springer, 89-122.
- VAN LANDUYT K.L., PEUMANS M., DE MUNCK J., LAMBRECHTS P., VAN MEERBEEK B. (2006) Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. *Dent Mater.*; **22**: 533-544.

- VAN LANDUYT KL, MINE A, DE MUNCK J, JAECQUES S, PEUMANS M, LAMBRECHTS P, VAN MEERBEEK B. (2009). Are onestep adhesives easier to use and better performing? Multifactorial assessment of contemporary one-step self-etching adhesives. *J Adhes Dent*; **11**:175-190.
- VAN LAYDUNT KL, SNAUWAERT J, DE MUNCK J, PEUMANS M, YOSHIDA Y, POITEVIN A ET AL. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, **28**: 3757-3785.
- VAN MEERBEEK B, DE MUNCK J, YOSHIDA Y, INOUE S, VARGAS M, VIJAY P, VAN LANDUYT K, LAMBRECHTS P, VANHERLE G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. **28**: 215-235.
- VAN MEERBEEK B, INOUE S, PERDIGAO J, LAMBRECHTS P, VANHERLE G. (2001b) Enamel and dentin adhesion. Fundamentals of operative dentistry (Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, ed). Second edition. Carol Stream, Quintessence 178-235.
- VAN MEERBEEK B, KANUMILLI P, DE MUNCK J, VAN LANDUYT K, LAMBRECHTS P, PEUMANS M. A. (2005a). Evaluating the effectiveness of a two-step self-etch adhesive with and without selective phosphoric-acid etching of enamel. *Dental materials*; **21**:375-383.
- VAN MEERBEEK B, VAN LANDUYT K, DE MUNCK J, HASHIMOTO M, PEUMANS M, LAMBRECHTS P ET AL. (2005b). Technique-sensitivity of contemporary adhesives. *Dent. Mater.*, **24** :1-13.
- VAN MEERBEEK B, YOSHIHARA K., YOSHIDA Y., MINE A., DE MUNCK J., VAN LANDUYT K.L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater*. **27**: 17-28.
- VAN MEERBEEK, B., VARGAS, M., INOUE, S., YOSHIDA, Y., PEUMANS, M., LAMBRECHTS, P., VANHERLE, G. (2001a). Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper. Dent.*. **6**: 119–144.
- WAGNER A., WENDLER M., PETSCHT A., BELLI R., LOHBAUER U. (2014). Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent*. **42**: 800-807
- WAHAB FK, SHAINI FJ, MORGANO SM. (2003) The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. *J Prosthet Dent*; **90**: 168-174.
- WAKE, W.C. (1982). Adhesion and the Formulation of Adhesives, 2nd Ed. London: Elsevier, p.: 326.
- WALTER R, SWIFT EJ JR, BOUSHELL LW, BRASWELL K. (2011). Enamel and dentin bond strengths of a new self-etch adhesive system. *J Esthet Restor Dent*; **23**: 390-396.

- WALTER R, SWIFT EJ JR, NAGAOKA H, CHUNG Y, BARTHOLOMEW W, BRASWELL KM, PEREIRA PN.(2012). Two-year bond strengths of "all-in-one" adhesives to dentine. *J Dent.* **40** : 549-555.
- WASSEL RW, MCCABE JF, WALLS AW. (1994). A Two-body frictional wear test. *J. Dent. Res*, **73**: 1546.
- WILLMOTT N, WONG F and DAVIS G. (2007). An X-ray microtomography study on the mineral concentration of carious dentine removed during cavity preparation in deciduous molars. *Caries research*,**41**: 129-134.
- YAMAUTI M, HASHIMOTO M, SANO H, OHNO H, CARVALHO RM, KAGA M. (2003) Degradation of resin-dentin bonds using NaOCl storage. *Dent. Mater.*, **19**: 399-405.
- YANG B, ADLUNG R, LUDWIG K, BÖBMANN K, PASHLEY DH, KERN M. (2005). Effect o structural change o collagen fibrils on the durability o dentin bonding. *Biomaterials*,; **26**: 5021-5031.
- YOSHIDA Y, NAGAKANE K, FUKUDA R, NAKAYAMA Y, OKAZAKI M, SHINTANI H, INOUE S, TAGAWA Y, SUZUKI K, DE MUNCK J, VAN MEERBEEK B. (2004) Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J. Dent. Res.*; **83**: 454-458.
- YOSHIDA Y, YOSHIKARA K, NAGAOKA N, HAYAKAWA S, TORII Y, OGAWA T, OSAKA A, MEERBEKK BV.(2012). Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *Journal of Dental Research* **91** : 376-378.
- YOUNGSON, C.C., JONES, J.C.G., FOX, K, SMITH, I.S., WOOD, D.J., GALEB, M. (1999). A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems. *J. Dent.*, **27**: 223-233.
- YU-SEOK J, JAE-WHANG L, YEON-JO C, JIN-SOO A, SANG-WAN S, JUNG-BO H. A (2010). Study on the in-vitro wear of the natural tooth structure by opposing zirconia or dental porcelain. *J Adv Prosthodont*, **2**: 111-115.
- ZANATTA RF, WIEGAND A, DULLIN C, BORGES AB, TORRES CRG, RIZK M. (2019). Comparison of micro-CT and conventional dye penetration for microleakage assessment after different aging conditions. *International Journal of Adhesion and Adhesives*.;**89**:161-167.
- ZHAO XY, LI SB, GU LJ, LI Y. (2014) Detection of marginal leakage of Class V restorations in vitro by micro-computed tomography. *Operative dentistry*.;**39**:174-80.
- ZIVKOVIC, S., BOJOVIC, S., PAVLICA, D. (2001). Bacterial penetration of restored cavities, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, **21**: 353-358.
- ZORBA, Y.O., BAYINDIR, Y.Z., YILDIZ, M. (2004).Geçmişten günümüze dentin bonding ajanlar. *Atatürk Univ Dis Hekim Fak Derg.*, **14**: 70-78.





ÖZET

Farklı Yapay Yaşlanma Protokollerinin Self-Etch Adezivlerin Sızdırmazlık Özelliği Üzerindeki Etkisinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi İle İncelenmesi

Bu çalışmanın amacı, farklı yaşlanma protokollerinden sonra Sınıf II kavileri restore etmek için kullanılan üç tip self-etch adeziv ile elde edilen sızdırmazlık değerlerini araştırmaktır.

60 adet yeni çekilen insan üçüncü azı dişi toplanmış, temizlenmiş ve distile su içinde bekletilmiştir. Her diş bukkolingual yönde 3mm genişliğinde, gingival basamak sementine birleşiminin 1 mm altında ve aksiyal duvar duvar derinliği 2mm olan standardize sınıf II kaviler hazırlanmıştır (120 kavite hazırlığı). Hazırlanan dişler eşit olarak 3 adeziv gruba ayrılmıştır (Clearfil SE Bond, Clearfil S3 Bond ve Single Bond Universal). Her grup yaşlanma protokollerine (24 saat suda bekletme, bir yıl suda bekletme, 10.000 termal döngü, 240.000 termo-mekanik yükleme) göre 4 eşit alt gruba (n = 10) ayrılmıştır. Yaşlanma protokollerinden sonra, % 50 gümüş nitrat çözeltisi izleyici olarak kullanılmıştır. İnternal adaptasyon ölçümü, mikro bilgisayarlı tomografi sistemi (Bruker Skyscan 1275, Kontich, Belçika) kullanılarak yapılmıştır..

24 saat ve 1 yıl suda bekleyen gruplar arasında gümüş nitrat penetrasyonunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Benzer şekilde, termal döngü ile yaşlanan örnekler arasında da bir fark bulunamamıştır. Ayrıca, kullanılan adezivden bağımsız olarak, bir yıl boyunca suda bekleyen örnekler ile, termal siklus ile yaşlandırılmış örnekler arasında önemli bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Ancak termo-mekanik siklus uygulanan örneklerde diğer gruplara oranla penetre olan gümüş nitrat miktarında artış görülmüştür ($p<0,05$). $AgNO_3$ penetrasyonu en fazla Clearfill S3 Bond uygulanmış grupta izlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Self-Etch adeziv, Sızdırmazlık yeteneği, Micro-Bt, Yapay yaşlandırma.

SUMMARY

Effect of different aging protocols on internal adaptation of dental adhesives: Micro-computed tomography evaluation

The aim of this study was to investigate the sealing ability attained with three type self-etch dental adhesives used to restore deep Class II cavities after different aging protocols.

Sixty freshly extracted sound human third molars were collected, cleaned and stored in distilled water. Two standardized Class II box cavities, 3-millimeter-wide buccolingually, with the gingival floor 1 mm below the cemento-enamel junction and the axial wall depth of 2 mm were prepared in each tooth (120 cavity preparations). The prepared teeth were divided equally into 3 adhesive groups (Clearfil SE Bond, Clearfil S3 Bond and Single Bond Universal). Each group was subdivided into 4 equal subgroups (n=10) according to the aging protocols (24 hours water storage, one year water storage, 10,000 thermocycling, 240,000 thermo-mechanical loading.) After aging protocols, a 50% silver nitrate solution was used as tracer. The internal adaptation analysis was performed using a micro computed tomography system (Bruker Skyscan 1275, Kontich, Belgium).

There was no statistically significant difference in silver nitrate penetration between groups waiting 24 hours and 1 year water. Similarly, no difference was found between thermal cycling aging groups. In addition, there was no significant difference between the thermal cycling and the samples that had been waiting in the water for one year, regardless of the adhesive used ($p > 0.05$). However, there was an increase in the amount of silver nitrate penetrating compared to the other groups in the thermo-mechanical cycle applied samples ($p < 0.05$). AgNO₃ penetration was most observed in the Clearfill S3 Bond group.

Key Words: Artificial aging, Sealing ability, Self-etch adhesives, Micro-Ct,

ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı : Fulya
Soyadı : Aydın
Doğum Yeri ve Tarihi : Divriği- 07/08/1990
Uyruğu : TC
Medeni Durumu : Evli
İletişim Adresi ve Telefonu : Kent koop mah.yeni batı sit 1820.cad. Batıkent-
Yenimahalle ANKARA/ 05075005879
Elektronik Posta : fulyademir1990@hotmail.com

II. Eğitim Bilgileri

2016-2019 Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi
Uzmanlık Eğitimi

2008-2013 Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

2004-2008 Etimesgut Anadolu Lisesi

1997-2004 İstiklal İlköğretim Okulu

Yabancı Dili İngilizce

III. Ünvanları

2013 Diş Hekimi

2016 Uzmanlık Öğrencisi

IV. Bilimsel İlgi Alanları:

Uluslar Arası Bilimsel Toplantılarda Takdim Edilen ve Bildiri Kitabında Basılan Posterler

- 1- Fulya Aydın,** Gulbike Demirel, Gurkan Gur.Sabit ortodontik tedavi sonrası gelişen beyaz lezyonların mikro-invaziv resin infiltrasyon tekniği ile estetiğinin geliştirilmesi. 22. Uluslararası Türk Diş Hekimliği Kongresi (2016)
- 2- Fulya Aydın,** Betül Ursavaş, Gulbike Demirel,Tuğba Bezgin, Gurkan Gur Keser Dişlerin Kanal Tedavisinin Yenilenmesini Takiben Direkt Kompozit Resin Restorasyonu”23. Uluslararası Türk Diş Hekimliği Kongresi(2017)

Sözlü sunum:

- 1- Fulya Aydın,** Tuğçe Tartıcı, Mehmet Tartıcı, Gulbike Demirel, Gurkan Gur Universal Dental Adezivlerin Farklı Asitleme Modlarının Dentini Islatılabilirliğine Etkileri. 22. Uluslararası Restoratif Diş Hekimliği Derneği Kongresi