

T.C.

SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DİŞ HASTALIKLARI VE TEDAVİSİ
ANABİLİM DALI

POLİMERİZASYON BÜZÜLMESİ DÜŞÜK KOMPOZİT REZİNLERİN
MİKROSIZINTI VE KENAR UYUMU AÇISINDAN *IN VİTRO* OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZGE KAM

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. R. Banu ERMİŞ

ISPARTA-2010

Bu tez Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Yönetim Birimi tarafından 1855-D-09 Proje numarası ile desteklenmiştir
Tez. No: 49

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğüne;

Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Doktora Programı** Çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 16 / 12 / 2010

Tez Danışmanı: Prof. Dr. R. Banu ERMİŞ, Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Ferit ÖZATA, Ege Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. H. Hüseyin YILMAZ, Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat MADEN, Süleyman Demirel Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Esra Uzer ÇELİK, Süleyman Demirel Üniversitesi

ONAY: Bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sepil Demirci
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim süresince tüm bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak bana her zaman yol gösteren, hiçbir zaman yardım ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. R. Banu Ermiş'e,

Çalışmalarım sırasında görüşlerine başvurduğum, bana her konuda anlayış gösteren Doktora Tez Savunma Sınavı jüri üyeleri; Prof. Dr. Ferit Özata, Doç. Dr. H. Hüseyin Yılmaz, Yrd. Doç. Dr. Murat Maden ve Yrd. Doç. Dr. Esra Uzer Çelik'e,

Çalışmamızın verilerinin istatistiksel değerlendirilmesinin yapılmasında değerli bilgilerini bizimle paylaşan Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü öğretim üyesi Hikmet Orhan'a,

Taramalı elektron mikroskobu ile örneklerin incelenmesi için her türlü çalışma imkanını sağlayan Taner Aktan'a ve Süleyman Demirel Üniversitesi Göller Bölgesi Teknokenti'ne, laboratuvar koşullarından yararlanmamızı sağlayan Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarına,

Doktora projemi destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Zor ve sıkıntılı günlerimde beni yalnız bırakmayan arkadaşlarıma,

Hayatım boyunca beni her konuda tereddütsüz destekleyen, her zaman yanımda olan aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|----------|
| İç kapak | i |
| Kabul ve Onay | ii |
| Önsöz | iii |
| İçindekiler | iv |
| Simgeler ve Kısaltmalar Dizini | vii |
| Şekiller Dizini | viii |
| Resimler Dizini | ix |
| Tablolar Dizini | xi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 4 |
| 2.1. Kompozit Rezinlerin İçeriği | 4 |
| 2.1.1. Organik Matriks | 4 |
| 2.1.1.1. Dimetakrilatlar | 4 |
| 2.1.1.2. Diluent Monomerler | 5 |
| 2.1.1.3. Siloran | 5 |
| 2.1.2. İnorganik Doldurucu Partiküller | 7 |
| 2.1.3. Ara Faz | 8 |
| 2.1.4. İnisiyatör-Aktivatör Sistem | 8 |
| 2.1.5. Polimerizasyon İnhibitörleri | 9 |
| 2.1.6. Ultraviyole Stabilizatörleri | 9 |
| 2.1.7. Renk Pigmentleri | 10 |
| 2.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması | 10 |
| 2.2.1. İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüğüne Göre Kompozit Rezinler | 10 |
| 2.2.1.1 Megafil Kompozit Rezinler | 10 |
| 2.2.1.2. Makrofil Kompozit Rezinler | 10 |
| 2.2.1.3. Midifil Kompozit Rezinler | 11 |
| 2.2.1.4. Minifil Kompozit Rezinler | 11 |
| 2.2.1.5. Mikrofil Kompozit Rezinler | 11 |
| 2.2.1.6. Hibrit Kompozit Rezinler | 12 |
| 2.2.1.7. Nanokompozit Rezinler | 13 |
| 2.2.2. Viskozitelerine Göre Kompozit Rezinler | 15 |
| 2.2.2.1. Akışkan Kompozit Rezinler | 15 |
| 2.2.2.2. Paketlenebilir Kompozit Rezinler | 16 |
| 2.3. Kompozit Rezinlerin Polimerizasyonu | 17 |
| 2.3.1. İlave Polimerizasyon | 17 |
| 2.3.2. Kondansasyon Polimerizasyonu | 18 |
| 2.3.3. Halka Açılım Polimerizasyonu | 18 |
| 2.4. Kenar Uyumu ve Mikrosızıntı | 20 |
| 2.4.1. Kenar Uyumu ve Mikrosızıntıya Etki Eden Faktörler | 21 |

| | |
|---|------------|
| 2.4.1.1. Polimerizasyon Büzülmesi ve Stresleri | 21 |
| 2.4.1.2. Diş Sert Dokularına Bağlanma | 23 |
| 2.4.1.3. Termal Genleşme Katsayısı | 24 |
| 2.4.1.4. Termal, Mekanik ve Kimyasal Stresler | 25 |
| 2.5. Mikrosızıntı Değerlendirme Yöntemleri | 27 |
| 2.5.1. Boya Penetrasyon Yöntemi | 27 |
| 2.5.2. Hava Basıncı Yöntemi | 28 |
| 2.5.3. Bakteriyel Sızıntı Yöntemi | 29 |
| 2.5.4. Radyoizotop Yöntemi | 29 |
| 2.5.5. Nötron Aktivasyon Analizi | 30 |
| 2.5.6. Kimyasal İşaretleyicilerin Kullanımı | 30 |
| 2.6. Kenar Uyumu Değerlendirme Yöntemleri | 31 |
| 2.6.1. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Analiz | 31 |
| 2.6.2. Mikrotomografi ile Analiz | 32 |
| 3. GEREÇ VEYÖNTEM | 33 |
| 3.1. Dişlerin Toplanması | 33 |
| 3.2. Materyal Seçimi | 33 |
| 3.3. Ön Çalışma | 38 |
| 3.4. Kavite Preparasyonu | 39 |
| 3.5. Kavitelerin Restorasyonu | 39 |
| 3.6. Yaşlandırma | 40 |
| 3.6.1. Termal Siklus ile Yaşlandırma | 41 |
| 3.6.2. Mekanik Yükleme ile Yaşlandırma | 43 |
| 3.7. Kenar Uyumunun Morfolojik Olarak Değerlendirilmesi | 44 |
| 3.7.1. Örneklerin Hazırlanması | 45 |
| 3.7.2. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kalitatif Analiz | 47 |
| 3.7.3. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kantitatif Analiz | 49 |
| 3.8. Kenar Uyumunun Boya Penetrasyon Yöntemi ile Değerlendirmesi | 49 |
| 3.8.1. Örneklerin Hazırlanması | 49 |
| 3.8.2. Stereomikroskop ile Analiz | 50 |
| 3.9. İstatistiksel Değerlendirme | 50 |
| 4. BULGULAR | 52 |
| 4.1. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kalitatif Analiz Bulguları | 52 |
| 4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kantitatif Analiz Bulguları | 52 |
| 4.3. Mikrosızıntı Testi Bulguları | 66 |
| 5. TARTIŞMA | 79 |
| 5.1. Test Yönteminin Değerlendirilmesi | 79 |
| 5.2. Kenar Uyumuna Ait Bulguların Değerlendirilmesi | 85 |
| 5.3. Mikrosızıntıya Ait Bulguların Değerlendirilmesi | 91 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER | 102 |
| ÖZET | 105 |

| | |
|------------------|------------|
| ABSTRACT | 106 |
| KAYNAKLAR | 107 |
| ÖZGEÇMİŞ | 118 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-------------------------|---|
| BisEMA | : Etoksilenmiş bisfenol A dimetakrilat |
| BisGMA | : Bisfenol A diglisidil dimetakrilat |
| cm | : Santimetre |
| dk: | : Dakika |
| DMA | : Dimetakrilat |
| HEMA | : Hidroksietil metakrilat |
| H | : Hertz |
| kV | : Kilovolt |
| μm | : Mikrometre |
| mm | : Milimetre |
| mm^2 | : Milimetrekaare |
| mW/cm^2 | : Santimetre başına miliwatt olarak düşen güç yoğunluğu |
| nm | : Nanometre |
| N | : Newton |
| p | : İstatistiksel anlamlılık düzeyi |
| pH | : Çözeltinin asitlik veya alkalinite derecesi |
| sa | : Saat |
| sn | : Saniye |
| $^{\circ}\text{C}$ | : Santigrad derece |
| UDMA | : Üretan dimetakrilat |
| SEM | : Taramalı elektron mikroskop |
| TEGDMA | : Trietilen glikol dimetakrilat |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Her gruba ait okluzal kenarlardaki ortalama mikrosızıntı skorları (Ort), standart sapmaları (SS) ve birinci kartil, ikinci kartil (median) ve üçüncü kartil değerleri

Şekil 2. Her gruba ait gingival kenarlardaki ortalama mikrosızıntı skorları (Ort), standart sapmaları (SS) ve birinci kartil, ikinci kartil (median) ve üçüncü kartil değerleri

RESİMLER DİZİNİ

- Resim 1.** Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller
- Resim 2.** Çalışmada kullanılan adeziv sistemler
- Resim 3.** 38 nolu bir dişin bukkal yüzünde; a) preperasyonu tamamlanmış bir Sınıf V kavite (4x3x1.5 mm), b) tamamlanmış Sınıf V restorasyon
- Resim 4.** Termal siklus cihazı
- Resim 5.** a) Örneklerin termal siklus testi boyunca içinde bulunacakları gazlı bezler, b) cihaza yerleştirilmiş gazlı bezlerin yerleştirildiği kafesler
- Resim 6.** Çiğneme simülatorü cihazı
- Resim 7.** a) Çiğneme simülatorü içindeki metal bloklara yerleştirilen akrilik kalıp, b) akrilik kalıplara yerleştirilmiş restorasyonların yapıldığı dişler
- Resim 8.** Alt ve üst metal kalıplardaki dişlerin uyumlanması; d) antagonist dişleri taşıyan üst metal kalıp, e) test edilecek dişler ve bu dişleri taşıyan alt metal kalıp, f) yaylar
- Resim 9.** a) Epoksi rezin replika, b) İkiye parçaya ayrılmış epoksi rezin replika
- Resim 10.** Hassas kesme cihazı ve elmas kesme diski
- Resim 11.** Taramalı elektron mikroskobu
- Resim 12.** Boya penetrasyonu için hazırlanmış bir örnek
- Resim 13.** Stereomikroskop
- Resim 14.** Aelite LS Posterior ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları
- Resim 15.** Grandio ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları
- Resim 16.** Clearfil Majesty Posterior ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları
- Resim 17.** Premise ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları
- Resim 18.** Tetric Evo Ceram ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları
- Resim 19.** Filtek Z250 ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları
- Resim 20.** Filtek Silorane ile hazırlanmış bir restorasyonda kavite kenarları
- Resim 21.** Ceram- X Duo ile hazırlanmış bir restorasyonda kavite kenarları
- Resim 22.** Reflexions ile hazırlanmış bir restorasyonda kavite kenarları
- Resim 23.** a) Aelite LS Posterior b) Premise c) Grandio d) Filtek Silorane ile hazırlanmış bir restorasyonda gingival bölgede diş restorasyon birleşiminde kusursuz

kenar veya açıklık olarak nitelendirilemeyen bu nedenle değerlendirilemeyen kenar görüntüsü

Resim 24. Aelite LS Posterior ile hazırlanan bir restorasyonda mezyal kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 25. Grandio ile hazırlanan bir restorasyonda orta kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 26. Clearfil Majesty Posterior ile hazırlanan bir restorasyonda distal kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 27. Premise ile hazırlanan bir restorasyonda orta kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 28. Tetric Evo Ceram ile hazırlanan bir restorasyonda orta kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 29. Filtek Z250 ile hazırlanan bir restorasyonda distal kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 30. Filtek Silorane ile hazırlanan bir restorasyonda mezyal kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 31. Ceram-X Duo ile hazırlanan bir restorasyonda mezyal kesitin stereomikroskopik görüntüsü

Resim 32. Reflexions ile hazırlanan bir restorasyonda orta kesitin stereomikroskopik görüntüsü

TABLULAR DİZİNİ

- Tablo 1.** Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller
- Tablo 2.** Çalışmada kullanılan adeziv sistemler ve uygulama şekilleri
- Tablo 3.** Kenar uyumunun morfolojik olarak değerlendirilmesi için kullanılan kalitatif analiz yöntemine ait skor ve kriterler
- Tablo 4.** Kenar uyumunun boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirilmesi için kullanılan skor ve kriterler
- Tablo 5.** Kompozit rezin restorasyonların kenar uyumu skorlarına ait veriler
- Tablo 6.** Kompozit rezin grupları ile kenar uyumu arasındaki ilişkiye ait Kruskal-Wallis testi sonuçları
- Tablo 7.** Kompozit gruplarına ait kenar uyumu verilerinin Mann-Whitney U testi ile yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen p değerleri
- Tablo 8.** Tüm gruplardaki okluzaldeki kenarlara ait mikrosızıntı skorları
- Tablo 9.** Tüm gruplardaki gingivaldeki kenarlara ait mikrosızıntı skorları
- Tablo 10.** Kompozit rezin grupları ile okluzaldeki ve gingivaldeki mikrosızıntı arasındaki ilişkiye ait Kruskal-Wallis testi sonuçları
- Tablo 11.** Kompozit gruplarına ait okluzal sızıntı skorlarının Mann-Whitney U testi ile yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen p değerleri
- Tablo 12.** Okluzaldeki ve gingivaldeki kenarların mikrosızıntı sonuçlarının kompozit materyallere göre elde edilen Mann-Whitney U Testi sonuçları
- Tablo 13.** Kompozit rezin gruplarının tümüne ait okluzaldeki ve gingivaldeki kenarların mikrosızıntı sonuçlarının Mann-Whitney U Testi sonuçları
- Tablo 14.** Çalışmamızda kullanılan nanokompozit ve siloran rezinlerde mikrosızıntıyı değerlendiren *in vitro* araştırmaların listesi

1. GİRİŞ

Restoratif diş hekimliğinde kompozit rezinlerin, diş rengindeki restoratif materyaller arasında önemli bir yeri bulunmaktadır. İlk geliştirildiklerinde ön grup dişler için estetik restoratif materyaller olarak dişhekimliği pratiğine giren bu materyallerin; diş rengindeki restorasyonlara artan talepler, amalgam materyalindeki civaya bağlı endişeler ve minimal invaziv yaklaşımın yaygınlaşması ile posterior dişlerde de amalgama alternatif olarak kullanımı artmıştır.

Uygun adeziv sistemler ile birlikte kullanılan kompozit rezinler, diş yapısına güvenilir ve devamlı bir bağlanma, zayıflamış diş dokusunu kuvvetlendirme ve fonksiyonel streslerin dişe daha iyi iletilmesini ve dağıtılmasını sağlamaktadırlar (Van Meerbeek et al., 2003, Wahab et al., 2003). Günümüzde kompozit rezinlerde estetik özellikler, diş sert dokularına bağlanma ve aşınma dirençleri konusunda elde edilen gelişmelere rağmen, polimerizasyon büzülmesine bağlı olarak restorasyon ile diş arasındaki kenar uyumunun tam sağlanamaması ve bunun sonucunda ortaya çıkan mikrosızıntının tamamen engellenememesi hala önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Kompozit rezinin polimerizasyonu sırasında, polimerizasyon büzülme stresleri ile adezyon kuvvetleri arasında gerçekleşen ve kavite duvarı ile kompozit rezin arasında bağlanma sorunlarına neden olan durum, büzülme stresi değerlerinin bağlanma dayanımı değerlerini aşmasıdır. Polimerizasyon sırasında meydana gelen boyutsal değişiklikler sonucu restoratif materyaller ile kavite duvarı arasındaki bu uyumsuzluk kavite kenarlarında bir aralık oluşumu ile sonuçlanabilmektedir. Kompozit rezinlerin ısısal genleşme katsayılarının diş dokusundan fazla olması gibi faktörlerin de sonucu olarak meydana gelebilen bu aralıktan bakteri, ağız sıvıları, molekül ve iyonların geçişi, mikrosızıntı ile sonuçlanmaktadır (De Munck et al., 2005, Duarte et al., 2007, Gerdolle et al., 2008). Mikrosızıntı; ikincil çürükler, kenar kırılmaları, kenar renklenmeleri, postoperatif hassasiyet, dolgunun yenilenmesini gerektiren durumlar ve pulpal hasarlar gibi pek çok sorunun başlangıcını oluşturmaktadır (Duarte et al., 2007, Heintze et al., 2008). Sonuç olarak, mikrosızıntı

restorasyonların ömründe başarısızlığa yol açan en önemli problemlerden biri olarak görülmektedir.

Bu nedenle, ideal bir dolgu materyalinin taşınması gereken özellikler incelendiğinde; dış sert dokularına uyumunun ve bağlanmasının iyi olması, polimerizasyon büzülmesinin düşük olması ve mikrosızıntıyı tamamen önlemesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Kompozit rezinlerde polimerizasyon büzülmesine yönelik sürdürülmekte olan çalışmalar, partiküllerin boyutu, içeriği ve şeklindeki değişikliklerin yanı sıra monomerlerin kimyasal yapısındaki değişiklikleri de içermektedir (Dauvillier et al., 2000, Ilie et al., 2007, Boaro et al., 2010).

Polimerizasyon büzülmesi ve sonucunda meydana gelen mikrosızıntıyı azaltmak amacıyla, polimerizasyon sırasında birim hacim başına reaktif grupları azaltmak ve farklı rezin tipi kullanmak olmak üzere iki temel strateji üzerine yoğunlaşmaktadır. Birim hacim başına reaktif alanların yoğunluğu, grup başına moleküler ağırlığı veya doldurucu içeriğini artırarak azaltılabilmektedir. Fakat moleküler ağırlığı artırmak viskozite ve akışkanlık gibi konularda bazı sınırlamalar yaratmaktadır (Weinmann et al., 2005). Doldurucu içeriğini artırmaya yönelik son yıllardaki en önemli gelişmelerden biri ise, çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanarak 1-100 nm arasında değişen boyutlardaki fonksiyonel yapı taşı ve materyal üretimine dayanan nanoteknolojinin; birçok alanda olduğu gibi kompozit rezinlerde de kullanılır hale gelmesidir. Dişhekimliğinde nano boyuttaki bu partiküllerin kullanımı ile nanofil ve nanohibrit kompozit rezinlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Nanopartikül içeren nanofil ve nanohibrit kompozit rezinlerin; doldurucu içeriğinin artması sonucu polimerizasyon büzülmesinin azalması, mekanik özelliklerin artması, optik özelliklerinin gelişmesi, aşınma oranının azalması ve polisaj işlemi sonrası düzgün bir yüzey elde edilmesi ve estetik özelliklerin gelişmesi gibi birçok avantajı olduğu görülmüştür (Yap et al., 2004a, Yap et al., 2004b, Teixeira et al., 2005).

Mikrosızıntının elimine edilmesinde, üstünde çalışılan ikinci konu organik matriksi oluşturan metakrilat monomerlerinin siloran rezin ile yer değiştirmesidir. Siloksan ve oksiranın birleşmesi ile oluşan siloranın organik matriks yapısına girmesinin, polimerizasyon büzülmesi açısından bir avantaj oluşturduğu iddia edilmektedir. Siloran rezinlerde görülen, oksiran molekülünün yapısı ile ilişkili olan halka açılım polimerizasyonun, polimerizasyon büzülmesinin daha düşük değerlerde

elde edilmesine yol açtığı belirtilmektedir (Weinmann et al., 2005, Eick et al., 2006, Yamazaki et al., 2006). Siloran rezinleri değerlendiren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu kompozit rezinlerin başarısını ölçmek üzere daha fazla sayıda klinik ve laboratuvar çalışmasına ihtiyaç vardır.

Yeni geliştirilen restoratif materyallerin özelliklerinin kanıtlanabilmesi, performanslarının değerlendirilmesi için klinik deneyler her zaman gereklidir ve altın standart olarak kabul edilmektedir. Ancak böyle çalışmalar hem çok zaman alıcıdır hem de standardizasyon açısından problem yaratabilmektedir. Bunun yanında materyallere ait verilerin elde edilmesi ile sonuçların yayınlanması arasında geçen süreçte, dental markette bu ürünlerin yerine yeni ürünlerin girişi söz konusu olabilmektedir. Sonuç olarak materyallerin başlangıçta değerlendirilebilmesi ve sonrasında geliştirilebilmeleri için laboratuvar testlerine daima gereklilik duyulmaktadır ve ağız içindeki termal değişiklikleri ve çiğneme kuvvetlerini taklit ederek yapılan laboratuvar testleri değerlendirmede önemli bir araçtır.

Bu çalışmanın amacı, monomer içeriği veya doldurucu tipi birbirinden farklı ve polimerizasyon bütünlüğü düşük kompozit rezinler ile restore edilmiş Sınıf V restorasyonlarda meydana gelen mikrosızıntının boya penetrasyon tekniği kullanılarak *in vitro* koşullarda değerlendirilmesi ve diş dokusu ile restorasyon arasındaki kenar uyumunun taramalı elektron mikroskop ile incelenmesidir. Buna göre çalışmanın aşamaları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

1. Seçilen kompozit rezinler ile standart kavitelerde Sınıf V restorasyon yapıldı.
2. Yapılan restorasyonlar, ağız içinde karşılaşılan koşulları, laboratuvar ortamına yansıtmak amacıyla termal siklus ve mekanik yükleme ile yaşlandırma işlemlerine tabi tutuldu.
3. Yaşlandırma işlemleri sonrasında, elde edilen epoksi replikalar aracılığıyla restorasyon ve diş arasındaki kenar uyumu taramalı elektron mikroskobu ile kalitatif olarak incelendi. Bu inceleme sonucunda, belirlenen kriterlere ait kenar uzunlukları taramalı elektron mikroskobu ile kantitatif olarak değerlendirildi.
4. Dişlere uygulanan boya penetrasyon testi sonrası dişlerden elde edilen kesitler, stereomikroskop ile incelenerek okluzal ve gingival kenarlardaki mikrosızıntı açısından değerlendirildi.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kompozit Rezinlerin İçeriği

Kompozit materyal terimi, farklı yapı ve özelliğe sahip en az iki materyalin birleşimi olarak tanımlanmaktadır (Anusavice 1996, Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). Kompozit rezinler temel olarak, kimyasal olarak birbirinden farklı üç materyalden oluşmaktadır. Bunlar, organik matriks veya taşıyıcı faz, inorganik doldurucu patiküller veya dağılan faz, ara faz veya bağlayıcı faz. Kompozit rezin materyal içerisinde bulunan diğer bileşenler; inisiyatör-aktivatör sistem, polimerizasyon inhibitörleri, ultraviyole stabilizatörleri, renk pigmentleridir (Anusavice 1996, Garcia et al., 2006).

2.1.1. Organik Matriks

2.1.1.1. Dimetakrilatlar

Dişhekimliğinde kullanılan kompozit materyallerin büyük bir kısmında aromatik veya alifatik diakrilat olan monomerler kullanılmaktadır (Anusavice 1996). BisGMA bugünkü kompozit rezinlerde en çok kullanılan monomer olmaya devam etmektedir ve standart kompozit rezin bileşenlerinin yaklaşık %20 sini oluşturmaktadır. BisGMA, bisfenol A ile glisidil metakrilatın birleşmesi sonucu oluşan bifonksiyonel aromatik bir biglisidil metakrilattır (McCabe and Walls 1998, Murchison et al., 2001, Bayne et al., 2002, Palin and Fleming 2003). Moleküle rijidite veren iki fenil grubuna ve moleküller arası hidrojen bağı verdiği düşünülen hidroksil gruplarına sahiptir (McCabe and Walls 1998). Sertliğinin ve viskozitesinin fazla olması ve renk stabilite problemleri dezavantajları olarak bildirilmektedir (Palin and Fleming 2003).

Foster ve Walker tarafından 1974'de, diğer bir bifonksiyonel rezin olan üretan dimetakrilat (UDMA) geliştirilmiştir (Trushkowsky 2001). BisGMA ve UDMA

günümüzde kullanılmakta olan kompozit rezinlerin birçoğunun rezin matrikslerini oluşturmaktadır. UDMA, doğada alifatik ve aromatik olarak bulunmaktadır (McCabe and Walls 1998). BisGMA ile karşılaştırıldığında, renk değişimine daha dirençlidir ve daha düşük bir viskoziteye sahiptir (Murchison et al.,2001). Viskozitesinin düşük olması, düşük moleküler ağırlıkta monomerlerin ilavesine gerek kalmadan doldurucu içeriğinde artışa izin vermektedir. Fakat UDMA'nın BiGMA'dan daha fazla polimerizasyon büzülmesine uğradığı belirtilmiştir (Trushkowsky 2001).

2.1.1.2. Diluent Monomerler

Klinik olarak kullanılabilir kıvamda pastalar üretebilmek, doldurucu içeriğini artırabilmek, rezini daha esnek ve daha az kırılğan yapabilmek için kompozit rezinlerde viskozite kontrolü sağlanmalıdır. Bu amaç için diluent monomerler kullanılmaktadır (Anusavice 1996, McCabe and Walls 1998, Trushkowsky 2001). Dilue edici monomerler, metakrilat monomerleri ve genellikle trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) gibi monomerlerdir (Anusavice 1996, McCabe and Walls 1998, Fortin and Vargas 2000, Garcia et al., 2006). TEGDMA, BisGMA'ya di- ve trimetakrilat eklenerek elde edilebilen bir rezindir (Trushkowsky 2001). TEGDMA, BisGMA'ya ilave edildiği zaman viskozitede belirgin bir azalma gözlenmektedir. Bununla birlikte TEGDMA veya diğer düşük moleküler ağırlıktaki dimetakrilatların ilavesi polimerizasyon büzülmesini artırmaktadır. Bu durum, kompozit rezinlerde kullanılacak düşük moleküler ağırlıktaki dimetakrilatların miktarını sınırlamaktadır (Anusavice 1996).

2.1.1.3. Siloran

Son yıllarda dişhekimliği endüstrisinde polimerizasyon büzülmesini azaltmaya yönelik çok sayıda farklı monomer geliştirilmiştir. Bu monomerler; spiro ortokarbonatlar, siklik eterler, siklik asetal ve alil sülfid, vinilsiklopropen, likit

kristalin monomerlerdir. Bu monomerler ile yapılan çalışmalar sonucu, henüz çözümlenemeyen birçok problem ile karşılaşılması, bu rezinlerin daha fazla geliştirilmesini gerektirmektedir (Moszner and Salz 2001, Ünlü ve Çetin 2008).

Bu monomerlerin dışında, in vitro olarak geleneksel kompozit rezinlerden %40-50 daha az büzülme gösterdiği iddia edilen siloran rezinler yer almaktadır (Garcia et al., 2006). Siloran rezinler siloksan ve oksiran moleküllerinden oluşmaktadır (Eick et al., 2006, Ilie and Hickel 2006, Ilie et al., 2007). Bu materyaller biyouyumludur. Fiziksel, kimyasal ya da biyolojik etkenlerin genetik materyalde kalıcı değişiklikleri indüklemesi durumu olan mutajenik özellik ve kromozom kırılması veya buna bağlı olarak kromozom parçalarındaki kayıp, artma ya da düzensizliklerin meydana gelmesi olan klastojenik özellik göstermezler (Eick et al., 2005).

Siloran rezinler stabildir ve hidroklorik asit, karaciğer esterazları, epoksi hidrolaz içeren sulu solüsyonlar gibi biyolojik sıvılarda çözünmezler. Siloran bileşenin kimyasal dayanıklılığı, içeriğindeki oksiran gruplarının kimyasal yapısındaki değişiklikleri ölçerek değerlendirilebilmektedir. Bileşenin dayanıklılığı ağız içinde kompozit rezinin kimyasal dayanıklılığını belirtebilmektedir (Eick et al., 2006, Ilie and Hickel 2006, Ilie et al., 2007).

Siloran rezinler, yapısındaki siloksan molekülü nedeniyle hidrofobiktirler ve bu nedenle metakrilat bazlı kompozit rezinlerle karşılaştırıldığında mekanik özellikleri daha iyidir. Yüksek su emilimi, kompozit rezinin ağız içindeki uzun dönem fiziksel dayanımını sınırladığı için hidrofobik nitelik kompozit rezinler önemlidir. Ayrıca, hidrofobik materyallerin, günlük beslenmede hidrofilik materyallerden, çok daha az boya emilimi ve çok daha az dışsal boyanma gösterdiği rapor edilmiştir (Weinmann et al., 2005, Ilie et al., 2007, Lien and Vandewalle 2010).

Metakrilat rezinler, radikal polimerizasyonu, siloranlar ise katyonik halka açılım polimerizasyonu ile polimerize olmaktadır. Siloranın polimerizasyon sonucu metakrilat rezinlere oranla daha düşük polimerizasyon büzülmesi gösterdiği ve bu durumun yapısında bulunan oksiran molekülünün halka açılım yapısına bağlı olarak gerçekleştiği bildirilmektedir (Weinmann et al., 2005, Ilie et al., 2007, Lien and Vandewalle 2010). Siloranın artmış polimerizasyon derinliği ve yüksek dayanım gibi istenen özellikleri gösterdiği bildirilmiştir (Ilie and Hickel 2006).

2.1.2. İnorganik Doldurucu Partiküller

Kompozit rezinlerin içeriğinde bulunan inorganik yapı, matriks içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuvars (kristalin silika), *fused* silika, koloidal silika, borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi doldurucu partiküllerden oluşmaktadır (McCabe and Walls 1998, Trushkowsky 2001).

Silika partikülleri, karışımın mekanik özelliklerini güçlendirir. Işığı geçirip yayarak kompozit rezine, mineye benzer yarı şeffaf bir görüntü kazandırır (Fortin and Vargas 2000). Saf silika; kuvars/kristobalit gibi kristal formda veya cam gibi amorf formda bulunabilmektedir (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). İlk jenerasyon kompozit rezinlerde sık kullanılan kuvarsın, dayanıklılığı ve ısıl genleşme katsayısı yüksek olmasına rağmen radyopasiteden yoksun olması, sertliği dolayısıyla karşıt dişi aşındırabilmesi ve düzgün bir yüzey elde edilememesi olumsuz özellikleri arasında sayılabilmektedir (Fortin and Vargas 2000, Trushkowsky 2001, Bayne et al., 2002). Koloidal silika, amorf silika partiküllerinin sıvı solusyonundan kimyasal presipitasyon ile oluşur ve çapı 0.1 µm'dan küçüktür (Bayne et al., 2002).

Stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium rezine radyopasite kazandırır (Anusavice 1996, Garcia et al.,2006). En çok kullanılan cam doldurucu baryum camdır (Anusavice 1996). Florür salan kompozit rezinlere bu özelliğini sağlamak için yitriyum florür katılmıştır (Fortin and Vargas 2000).

Partiküller üzerindeki son zamanlardaki araştırmalar partikül boyutu üzerinde devam etmektedir. Nanoteknolojinin, diş hekimliği alanında da kullanılmasıyla nano boyutta partiküller elde edilmiştir. Bu gelişme, zirkonyum silika veya silika partiküllerinden üretilen yaklaşık olarak 25 nm boyutunda nanopartikülleri ve yaklaşık olarak 75 nm boyutundaki nanokümelere içeren kompozit rezinlerin geliştirilmesine olanak vermektedir. Doldurucuların dağılımı, nanoteknoloji kullanılarak geliştirilen bu yeni kompozit rezinlerin doldurucu içeriğinin %80'e kadar ulaşmasına olanak sağlamaktadır (Garcia et al., 2006).

2.1.3. Ara Faz

Doldurucu partiküllerin bir rezin matrikse katılması, doldurucuların matrikse bağlanması çok iyi ise, matriks materyalinin özelliklerini belirgin bir şekilde artırmaktadır. Bu mümkün olmazsa doldurucu partiküller materyali zayıflatmaktadır. Resin ve doldurucu arasındaki bağlanma her iki bileşen arasında stresin dağılımını sağlar, resinin fiziksel ve mekaniksel özelliklerini geliştirir ve resinin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır (Anusavice 1996, Trushkowsky 2001). Kompozit resinlerde, organik matriks fazı ile inorganik faz arasında gereken bağlanma ara faz ile gerçekleşmektedir ve bu yapı, silisyum hidrojenli bileşikler olup, bunlara silan veya organosilan adı verilmektedir (Trushkowsky 2001, Bayne 2005).

En yaygın olarak kullanılan organosilan, gamma-methakriloksipropiltrimetoksisilan'dır. Bifonksiyonel yapıda olan molekülün içerdiği metoksi grupları inorganik partiküllerin yüzeyinde var olan hidroksil grupları ile reaksiyona girer. Moleküldeki diğer bağlayıcılar da organik matriksin doymamış çift bağları ile bağlantıyı sağlamaktadır (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). Organosilan bileşiğinin metakrilat gruplarının resin ile kovalent bağ oluşturması ile bağlanma süreci tamamlanır (Anusavice 1996).

2.1.4. İnisiyatör-Aktivatör Sistem

Polimerizasyon başlatıcıları olarak da adlandırılan inisiyatorler, polimerizasyon reaksiyonu için gerekli serbest radikallerin oluşumuna yol açan maddelerdir (Trushkowsky 2001). Kompozit resinlerde sertleşmenin klinik olarak kabul edilebilir bir zamanda gerçekleşebilmesini sağlayan, polimerizasyon hızlandırıcı olarak görev yapan maddeler ise aktivator olarak adlandırılmaktadır (Garcia et al., 2006).

Kimyasal olarak aktive olan resinler; bir tanesi benzoil peroksit inisiyator, diğeri tersiyer amin aktivator içeren iki pastadan oluşur. Tersiyer amin olarak N,N-dimetil-p-toluidin ve N,N-dihidroksietil-p-toluidin kullanılmaktadır (Anusavice 1996, Garcia et al., 2006). İki pasta karıştırıldığı zaman, amin serbest radikal

oluşturmak için benzoil peroksit ile reaksiyona girer ve ilave polimerizasyonu başlatmış olur (Anusavice 1996, Trushkowsky 2001).

Işık ile aktive olan rezinler; bir şırıngada tek pasta şeklinde sunulmaktadır. Pasta içinde fotoinisiyatör molekülü ve amin aktivatörden oluşan serbest radikal başlatıcı sistem bulunur. Yaklaşık olarak 468 nm dalga boyunda ışığa maruz kaldığında fotoinisiyatör uyarılarak ilave polimerizasyonu başlatan serbest radikalleri oluşturmak için amin ile etkileşime girmektedir (Anusavice 1996). Işıkla sertleşen kompozit rezinlerde kamforkinon gibi alfa diketon fotoinisiyatörler, 4-N,N-dimetilamino-fenitil alkol gibi tersiyer alifatik aminlerle birlikte kullanılmaktadırlar (Garcia et al., 2006). Bu amin, kimyasal sertleşen kompozit rezinlerdeki aromatik aminden renk açısından daha stabildir (Trushkowsky 2001).

2.1.5. Polimerizasyon İnhibitörleri

Normal saklama koşullarında dimetakrilat monomerlerinin spontan polimerizasyonunu engellemek veya en aza indirmek, ürünün sertleştirme öncesinde saklama zamanını ve bundan sonra kimyasal dayanıklılığını en uzun sürede tutabilmek için rezin sisteme inhibitörler eklenmektedir. İnhibitör serbest radikal ile reaksiyona girer ve böylece polimerizasyon olayını başlatmak için gerekli olan serbest radikal aktivasyonunu inhibe ederek zincir reaksiyonunu engeller. Bu şekilde polimerizasyon reaksiyonunu önlemek amacıyla, inhibitör olarak hidrokinonun monometileleri kullanılmaktadır. Hidrokinonun kullanıldığı durumlarda renklenmeye sebep olduğu bildirilmiştir (Anusavice 1996, Garcia et al., 2006).

2.1.6. Ultraviyole Stabilizatörleri

Renklenmeye sebep olan elektromanyetik radyasyonu emerek renk stabilizasyonunu artıran ve ultraviyole dalga boylarını absorbe eden sistemlerdir. Ultraviyole radyasyon emiciler olarak da adlandırılan bu bileşenlerin, ultraviyole ışığın, uzun dönemde renklenmeye neden olabilecek amin bileşiklerine etkisini

elimine edeceği bildirilmiştir. En sık kullanılan ultraviyole stabilizatör, 2-hidroksi-4-metoksi benzofenondur (Garcia et al., 2006).

2.1.7. Renk Pigmentleri

Kompozit rezinler, diş görünümünü taklit edebilecek yapıda bir renk ve translüsensiye sahip olmalıdırlar. Translüsensi ve opasite mine ve dentini taklit etmek için sağlanır. Farklı renkleri oluşturabilmek için kompozit rezinlerin içine organik ve inorganik pigmentler ilave edilmektedir. Bu pigmentler az miktarlarda eklenen farklı metal oksitleri içermektedir. Titanyum dioksit ve alüminyum oksit ise en etkili opaklaştırıcılardır (Anusavice 1996).

2.2. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması

2.2.1. İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklüğüne Göre Kompozit Resinler

2.2.1.1 Megafil Kompozit Resinler

İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 50-100 µm olan kompozit rezinlerdir (Bayne et al., 2002, Altun 2005). Posterior kompozit restorasyonlarda okluzal kontak noktalarına veya çok aşınan bölgelere yerleştirilen 0.5-2 mm büyüklüğünde megadoldurucular da bulunmaktadır (Bayne et al., 2002).

2.2.1.2. Makrofil Kompozit Resinler

İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 10-100 µm olan kompozit rezinlerdir. Doldurucu içeriği genellikle ağırlıkça % 70-80'dir (Anusavice 1996, Bayne et al., 2002). Geleneksel veya konvansiyonel kompozit rezin olarak da adlandırılırlar (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). En çok kullanılan doldurucu tipi

öğütülmüş kuvarsdır. Partiküllerin boyutları ortalama olarak 8-12 µm olmasına rağmen, 50 µm gibi büyük boyutta partiküller de bulunabilmektedir (Anusavice 1996).

2.2.1.3. Midifil Kompozit Rezinler

Partikül büyüklüğü 1-10 µm olan kompozit rezinlerdir. İnorganik doldurucu partikül yüzdesi ağırlıkça % 70-80'dir (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). *Mid-sized filled* veya *fine* partikül kompozit rezinler olarak da adlandırılırlar (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). Doldurucu tipi makrofil kompozitlerde de kullanılan kuvarsdır (Bayne et al., 2002).

2.2.1.4. Minifil Kompozit Rezinler

Partikül büyüklüğü 0.1-1 µm olan kompozit rezinlerdir. İnorganik doldurucu partikül yüzdesi ağırlıkça % 75-85'dir (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). *Small* partikül kompozit rezinler olarak da adlandırılırlar (Bayne et al., 2002, Altun 2005). Minifil kompozit rezinler doldurucu olarak baryum ve stronsiyum gibi ağır metalleri içeren cam partiküllerini içermektedir (Anusavice 1996, Bayne et al., 2002). Bazı minifil kompozitler kuvars partiküllerini de kullanabilmektedir. Pastanın viskozitesini ayarlamak için yaklaşık olarak ağırlıkça % 5 oranında koloidal silika eklenmektedir (Anusavice 1996).

2.2.1.5. Mikrofil Kompozit Rezinler

Partikül büyüklüğü 0.01-0.1 µm olan kompozit rezinlerdir (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). Mikrofil kompozit rezinlerin inorganik doldurucu oranları ağırlıkça % 35-60 arasındadır. İnorganik doldurucu olarak 0.04 µm büyüklüğündeki koloidal silika partikülleri kullanılmaktadır (Bayne et al., 2002).

Mikrofil kompozit rezinler homojen ve heterojen olarak ayrılmaktadırlar. Homojen rezinlerde, rezin içine mikrodoldurucu ilavesi söz konusudur. Heterojen rezinlerde ise rezin içine, mikrodoldurucu ile beraber prepolimerize rezin doldurucular ilave edilmektedir. Prepolimerize doldurucu üretiminde öncelikle mikrodoldurucular kümeler şeklinde sıkıştırılıp, rezin içine eklenmekte ve sertleştirilmektedirler. Daha sonra bu kompozit rezin, geleneksel kompozit rezinlerde kullanılan partiküllerden daha büyük boyutlarda öğütülerek prepolimerize doldurucu haline getirilmektedir (Anusavice 1996, Trushkowsky 2001). Prepolimerize partiküller organik doldurucu olarak adlandırılırlar, fakat bu terim teknik olarak doğru değildir çünkü yüksek oranda inorganik doldurucu içerirler (Anusavice 1996).

2.2.1.6. Hibrit Kompozit Resinler

Partikül büyüklüğü 0.04-1 μm (ortalama 0.6 μm) olan kompozit rezinlerdir (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002). Farklı büyüklükteki doldurucu partiküllerin karışımını içerir. Partikül büyüklüğü makrofil rezinden daha küçük, partikül miktarı mikrofil rezinden daha fazladır. İnorganik doldurucu partikül yüzdesi ağırlıkça % 75-80'dir (Bayne et al., 2002). Doldurucuların % 85-90'u cam partiküllerden geriye kalan % 10-15'i silika partiküllerinden oluşmaktadır (Bayne et al., 2002, Koray ve Yücel 2002). İçerdikleri koloidal silika 0.04 μm boyutundadır (Garcia et al., 2006).

Hibrit kompozit rezinler, geleneksel kompozit rezinlerin mekanik ve fiziksel özellikleri ile mikrofil kompozit rezinlerin cilalanabilir yüzey özelliklerinin birleştirilmesi temel alınarak üretilmiştir (Roberson et al., 2002).

Hibrit kompozit rezinler kendi arasında sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırmada, hibrit kompozit rezinlerin tipinin belirlenmesinde en büyük partikül boyutu kullanılmaktadır. Fakat bazı araştırmacılar tarafından hibrit kompozit rezini oluşturan her iki partikül boyutunun da isimlendirmeye yansıtılmasının daha doğru olacağı belirtilmiştir (Bayne et al., 2002).

Sınıflandırmada ilk olarak, mididoldurucular ve mikrodoldurucuların oluşturduğu midihibrit rezinler yer almaktadır. Bu rezinler, midi-mikro hibrit veya midifil hibrit

olarak da adlandırılmaktadırlar. İkinci sırayı, minidoldurucular ve mikrodoldurucuların oluşturduğu minihibrit rezinler oluşturmaktadır. Mini-mikro hibrit veya minifil hibrit olarak da adlandırılmaktadırlar. Son olarak mididoldurucular ve nanodoldurucuların oluşturduğu nanohibrit rezinler yer almaktadır ve midi-nano hibrit olarak da adlandırılmaktadırlar (Bayne et al., 2002).

2.2.1.7. Nanokompozit Rezinler

Nanokompozit rezinler, partikül büyüklüğü 0.005-0.01 µm olan kompozit rezinlerdir. Doldurucu içerikleri ağırlıkça % 80-90 arasında değişebilmektedir. Nanokompozit rezin içinde bulunan nanomerler, yaklaşık olarak 25 nm boyutunda kümeleşmemiş nano partiküllerdir. Nanoöbekler ise zayıf bağlarla birleşmiş yaklaşık olarak 75 nm boyutundaki nanopartiküllerdir. Bu partiküller zirkonyum/silika partikülleridir. Sadece nanomer ve nanoöbek doldurucu partikül içeren nanokompozitler nanofil kompozit rezinler olarak da adlandırılmaktadırlar. Şu an piyasada mevcut olan nanokompozitlerden sadece, 3M ESPE firmasına ait olan Filtek Supreme bu sınıflamaya uymaktadır (Davis 2003, Garcia et al., 2006, Bagheri et al., 2007). Nano boyuttaki doldurucu partiküller ile beraber, mikrodoldurucu veya prepolimerize doldurucu partikül içeren kompozit rezinler ise nanohibrit kompozit rezinler olarak adlandırılmaktadır (Senawongse and Pongprueksa 2007).

Nanokompozitlerin geliştirilmesine olanak sağlayan nanoteknoloji ile nanopartikül elde etmede iki farklı teknik kullanılmaktadır. Bu tekniklerden birincisi olan yukarıdan aşağıya yöntemde, materyale dışarıdan mekaniksel ve/veya kimyasal işlemler ile enerji verilmesi sonucunda materyalin nano boyuta kadar inebilecek küçük parçalara ayrılması esas alınmaktadır. Bu teknik ile çalışan yöntemlere verilebilecek en genel örnekler; mekanik öğütme ve aşındırma olarak gösterilebilmektedir. Tekniklerden ikincisini oluşturan aşağıdan yukarıya yöntemde; atomik veya moleküler boyuttaki yapıların kimyasal reaksiyonlar aracılığıyla düzenlenerek bir araya getirilmesi ve partikül oluşumu gerçekleştirilmektedir. Sonuç olarak bu partiküller ile nanoölçekli bir materyal elde edilmektedir (Gürmen ve Ebin 2008, www.aku.edu.tr/solgel, Erişim tarihi: 09 Eylül 2010,

www.aku.edu.tr/nanosynthesis, Erişim tarihi: 09 Eylül 2010). Aşağıdan yukarıya yaklaşıma verilebilecek örneklerinden biri de sol-jel tekniğidir. Bu teknik, nanokompozit rezinlerde nanodoldurucuların elde edilme mekanizması olarak kullanılmakta ve atomun atoma, molekülün moleküle ilavesi şeklinde partikül elde edilmektedir (Mitra et al., 2003, Nalçacı ve Bağış 2005, Gürmen ve Ebin 2008). Sol-jel prosesi, koloidal solüsyon “sol” oluşumu için ağların gelişimi ve solun jelleşerek devamlı sıvı faz “jel” içerisinde ağ oluşturmasını kapsamaktadır (www.aku.edu.tr/fabrication, Erişim tarihi: 09 Eylül 2010). Sol’un hazırlanmasında kullanılan başlangıç materyalleri genellikle metal alkoksit bileşikleri gibi inorganik metal tuzları veya metal organik bileşiklerdir (Sun 2005, www.aku.edu.tr/fabrication, Erişim tarihi: 09 Eylül 2010). İlk olarak öncül maddeler, koloidal bir süspansiyon veya sol oluşturmak için bir seri hidroliz ve polimerizasyon işlemlerine tabi tutulmaktadır. Sol, bir kalıba döküldüğü zaman jel formuna dönüşmektedir. Kurutma ve ısı işlemlerinden sonra jel, yoğun seramik veya cam partiküllerine dönüşmektedir (Sun 2005, www.aku.edu.tr/solgel, Erişim tarihi: 09 Eylül 2010). Sol-jel sistemi, istenilen ebatlarda ve küresel özellikte doldurucuların elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu özellikte ve bu denli küçük partiküller, materyale daha şeffaf ve estetik yapı kazandırmaktadır (Nalçacı ve Bağış 2005). Nanokompozit rezinlerde, öğütülerek elde edilen cam partiküller yerine sol-jel teknolojisi ile üretilen nanodoldurucuların kullanılması materyalin düşük viskozite ile yüksek ışık geçirgenliği ve yüksek radyoposititeye sahip olmasını sağlamaktadır (Bayne 2005).

Nanomerlerin yüzeylerinde organik faz ile bağlantı gücünü artırmak için ön hazırlık işlemleri yapılmaktadır. Nano boyuttaki doldurucular geleneksel dolduruculardan daha küçük hacimli olduklarından, organik matriks ile temas eden yüzey alanı artmıştır. Bu durum, organik-inorganik faz bağlantısının daha kuvvetli olmasına neden olmaktadır (Ure and Harris 2003).

Nanokompozitlerdeki nanopartiküllerin çok küçük ve küresel şekle sahip olmasının avantajları bulunmaktadır. Küresel şekilli partiküllerin mekanik stresleri, keskin açıları bulunan düzensiz şekilli partiküllerden daha uniform dağıtma eğiliminde olduğu bildirilmiştir (Trushkowsky 2001, Rodrigues Junior et al., 2007). Partiküllerin görünür ışık dalga boyundan (0.02-2 μm) daha küçük olması nedeniyle görünür ışık ile absorpsiyon ve saçılım gibi etkileşimlere girmeyeceği rapor

edilmiştir (Bayne et al., 2002). Bununla birlikte, partiküllerin küçük boyutta olmaları ve yuvarlak şekle sahip olmalarından dolayı geniş yüzey alanı gösterirler bu da fazla miktarlarda silan gerektirir. Silanizasyon işlemi daha kritik hale gelir ve doldurucu ile rezin arasında bağlanmada başarısızlığının oluşma riski artabilir.

Kompozit rezinleri büyük miktarlarda küçük boyutlu doldurucular ile yüklemek oldukça zordur çünkü bu doldurucuların geniş yüzey alanları viskozitede belirgin bir artışa neden olur. Bu küçük partiküller, büyük partiküllerden daha yüksek yüzey gerilimine sahip olduklarından dolayı, yüzeylerini daha stabil hale getirmek için kolaylıkla bir araya gelirler. Biraraya gelerek küme haline gelen doldurucuların gerekli olan monomere bağlı büzülmenin bir kısmının azalmasına neden olduğu da bildirilmiştir (Kim et al., 2007).

Nanomer partiküller ve nanoöbek formulasyonların kombinasyonu ile bu partiküllerin geniş dağılımları ve doldurucu partiküllerin arasındaki boşlukların azalması, doldurucu içeriğinin artmasını sağlamaktadır (Moszner and Klapdohr 2004). Bu şekilde partiküller arası mesafenin azalmasının, aynı zamanda rezin matriksin aşınmaya karşı korunmasında, polimerizasyon büzülmesinin azaltılmasında, mekanik ve yüzey özelliklerin geliştirilmesinde etkili olduğu savunulmaktadır (Bayne et al., 2002, Bayne 2005, Jung et al., 2007). Restorasyon yüzeyine etki eden aşındırıcı kuvvetler karşısında nanometrik boyutta kopmalar meydana gelmektedir. Nanomer gruplarının bu özelliği nanokompozit rezinlerin bir taraftan aşınma dirençlerinin ve mekanik özelliklerinin yüksek olmasına neden olurken, diğer taraftan yüzey özelliklerinin uzun süre devam edebilmesini sağlamaktadır (Davis 2003, Mitra et al., 2003, Ure and Harris 2003).

2.2.2. Viskozitelerine Göre Kompozit Rezinler

2.2.2.1. Akışkan Kompozit Rezinler

İnorganik doldurucu miktarı ağırlıkça % 40-50 arasında değişen kompozit rezinlerdir (Koray ve Yücel 2002). Düşük elastisite modülü ve viskozite özelliklerine sahiptirler (Starr 2001, Bayne et al., 2002). Elastisite modülü değerinin düşük olması

bu rezinlere esneklik sağlamaktadır (Garcia et al., 2006). Aşınma direnci ve mekanik özellikler açısından, akışkan kompozitlerin doldurucu içeriği yüksek kompozit rezinlerden daha zayıf olduğu bildirilmiştir (Bayne et al., 2002, Garcia et al., 2006). Doldurucu içeriğinin düşük olması nedeniyle yüksek oranda polimerizasyon büzülmesi gösterdiği belirtilmektedir (Garcia et al., 2006).

Akışkan kompozit rezinlerin, *undercut*'lara penetrasyon potansiyelinin ve kavite duvarlarına adaptasyonlarının iyi olduğu savunulmaktadır (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002, Garcia et al., 2006). Bu özellikleri ile diş yüzeyini yüksek oranda ıslanabilir duruma getirilebilmekte ve minimum kalınlıkta tabakalar oluşturulabilmektedirler (Garcia et al., 2006).

2.2.2.2. Paketlenebilir Kompozit Rezinler

Yüksek oranda farklı boyutta doldurucu partiküllerin karışımından oluşmuş düzensiz ve pöröz doldurucu kullanımı ile elde edilen kompozit rezinlerdir. Resin miktarının azaltılması ve inorganik doldurucu yüzdesinin artırılmasına bağlı olarak viskozitesi de artış göstermektedir (Fortin and Vargas 2000, Bayne et al., 2002, Garcia et al., 2006). Doldurucu içeriği yaklaşık olarak ağırlıkça % 70-80 arasında değişmektedir (O'Brien 2002).

Basınç uygulayarak kondanse edilebilmeleri, iyi bir kontak noktasının başarılabilmesi, daha iyi bir okluzal anatomi oluşturulabilmesi en önemli avantajlarıdır (Bayne et al., 2002, Garcia et al., 2006). Özellikle Sınıf II restorasyonlarda daha iyi proksimal kontak edilebilir (Fortin and Vargas 2000, Garcia et al., 2006).

Bir kompozit resin tabakası ile diğer tabaka arasında adaptasyonda zorluk yaşanabilmesi, zor işlenebilmesi, doldurucu partikül hibrit kompozit rezinlere oranla daha büyük olduğu için bitirme ve polisaj işlemleri sonrası pürüzlü yüzey oluşma riski de karşılaşılabilecek dezavantajlarıdır (Bayne et al., 2002, Garcia et al., 2006).

Bu kompozit rezinleri adlandırmak için kondanse edilebilir terimi de kullanılmaktadır. Fakat bazı araştırmacılar tarafından bu terimin doğru anlamı ifade etmediği ve kullanılmaması gerektiği savunulmaktadır. Kondansasyonun tanımı,

amalgamın kaviteye kondense edildiği zaman olduğu gibi, hacim azalması ile yoğunlukta bir artış anlamına geldiğinden dolayı kondanse edilebilir terimi bu materyaller için uygun değildir (Hilton 2001).

2.3. Kompozit Rezinlerin Polimerizasyonu

Polimerizasyon, monomerlerin polimerlere dönüşmesi olarak ifade edilmektedir. Dimetakrilat içerikli kompozit rezinlerde polimerizasyon ilave ve kondansasyon polimerizasyon yöntemleri ile gerçekleşmekte iken, siloran içerikli kompozit rezinlerde polimerizasyon halka açılım polimerizasyonu ile gerçekleşmektedir (Garcia et al., 2006).

2.3.1. İlave Polimerizasyon

İki molekülün birleşerek daha büyük bir molekül oluşturmasıdır. Bu tip reaksiyonda yan ürün elde edilmez. Bu polimerizasyon, monomerle aktive olacak reaktif grupların oluşması ile karakterizedir. Reaktif grupları serbest radikaller oluşturur (Craig 1996, McCabe 1999).

Polimerizasyon süreci birbirini takip eden dört aşamadan oluşmaktadır (Craig 1996, McCabe 1999, Trushkowsky 2001). Aktivasyon olarak adlandırılan ilk aşamada, reaksiyon serbest radikallerin oluşması ile başlamaktadır. Serbest radikaller, başlatıcıların ayrışması sonucu oluşmaktadır (Craig 1996, McCabe 1999). Kimyasal olarak sertleşen kompozit rezinlerde başlatıcı olan benzoil peroksit, aktivatör olan tersiyer amin ile parçalanarak serbest radikallerin oluşumu gerçekleştirir (McCabe 1999). Işık ile sertleşen kompozit rezinlerde, kamforkinon tersiyer amin varlığında görünür ışığa maruz bırakıldığında serbest radikaller oluşur (McCabe 1999, Trushkowsky 2001, Weinmann et al., 2005).

İkinci aşama olan başlama safhasında, serbest radikallerin monomer ile reaksiyona girmesi gerçekleşmektedir. Reaksiyon sonucu oluşan yapı, tekrar reaktif gruplar oluşturmakta ve polimerizasyon devam etmektedir (Craig 1996, McCabe

1999). Başlama aşaması, serbest radikallere diğer monomer moleküllerinin hızlı bir ilavesi ve büyüyen zincirin sonuna serbest elektron taşınması ile devam eder, bu da üçüncü aşama olan ilerleme aşamasını tanımlamaktadır. Yayılma reaksiyonu, büyüyen serbest radikalın sonlanmasına kadar devam etmektedir (Craig 1996, Trushkowsky 2001). Sonlanma safhası olarak adlandırılan aşama, zincir reaksiyonu iki serbest radikal kompleksi stabil bir bağ oluşturmak için birbirleriyle reaksiyona girdikleri zaman sonlanır. Ayrıca serbest radikal ile reaksiyona girecek herhangi bir materyalin varlığı ile de polimerizasyon inhibe olabilir, böylece sonlanma oranını artırır veya başlama oranını azaltır. İdeal olarak sonlanma çok çabuk olmamalıdır çünkü serbest radikal kompleksi birçok monomer ile reaksiyona girebilerek uzun, daha esnek polimer zincirleri oluşturabilir. Eğer sonlanma çok hızlı olursa zincirler çok kısa ve bu yüzden daha az esnek olur (Craig 1996, Trushkowsky 2001).

2.3.2. Kondansasyon Polimerizasyonu

Kondansasyon polimerizasyonu, iki molekülün reaksiyona girerek daha büyük bir molekül oluşturmasıdır. Bu polimerizasyon reaksiyonu sonucunda düşük moleküler ağırlıkta yan ürünler oluşmaktadır (Craig 1996, McCabe 1999). Kondansasyon reaksiyonu ile polimer oluşabilmesi ve bu reaksiyonun devamlılık gösterebilmesi için, her reaksiyona dahil olan molekülün iki reaktif grubu olmalıdır. Bu durumda, reaksiyonun her safhasında zincir, bir monomer ünitesi ilavesi ile büyümekte ve büyüyen zincir her safhada iki reaktif grup taşımaktadır (McCabe 1999).

2.3.3. Halka Açılım Polimerizasyonu

Halka açılım polimerizasyonu, polimer kimyasında halkalı bileşiklerin polimerizasyonu anlamında kullanılmaktadır. Bu polimerizasyonda, ilave polimerizasyona benzer şekilde, polimerizasyon ortamında aktif zincirler ve monomer molekülleri arasında tepkime gözlenmekte ve monomer molekülleri birer

birer zincirlere katılmaktadırlar. Halka açılım polimerizasyonu bazı noktalarda ilave polimerizasyondan ayrılmaktadır. Bunlardan ilki, ilave polimerizasyon ile polimerleşebilen monomerlerin yapısında çift bağ bulunurken, halka açılım polimerizasyonuna yatkın monomerlerin çift bağ içerme zorunluluklarının bulunmamasıdır. İkincisi ise polimerizasyonun izlediği yoldur (Saçak 2008).

Halka açılma polimerizasyonu genelde anyonik veya katyonik mekanizma üzerinden ilerlemektedir yani genelde anyonik ve katyonik polimerleşmede kullanılan başlatıcılarla başlatılmaktadırlar. Başlatıcıya ek olarak, monomerin reaksiyona girebilirliğini arttırmak için bu tip sistemlerde katalizör kullanımı da yaygındır. Halka açılma polimerizasyonunun başlamasına yönelik iki tür mekanizmadan söz edilmektedir. İlk mekanizmada; halka yapısındaki bileşiklerde halkanın açılmadığı ve monomer ile katalizörün etkileşime girmesiyle, daha sonra başlatıcı olarak görev yapacak bir ara ürünün oluştuğu öne sürülmektedir. Bu mekanizmada katyonik halka açılma polimerizasyonu izlenmektedir. İkinci mekanizmada katalizörün doğrudan halkaya etki ederek halkayı açtığı varsayılmaktadır. Bu etkileşim sonucu oluşan iyonik uç grup, bir başka monomerle tepkimeye girer ve monomer katılması benzer adımlarla ilerlemektedir (Saçak 2008, www.polimernedir.com, Erişim tarihi: 15 Eylül 2010).

Siloran rezinlerin polimerizasyonu katyonik halka açılım polimerizasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Bu reaksiyon, oksijene hassas olmayan bir reaksiyondur. Bu durum; aktive olmamış polimerizasyon başlatıcı radikallere bağlı olarak, metakrilat bazlı kompozit rezinlerde gözlenen oksijen inhibisyon tabakası dezavantajını ortadan kaldırmaktadır. Polimerizasyon; oksiran halkasını açan, asidik bir katyonun bağlanması ile başlamakta, bu bağlanma ile oluşan molekül yeni bir asidik merkez, pozitif yüklü bir karbon atomu içermektedir. Bu moleküle bir oksiran monomerinin ilavesi ile, zincir oluşturmak için oksiran halka tekrar açılarak yeni bir karbokasyon oluşmakta, zincir çoğalması ve çapraz bağlı polimerizasyon devam etmektedir (Weinmann et al., 2005, Ilie et al., 2007, Duarte et al., 2009, Lien and Vandewalle 2010).

Polimerizasyon sürecinde metakrilat rezinlerin çizgisel reaktif gruplarının diğer gruplar ile kimyasal bağ oluşturması sonucu gerçekleşen hacim azalması, siloran rezinlerde oksiran moleküllerinin halka açılım yapısı sayesinde gözlenmemektedir.

Bu şekilde halka yapının açılması ve ayrılması alan kazancını sağlamakta ve kimyasal bağların oluşumu sırasında hacim kaybının oluşmasının önlenmesine neden olmaktadır. Stresleri kompanse etme mekanizmalarının, polimerizasyon süresince oksiran halkasının açılması ile gerçekleştiği rapor edilmiştir (Weinmann et al., 2005, Ilie et al., 2007, Duarte et al., 2009, Lien and Vandewalle 2010).

Siloran sistemin polimerizasyonunda başlatıcı sistem, üç bileşen içermektedir. Bunlar kamforkinon, iodyum tuz ve bir elektron vericidir. Kamforkinon, dental lambalarda kullanılan emilim spektrasını uyması nedeniyle fotoinisiyatör olarak seçilmiştir. Bu reaksiyonda elektron verici, bir yükseltgenme veya indirgenme tepkimesi sonucu iodyum tuzunu, halka açılım polimerizasyon sürecini başlatan bir asidik katyona ayrıştırmaktadır. Bu üç bileşenli sistem, yüksek polimerizasyon reaktivitesi ve en iyi ışık stabilitesi arasında bir denge sağlar. Kamforkinon, iodyum tuz ve elektron verici oranlarındaki değişikliklerin belirgin oranda farklı reaktivitelere ve ortam ışık stabilitelere neden olduğu belirtilmiştir (Weinmann et al., 2005, Ilie and Hickel 2006, Duarte et al., 2009).

Metakrilat bazlı kompozit rezinlerin polimerizasyonunda, ışık ile polimerizasyon başladıktan sonra büzülme stres eğrisi kademeli bir artış göstermektedir. Fakat bu olay siloran bazlı kompozit rezinlerde gözlenmemekte, ışık ile polimerizasyonun başlamasından kısa bir süre sonra büzülme stresi gelişimi sabit olarak devam etmektedir. Diğer bir ifadeyle, polimerizasyonun başlamasından sonra ilave bir büzülme oluşmamaktadır. Siloran materyalindeki konversiyon derecesinin gelişimi ile ilgili araştırmalar, ışık ile polimerizasyonun başlamasından sonra 20. dakikada bile sertleşme derecesinin artmaya devam ettiğini göstermiştir. Bu, siloran halkalarının açılmaya devam ettiği ve üç boyutlu polimer ağının oluşumu ile oluşan büzülmeye de karşılık verebildiği anlamına gelmektedir (Ilie et al., 2007).

2.4. Kenar Uyumu ve Mikrosızıntı

Restoratif materyallerin kavite duvarlarına adaptasyonu uzun dönemde bir restorasyonun performansını etkileyen birincil faktördür. Açıklık bulunmayan iyi bir kenar uyumunun, mikrosızıntı oluşumunu önleyerek restorasyonun ömrünü uzatacağı

bildirilmiştir (Gjorgievska et al., 2008). Restoratif materyaller ile kavite duvarı arasında meydana gelen mikroaralıktan bakteri, ağız sıvıları, molekül ve iyonların geçişi mikrosızıntı olarak adlandırılmaktadır. Mikrosızıntı restorasyonların yenilenmesini gerektiren ilk sebep olarak rapor edilmiştir (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Aguiar et al., 2003, De Munck et al., 2005, Heintze et al., 2008).

Mikrosızıntının ilerleyen dönemlerde; restorasyonda marjinal renklenmelere ve marjinal kırıklara, ikincil çürüğe ve postoperatif hassasiyete neden olduğu belirtilmiştir (Alani and Toh 1997, Aguiar et al., 2003, Heintze et al., 2008).

2.4.1. Kenar Uyumu ve Mikrosızıntıya Etki Eden Faktörler

Restorasyon ile kavite arasındaki kenar uyumuna ve mikrosızıntı oluşumuna etki eden faktörler; polimerizasyon büzülmesi, polimerizasyon sırasında meydana gelen stresler, restoratif materyallerin diş sert dokularına bağlanması, diş dokuları ve restoratif materyal arasındaki termal genişleme katsayısı ve ağız içinde restorasyonların maruz kaldığı termal, mekanik ve kimyasal streslerdir (Kubo et al., 2004, Alonso et al, 2006, Duarte et al., 2007, Moreira da Silva et al., 2007).

2.4.1.1. Polimerizasyon Büzülmesi ve Stresleri

Kompozit rezinlerin polimerizasyonu süresince monomerler polimerlere dönüşmektedir. Monomer moleküllerinin polimer ağına dönüşmesi ile monomer molekülleri arasındaki Van der Waals bağlarının oluşturduğu 0.3-0.4 nm'lik mesafe, polimerize olduklarında oluşan polimer üniteleri arasındaki kısa kovalent bağlarının 0.15 nm'lik mesafesine düşmektedir. Bu da polimerizasyon olayı süresince gerçekleşen büzülmenin bir ifadesidir (Fortin and Vargas 2000, Murchison et al., 2001, Moreira da Silva et al., 2007, Visuanathan et al., 2007, Gerdolle et al., 2008, Van Ende et al., 2010).

Polimerizasyon büzülmesi arayüzde ve diş yapısında strese neden olmaktadır. Bzlmenin neden olduğu stresler mine marjinlerinde çatlaklara yol açan 4 ile 7 MPa arasında değişen kontraksiyon kuvvetleri oluşturabilmektedir (Murchison et al., 2001, Wahab et al., 2003). Polimerizasyon stresi, başlangıç olarak pre-jel safhasında, jel aşaması denilen kıvama ulaşıncaya kadar kompozit rezinin akıcılığı ve kavite içinde serbest yüzeyle yayılması ile hafifletilir. Bu noktadan önce kompozit rezin esnektir ve stresi hafifletmektedir. Jel noktasına ulaşıldıktan sonra kompozit rezin, büzülme stresinin diş dokusuna iletildiği esnek olmayan sert bir duruma geçmektedir (Fortin and Vargas 2000, Yap et al., 2000, Murchison et al., 2001, Visuanathan et al., 2007, Gerdolle et al., 2008, Van Ende et al., 2010). Post-jel fazı süresince oluşan stresler materyalin akıcılığı ile hafifletilemez ve kalan stresler zamanla materyal içinde veya diş ile kompozit rezin arayüzünde yorgunluğa neden olabilir (Yap et al., 2000, Murchison et al., 2001). Kompozit rezinlerdeki polimerizasyon büzülmesi sonucu rezin dentin arayüzünde gerçekleşen stres oluşumu materyalin adaptasyonun bozulmasına neden olmakta ve sonuç olarak kenar sızıntısını ve restorasyonun bozunmasını hızlandırmaktadır (Bedran-de-Castro et al., 2004).

Polimerizasyon büzülmesine etki eden; kavite geometrisine bağlı faktörler, restoratif materyalin yapısı ile ilgili faktörler, polimerizasyon ve yerleştirme tekniği ile ilgili faktörlerin de mikrosızıntıya etkisi olduğu saptanmıştır (Trushkowsky 2001, Braga et al., 2006, Kurokawa et al., 2007, Bagis et al., 2009, Hegde et al., 2009, Van Ende et al., 2009).

Kompozit rezin restorasyonların polimerizasyonunda, kavite geometrisinin yarattığı en önemli etkiyi konfigürasyon faktörü oluşturmaktadır. C faktör olarak da adlandırılan konfigürasyon faktörün etkisi ile, bağlanan yüzeylerin sayısındaki artış daha yüksek bir C faktör ve adeziv bağlanmada daha büyük kontraksiyon stresleri ile sonuçlanmaktadır (Van Meerbeek et al., 2001). Bu streslerin de kavite ile restorasyon kenarlarında açıklık oluşumunu arttırdığı rapor edilmiştir (Moreira da Silva et al., 2007).

Restoratif materyalin; doldurucu içeriği, konversiyon oranı ve elastisite modülünün bir kaviteyi örtüleme kapasitesinde önemli bir etkisinin olduğu rapor edilmiştir (Alonso et al, 2006, Moreira da Silva et al., 2007). Genel olarak, yüksek oranda doldurucu partikül içeren rezinlerde, rezin matriks hacminin daha az olması

nedeniyle daha az polimerizasyon büzülmesi ve stresi meydana gelmektedir (Aguiar et al., 2003, Sadeghi and Lynch 2009). Konversiyon oranının yüksek olması daha fazla monomerin polimerize olduğunu ve dolayısıyla daha fazla polimerizasyon büzülmesi gösterebileceğinin ifadesidir (Garcia et al., 2006). Bir restoratif rezinin elastisite modülü ne kadar düşük ise, fleksibilitesi okadar yüksek ve kontraksiyon streslerini azaltma kapasitesi daha fazladır (Van Meerbeek et al., 2001, Moreira da Silva et al., 2007). Restoratif materyale bağlı etkenler sonucu polimerizasyon büzülmesinden kaynaklanan streslerin, restorasyon kenarlarında açıklık ouşumunu kolaylaştırdığı ve mikrosızıntı ile polimerizasyon stresi arasında direk bir bağlantının olduğu belirtilmiştir (Awliya and El-Shan 2008, Boaro et al., 2010).

Kompozit rezinlerin kütle yerleştirme tekniği yerine tabakalama tekniği ile yerleştirilmelerinin, polimerizasyon büzülmesinden kaynaklanan içsel stresleri önlemede etkili bir yol olduğuna inanılmaktadır (Hilton 2001, Trushkowsky 2001, Van Ende et al., 2010). Aynı zamanda bu yöntem ile daha küçük materyal hacmi, daha düşük C faktör ve polimerizasyon süresince kavite duvarları ile daha az kontak sağlanmış olduğu ve mikrosızıntıyı minimuma indirmekte etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Bagis et al., 2009).

2.4.1.2. Diş Sert Dokularına Bağlanma

Kompozit rezin ile diş dokusu arasındaki sıkı bir bağlantının, restorasyonun başarısında önemli bir yeri bulunmaktadır. Bağlanma kuvvetinin, kompozit rezinlerin polimerizasyonu süresince büzülme streslerine karşı koyabilecek kuvvette olması gerektiği belirtilmiştir (Trushkowsky 2001, Balkenhol et al., 2007). Bu nedenle, başarılı bir başlangıç adaptasyonu, bağlayıcı ajanların kompozit rezinin kavite duvarlarından ayrılmasını önleyebilme kapasitesine dayanmaktadır (Haak et al., 2003).

Polimerizasyon süresince, reaksiyonun tümü ve büzülme tam olarak 5 ila 10 sn de meydana gelmektedir. Polimerizasyon stresleri hızlı ve düzensiz bir şekilde oluşmakta, birkaç dakika sonra birtakım etkenler ile stresler rahatlamaktadır. Bonding sistemlerin son zamanlardaki gelişmelerine ve daha iyi hibrit tabakası

oluşturmalarına rağmen, erken streslerde yeteri kadar kuvvetli olmadıkları ve yer değiştirebildikleri belirtilmiştir. Eğer dentin bonding sistemlerin polimerizasyonu yetersiz ve etkin değil ise daha sonra arayüzde başarısızlıklar oluşabilmektedir. (Bayne 2005).

Kaviteye kompozit rezinin yerleştirilmesi ve polimerizasyonu ile polimerizasyon kontraksiyon stresleri ile bağlayıcı ajanlar arasında bir rekabet söz konusu olmaktadır. Adezyon kuvvetlerinin büzülme streslerine direnç göstermesi sonucu tüberkül deformasyonuna bağlı olarak postoperatif hassasiyete neden olabilmektedir. Eğer kavite tamamen mine ile çevrili ise kompozit rezinin dentinden ayrılması ile stres hafifletilir; bununla birlikte minede marjinal bütünlük devam eder. Eğer polimerizasyon büzülme kuvvetleri, adeziv sistemlerin anlık dayanımlarını aşılıyor ise gingival kenarda açıklık gap oluşabilmekte ve sonucunda restorasyon muhtemelen bu bölgede sızdırabilmekte ve büyük olasılıkla yerinden çıkabilmektedir (Trushkowsky 2001). Bu nedenle etkin bir bağlanmanın oluşumu majinal bütünlüğün korunması için olumlu olarak düşünülmektedir (Van Meerbeek et al., 2001).

2.4.1.3. Termal Genleşme Katsayısı

Kompozit rezinler ve diş yapılarının termal genleşme katsayılarındaki uyumsuzluklara bağlı olarak termal değişiklikler de strese neden olmaktadır (Kubo et al., 2004). Kompozit rezinler diş yapısından 2 ila 6 kat daha yüksek termal genleşme katsayısına sahiptirler (Murchison et al., 2001). Mine ve dentinin termal genleşme katsayıları sıra ile 11.4×10^{-6} ppm/°C ve 8.3×10^{-6} ppm/°C dir. Bir hibrit kompozit rezinin yaklaşık olarak 20×10^{-6} ppm/°C, kompozit rezinlerin ise 25-60 ppm/°C arasında değişmektedir (Wahab et al., 2003, Kubo et al., 2004). Bu farklılık, kompozit rezinin, sıcak kahve veya dondurma tüketilmesi durumunda olduğu gibi sıcaklık değişikliklerine cevap olarak diş yapısından daha yüksek oranda genişleyeceği ve büzüleceği anlamına gelmektedir. Bu uyumsuzluğun, adezyon kaybına ve mikrosızıntı ile sonuçlanabilen diş ile restorasyon arayüzünde açıklık oluşumuna neden olacağı belirtilmektedir (Hakimeh et al., 2000, Murchison et al., 2001).

2.4.1.4. Termal, Mekanik ve Kimyasal Stresler

Restoratif materyalin sertleşmesi süresince mükemmel bir kenar uyumu elde edilmesi restorasyonun ömrü açısından önem taşımaktadır. Ancak diş ve restoratif materyaller ağız içerisinde ısı ve Ph değişikliklerine ve mekanik streslere maruz kalmaktadırlar. Bu nedenle zamanla termal ve mekanik sikluslar karşısında bu uyumu devam ettirmek oldukça zor bir durumdur (Dauvillier et al., 2000, Hakimeh et al., 2000, Manhart et al., 2001b).

Ağız içerisindeki sıcaklık değişimleri, çiğneme kuvvetleri, asitler veya enzimler tarafından kimyasal ataklar uzun bir süre sonucunda diş ile restorasyon arayüzünde ciddi sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Klinik olarak kompozit restorasyonlardaki marjinal bütünlüğün bozulması önemli bir problem olarak görülmeye devam etmekte ve restorasyonların ömrünü kısaltan temel sebebi oluşturmaktadır. Sonuç olarak restorasyonun bozunması kimyasal, termal ve mekanik yük streslerine bağlı olarak gelişmektedir (Bedran-de-Castro et al., 2004).

Restorasyonların maruz kaldığı ve bozunmasına neden olan bu uzun dönem streslerin materyallerin performanslarının değerlendirildiği *in vitro* çalışmalarda da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle bu stresleri simule etmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Termal siklus, mekanik yükleme ve suda bekletme bu amaçla geliştirilen yöntemlerdir.

Termal Siklus

Termal siklus ağız boşluğunda gözlenen sıcaklık değişimlerinin *in vitro* koşullarda diş ve restorasyona uygulanma işlemidir (Alani and Toh 1997). Termosiklus uygulaması ile yaşlandırmanın dişler ve restorasyon üzerindeki etkisi iki şekilde açıklanmaktadır. Birincisi, sıcak suyun arayüz bileşenlerinin hidrolizisini takiben su alımını ve zayıf polimerize olmuş polimer rezinin veya parçalanma ürünlerinin açığa çıkmasını hızlandırabilmesidir. İkinci olarak ise restoratif materyalin dişe oranla daha yüksek termal büzülme ve genleşme katsayısından dolayı diş ile biyomateryal arasında tekrarlayan büzülme ve genleşme streslerinin oluşmasıdır. Bu stresler bağlanan arayüzlerde çatlak oluşumuna yol açabilmekte ve

açıklık oluşumu ile de ağız sıvılarının geçişine neden olabilmektedir. Bu durum ise perkolasyon olarak tanımlanmaktadır (Alani and Toh 1997, Gale and Darvell 1999, De Munck et al., 2005).

Termal siklus testi için çalışmalarda kullanılan banyo sıcaklık değerlerinin alt sınırı 2-20 °C arasında değişirken, üst sınır 45-65 °C değerleri arasında yer almaktadır. Çalışmalarda, siklus sayısı ise 1 ila 100.000 arasında değişkenlik göstermiştir (Eroğlu ve Baydır 2010). ISO'nun ilk kez 1994'de daha sonra 2003'te tekrar düzenlediği standartlarına (TR 11450) göre termal siklus test düzeneğindeki alt ve üst sıcaklık değerleri 5-55 °C olarak ve siklus sayısı 500 olarak belirlenmiştir (De Munck et al., 2005, Eroğlu ve Baydır 2010). ADA'nın yayınladığı 'Acceptance Program Guidelines' adlı programda da termal siklus testi için alt ve üst sıcaklık değerleri 5-55 °C olarak fakat siklus sayısı 4.000 olarak önerilmiştir (ADA Acceptance Program Guidelines 2001).

Çalışmalarda termal siklus testinde banyo sıvısı olarak su, serum fizyolojik, yapay tükrük, deiyonize su ve fosfatla tamponlanmış su kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda banyo sıvılarına daldırma süreleri 5 saniye ile 300 saat arasında değişebilmektedir (Eroğlu ve Baydır 2010).

Mekanik Yükleme

Dişler normal fonksiyon ve parafonksiyon süresince okluzal streslere maruz kalmaktadırlar ve diş yapısı boyunca stres dağılımı gözlenebilmektedir. Bununla birlikte bu okluzal yükler dişin esnemesine neden olmaktadır. Diş esnediği zaman, servikal bölgede gerilim ve makaslama stresleri gelişmektedir (Jang et al., 2001, Arisu et al., 2008). Ağız ortamında dolgu ve diş yapıları üzerinde asimetric basınç meydana getiren bu mekanik faktörler in vitro çalışmalara da yansıtılmıştır (Alani and Toh 1997, Jang et al., 2001). In vitro çalışmalarda çiğnemeyi simule etmek amacıyla okluzal yükleme veya mekanik siklus kullanılmaktadır (De Munck et al., 2005, Arisu et al., 2008). Restore edilmiş dişlerde mekanik siklusun, deformasyonun miktarını kalıcı olarak veya yalnızca diş stres altındayken artırdığı gösterilmiştir (Alani and Toh 1997, Jang et al., 2001). Laboratuvar koşullarında yapılan mikrosızıntı değerlendirmelerinde, restore edilmiş dişlere hem termal hem de okluzal

streslerin uygulanmasının ağız içi şartları daha yakın taklit edebileceği önerilmiştir (Alani and Toh 1997).

Suda Bekletme

Suda bekletme sonucu bağlanma etkinliğindeki azalmanın, hidrolizis ile arayüz komponentlerinin bozunması sonucu gerçekleştiği düşünülmektedir. Bununla birlikte daha önceki çalışmalarda, aynı zamanda suyun infiltre olabileceği ve polimer matriksin mekanik özelliklerini düşürebileceği belirtilmiştir.

Bu tip bir çalışmada, örnekler, belli bir süre 37 °C'deki sıvı içerisinde saklanmaktadır. Bu periyod birkaç aydan dört-beş yıla veya daha uzun bir süreye kadar değişiklik gösterebilmektedir. Saklama solusyonu olarak genellikle su kullanılmaktadır. Saklama süresince bakteriyel bir üremenin önlenmesi için sodyum azit, kloramin veya bazı antibiyotikler ilave edilebilir. Klinik koşulları daha iyi taklit edebilmek için ise yapay tükürük solüsyonları kullanılabilir (De Munck et al., 2005).

2.5. Mikrosızıntı Değerlendirme Yöntemleri

Diş ile restorasyon kenarlarındaki mikrosızıntının değerlendirilmesinde; boyalar, hava basıncı, bakteriyel sızıntı, radyoaktif izotop, nötron aktivasyon analizi, kimyasal izleyiciler, kullanılmaktadır (Manhart et al., 2001a, Gerdolle et al., 2008, Heintze et al., 2008).

2.5.1. Boya Penetrasyon Yöntemi

Boya penetrasyon yöntemi mikrosızıntı tespiti için kullanılan en eski yöntemlerden olup, kolay ve basit uygulaması nedeniyle hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde, çekilmiş dişlere restorasyon yapıldıktan sonra kök uçları bir rezin materyali ile kapatılır. Diş yüzeyinde restorasyon dışında kalan

alanlar bir vernik veya cila ile kaplanır. Hazırlanan örnekler boya solüsyonuna koyularak belli bir süre bekletilir. Daha sonra solüsyondan alınarak yıkanır ve mikroskopta incelenmek amacıyla kesitler alınır (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Van Meerbeek et al., 2003, De Munck et al., 2005, Heintze 2007).

Bu çalışmalarda floresan, akridin turuncusu, toluidin mavisi, eritrosin, kristal violet, bazik fuksin, gümüş nitrat, anilin mavisi, metilen mavisi ve Rodamin B gibi çeşitli boya solüsyonları kullanılmaktadır (Piva et al., 2002, Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009). Bu çalışmalarda dentin geçirgenliği önemli bir faktördür. Dentin tübüllerinin sayısı ve çapı pulpaya yaklaştıkça artar. Bu nedenle kullanılan boya partiküllerinin çapının dentin tübüllerin çapından daha büyük olması istenmektedir (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Karadağ 2005).

Teknik hassasiyet gerektiren bir yöntemdir ve sonuçların değerlendirilmesi standardizasyon gerektirir (Taylor and Lynch 1992). Kesit alma işleminden dolayı diş örneklerinin zarar görmesi ve tekrar inceleme yapılamaz duruma gelmesi, diş ile restorasyon arayüzünün kısmi bir analizinin gerçekleşebilmesi ve üç boyutlu sızıntının iki boyutlu olarak incelenebilmesi dezavantajlarıdır (Alani and Toh 1997, Heintze 2007, Heintze et al., 2008, Ayyıldız ve ark., 2009). Hızlı ve direkt ölçüm yapılabilmesi avantajlarını oluşturmaktadır (Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009).

2.5.2. Hava Basıncı Yöntemi

Harper tarafından, 1912 yılında geliştirilen bir yöntemdir. Kök kanalı ve pulpa odası boyunca diş içine basınçlı hava uygulanıp, statik sistem içinde kaybolan basıncın ölçülmesini esas alan bir sistemdir. Bu ölçüm, uygulanan basınç sonucunda, sualtına yerleştirilen restorasyonun kenarlarından hava kabarcıklarının çıkışının mikroskopik olarak incelenmesi yolu ile gerçekleştirilmektedir.

Diş örneklerine zarar verilmemesi en önemli avantajıdır. Klinik durumu yansıtması ise en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. Buna neden olarak, basınçlı havanın restorasyon boyunca geçerken oluşturduğu kurutucu etkinin hesaba katılmamasının olduğu bildirilmektedir (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Ayyıldız ve ark., 2009).

2.5.3. Bakteriyeel Sızıntı Yöntemi

Restorasyon kenarlarından sızan bakteri toksinleri ve diğere bakteri ürünlerinin incelenmesi esasına dayanan bir yöntemdir (Taylor and Lynch 1992, Ayyıldız ve ark., 2009). Bu yöntem ile genelde belli bir bakteri cinsi ve besi yeri kullanılmaktadır. Bunun için, dişler gram pozitif ve gram negatif bakterileri içeren kültür ortamına konulur ve inkübasyon süresinin sonunda besi yerinde bulunan isaretleyici solüsyondaki renk değişikliğine göre sızıntı miktarı tespit edilmektedir (Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009,).

Bakteri sızıntısı için, kavite duvarlarıyla restorasyon materyali arasındaki açıklığın 0.5-1 µm arasında olması gerekmektedir. Daha küçük aralıklar bakteri toksinlerinin ve diğere bakteri ürünlerinin geçmesine izin vermezler. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar kantitatif değil kalitatifdir bu da önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009).

2.5.4. Radyoizotop Yöntemi

Radyoaktif izotopların kullanımı, çok küçük miktarlarda sızıntının tespitine olanak sağlamaktadır. En küçük boya partikülü ile karşılaştırıldığında, boya partikülü 120 nanometre iken izotop molekülünün sadece 40 nanometre olması sızıntı çalışmalarında çok ince detay vermektedir. Bu yöntemde kullanılan izotoplar Ca^{45} , I^{131} , S^{35} , Na^{22} , Rb^{86} , C^{14} ve P^{32} 'dir (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009). İncelenecek dişler, birkaç saatliğine izotop solüsyonuna batırılır. Daha sonra solüsyondan çıkarılan örnekler uzun süre yıkamaya tabi tutulduktan sonra kesit alınır. Kesilen yüzeyler bir fotoğraf filmine aktarılır (Alani and Toh 1997, Karadağ 2005). Sonuçlanan radyografiler, restorasyon ile kavite duvarı arasına penetre olan herhangi bir radyoaktif izotopun varlığını ve lokalizasyonunu göstermektedir (Alani and Toh 1997, Ayyıldız ve ark., 2009).

Bu tekniğin en önemli dezavantajı, sonuçların subjektif olmasıdır. Tekniğin karışık ve hassas olması, radyoaktif madde kullanımı nedeniyle güvenlik için bazı

önlemlerin alınması gerekliliği, izotopların pahalı olması ise diğer dezavantajları olarak gösterilmektedir (Alani and Toh 1997, Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009).

2.5.5. Nötron Aktivasyon Analizi

In vivo olarak restorasyon kenarlarının etrafına manganez gibi kimyasal bir işaretleyicinin sızmasına izin veren bir yöntemdir. Daha sonra diş çekilebilir ve manganeze enerji veren nötronlar ile bombardımana tutulan nükleer bir reaktörün merkezine yerleştirilir. Diş tarafından emilen manganezin ölçümü ile sonuca varılmaktadır (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009).

Dezavantaj olarak bu teknik, restorasyonun hangi noktada sızdığını ya da restorasyon kenarları haricinde nereden manganez absorpsiyonu olduğunu göstermemektedir (Taylor and Lynch 1992, Alani and Toh 1997, Karadağ 2005). Ayrıca, pahalı ve karışık bir tekniktir. İşaretleyicinin derinliğini belirlemek için birkaç tane kesit almak gerekebilmekte bunun da radyasyon tehlikesi yaratabileceği belirtilmektedir (Alani and Toh 1997, Karadağ 2005).

2.5.6. Kimyasal İşaretleyicilerin Kullanımı

Bu metod, iki kimyasal ajanın penetrasyonuna dayanmaktadır. Kimyasal ajan olarak iki renksiz bileşen kullanılmaktadır ve bu bileşenlerin reaksiyona girmesi ile opak bir görüntü elde edilmektedir. İki molekülden yalnızca küçük olanın penetrasyonu ile görüntü elde edilmez ve sızıntının belirlenemez. Görüntü, fotoğraf çekimi ile elde edilmektedir (Taylor and Lynch 1992, Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009).

Objektif ölçümler, kantitatif veri elde edilmesi ve ajanın radyoaktif olmaması bu yöntemin avantajları, sonuçların subjektif olarak yorumlanması ise dezavantajdır (Alani and Toh 1997, Karadağ 2005, Ayyıldız ve ark., 2009).

2.6. Kenar Uyumu Değerlendirme Yöntemleri

2.6.1. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Analiz

Restorasyon ile diş arasındaki kenar uyumu incelemesi taramalı elektron mikroskobu ile gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem, polimerizasyon büzülmesi veya termal ve mekanik etkiler süresince meydana gelen kuvvetlerin mine ve dentin bağlanma dayanımını aştığı durumlarda restorasyon marjinde gözlemlenebilir bir açıklık oluşabileceğini göstermektedir (Van Meerbeek et al., 2003, De Munck et al., 2005). Taramalı elektron mikroskobunun kullanımı, yüksek büyütme ve odaklanma yolu ile restoratif materyalin kavite kenarlarına adaptasyonunun direkt göz ile incelenmesini sağlamaktadır. Kavite duvarları ile restorasyon arasında oluşan açıklıkların uzunlukların ve çaplarının ölçülmesinde de kullanılmaktadır.

Daha önce, taramalı elektron mikroskobu ile diş üzerinde yapılan incelemelerde karşılaşılan kurutma, kesit alma, deformasyon gibi problemler araştırmacıları bu incelemeyi başka teknikler ile uygulamaya yöneltmiştir. Dişlerden alınan ölçüler ile elde edilen replikalar ile bu yöntem geliştirilmiştir (Taylor and Lynch 1993, Alani and Toh 1997, Alonso et al., 2006). Ölçü materyali olarak, boyutsal stabilitesinin yüksek oranda olmasından dolayı polivinil siloksan ölçü maddeleri, replika elde etmek için epoksi rezin kullanımı tavsiye edilmektedir.

Kenar uyumunun kantitatif olarak değerlendirilmesi, epoksi replikaların bilgisayarlı görüntü analiz sistemi ile incelenmesini içermektedir. Bu teknik kullanılarak tüm kavite çevresi kaydedilebilmekte ve restorasyon için marjinal kalitenin veya açıklık yüzdesi açıklanabilmektedir (Taylor and Lynch 1993, Alonso et al., 2006). Tüm kavite marjinin incelenmesinin uzun zaman alması, pahalı ve karmaşık bir teknik olması ise dezavantaj olarak görülmektedir (Taylor and Lynch 1993, Heintze 2007).

2.6.2. Mikrotomografi ile Analiz

Mikrotomografi (Micro-XCT), X ışını kullanılan üç boyutlu görüntüleme kapasitesi olan yüksek çözünürlükte bilgisayarlı bir sistemdir. Bu sistem ile kompozit rezinlerin kaviteye adaptasyonları ve internal boşlukları görüntülenebilmekte, örneklerin yıkımı gerçekleşmeden tüm kavite kantitatif olarak değerlendirilebilmektedir (Kakaboura et al., 2007, Papadogiannis et al., 2009). Ayrıca, kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesinin daha iyi karakterizasyonu için interfasiyal açıklıkların çizgisel, alansal ve hacimsel ölçümleri elde edilebilmektedir. Böylece kavite şekli, konfigürasyon faktörü ve restoratif materyalin tipi gibi parametrelerin karşılaştırması yapılabilmektedir (Kakaboura et al., 2007). Bu teknik dentinden belirgin oranda farklı X ışını emilim katsayısına sahip kompozit rezinler için geçerli olmaktadır. Micro-XCT kullanımının da bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Bunların başında, doymamış veya düşük oranda doymuş adeziv sistemler gibi minimum düzeyde X ışını emilimi olan materyallerden kaynaklanan boşlukların varlığını ayırt etmekte başarısızlığa uğrayabilmesi gelmektedir. Bu nedenle bazı durumlarda, polimerize olmuş adeziv tabakasından arayüzdeki açıklıkları ayırt etmek mümkün olmayabilmektedir (Papadogiannis et al., 2009). Micro-XCT yöntemi, kavite ile restorasyon arasında yetersiz veya uygun olmayan radyografik kontrast var olduğunda uygulanamayabilmektedir. Bu durum; kaviteler, çok yüksek X ışını emilimi gösteren, dentin ile benzer emilim gösteren veya emilim göstermeyen materyaller ile restore edildiğinde oluşabilmektedir (Kakaboura et al., 2007).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Dişlerin Toplanması

Bu çalışmada kullanılacak olan çekilmiş dişler, Süleyman Demirel Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Kliniğinden toplandı. Çürük ve restorasyon içermeyen, florozis bulunmayan (Thylstrup ve Fejerskov İndeksi, TFI 0) ve en fazla 6 ay önce çekilmiş olan 90 adet insan üçüncü büyük azı dişi seçildi. Ek olarak, çiğneme simülöründe test edilecek örneklerin antagonisti olarak kullanılmak üzere çürük ve restorasyon içermeyen, morfolojik bozukluğu olmayan 16 adet daha üçüncü büyük azı dişi toplandı. Dişlerin üzerindeki tüm sert ve yumuşak doku artıkları periodontal küret ile uzaklaştırıldı. Daha sonra dişler, pomza ve polisaj lastiği kullanılarak temizlendi. Temizlik işleminden sonra test için kullanılabilir hale getirilen dişler kullanım süresine kadar oda sıcaklığında, % 2'lik sodyum azid solüsyonunda (Merck KGaA, Damstadt, Almanya) saklandı.

3.2. Materyal Seçimi

Çalışmaya, 6 adet nanokompozit rezin ve 3 adet hibrit kompozit rezin olmak üzere piyasada mevcut olan toplam 9 adet kompozit rezin dahil edildi (Resim 1). Seçilen nanokompozit rezinlerden biri posterior nanohibrit kompozit rezin Clearfil Majesty Posterior (Kuraray), diğerleri ise universal nanohibrit kompozit rezinler Grandio (Voco), Reflexions XLS (Bisco), Tetric Evo Ceram (Ivoclar Vivadent), Premise (Kerr) ve Ceram-X Duo (Dentsply) idi.

Çalışmada kullanılan posterior hibrit kompozit rezin Aelite LS Posterior (Bisco) idi. Universal mikrohibrit kompozit rezin olarak ise Filtek Z250 (3M ESPE) ve Filtek Silorane (3M ESPE) kullanıldı. Çalışmada kullanılan kompozit rezinler, içerikleri ve polimerizasyon büzülmesi değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Çalışmada adeziv sistem olarak, üç basamaklı asitlenen ve yıkanan bir adeziv sistem (Adper Scotchbond Multipurpose, 3M ESPE) ve iki basamaklı kendinden

asitli bir adeziv sistem (Silorane System Adhesive, 3M ESPE) kullanıldı (Resim 2).
Çalışmada kullanılan adeziv sistemler ve içerikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.



Resim 1. Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller



Resim 2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller. Materyallere ait bilgiler üretici firmalardan elde edilmiştir.

| Materyal Üretici Firma Üretim No | Tipi Renk | Monomer | Doldurucu Tipi, Boyutu (µm) | Doldurucu Miktarı (%) | Polimerizasyon Büzülmesi (%) | Elastisite Modülü (GPA) |
|---|--|---------------------------------|---|----------------------------------|---|------------------------------------|
| Clearfil Majesty Posterior Kuraray, Japonya 00005B | Posterior Nanohibrit A3 | BisGMA, Aromatik DMA, TEGDMA | Alümina, Cam Seramik nanodoldurucu 0.02 cam doldurucu 1.5 | Ağırlıkça 92 Hacimce 82 | 1.5 | - |
| Grandio Voco, Almanya 701700 | Universal Nanohibrit A3 | BisGMA, TEGDMA | Silika, Cam Seramik nanodoldurucu 0.02-0.05 | Ağırlıkça 87 Hacimce 71 | 1.6 | 17.1 |
| Reflexions XLS Bisco, Amerika 0900012618 | Universal Nanohibrit Dentin Medium | BisEMA | Amorf Silika, Cam - | Ağırlıkça - Hacimce - | 1.4 | 16 |
| Tetric Evo Ceram Ivoclar Vivadent, Liechtenstein K34039 | Universal Nanohibrit A3 | DMA | Baryum Cam, Yiterbiyum Triflorid, Prepolimerize Doldurucu 0.04-3.0 | Ağırlıkça 76 Hacimce 54 | 1.5 | 10 |

BisGMA, Bisfenol A diglisidil dimetakrilat; DMA, Dimetakrilat; TEGDMA, Trietilen glikol dimetakrilat; BisEMA, Eteksilenmiş bisfenol A dimetakrilat

Tablo 1 (devamı). Çalışmada kullanılan kompozit rezin materyaller. Materyallere ait bilgiler üretici firmalardan elde edilmiştir.

| Materyal Üretici Firma Üretim No | Tipi Renk | Monomer | Doldurucu Tipi, Boyutu (µm) | Doldurucu Miktarı (%) | Polimerizasyon Büzülmesi (%) | Elastisite Modülü (GPA) |
|--|---|--|---|----------------------------------|---|------------------------------------|
| Premise Kerr, İsviçre 07-1080 | Universal Nanohibrit Dentin A3 | BisEMA, TEGDMA | Silika, Baryum Cam, Prepolimerize Doldurucu nanodoldurucu 0.02 mikrodoldurucu 0.4 prepol. doldurucu 30-50 | Ağırlıkça 84 Hacimce 69 | 1.7 | 10.2 |
| Ceram-X Duo Dentsply, Almanya 0612000285 | Universal Nanohibrit Dentin D3 (A3) | Metakrilat Modifiye Polisiloksan, DMA | Silika, Baryum Alüminyum Borosilikat Cam nanodoldurucu 0.01 nanoseramik 0.002 cam doldurucu 1.1-1.5 | Ağırlıkça 76 Hacimce 57 | 2.0-2.5 | 8.5 |
| Aelite LS Posterior Bisco, Amerika 0900000559 | Posterior Hibrit A3 | BisEMA | Amorf Silika, Cam 0.05-4.0 | Ağırlıkça 88 Hacimce 74 | 1.4 | 16 |
| Filtek Silorane 3M ESPE, Amerika N105399 | Posterior Mikrohibrit A3 | Siloran | Kristalin Silika, Yitriyum Florid 0.1-2.0 | Ağırlıkça 76 Hacimce 55 | 0.9 | 9.6 |
| Filtek Z250 3M ESPE, Amerika 7HT | Universal Mikrohibrit A3 | BisEMA, BisGMA, UDMA | Silika, Zirkonya 0.01-3.5 | Ağırlıkça 82 Hacimce 60 | 2.0-2.5 | 11 |

BisEMA, Etoksilenmiş bisfenol A dimetakrilat; TEGDMA, Trietilen glikol dimetakrilat; DMA, Dimetakrilat; BisGMA, Bisfenol A diglisidil dimetakrilat; UDMA, Üretan dimetakrilat

Tablo 2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemler ve uygulama şekilleri. Materyallere ait bilgiler üretici firmalardan elde edilmiştir.

| Materyal Üretici Firma | Tipi Üretim No | Yapısı | Uygulama Şekli |
|---|--|--|--|
| Adper Scotchbond Multi-Purpose 3M ESPE, St. Paul, MN, Amerika | Üç Basamaklı Asitlenen ve Yıkanan 20090629 | Asit: %35 fosforik asit Primer: Akrilik ve İtakonik Asit Kopolimerleri, HEMA, Su Adeziv: HEMA, BisGMA | 1) Fosforik asit, mine ve dentine uygulanır. 15 sn beklenir, 15 sn su ile yıkanır. 5 sn kurutulur. 2) Primer, mine ve dentine uygulanır, 5 sn hava ile nazikçe kurutulur. 3) Adeziv rezin, mine ve dentine uygulanır, hafifçe hava sıkılır ve ışık ile 10 sn sertleştirilir. |
| Silorane System Adhesive 3M ESPE, Seefeld, Almanya | İki Basamaklı Kendinden Asitli 34870017554 | Primer: Fosforlanmış Metakrilat, Vitrebond Kopolimeri, HEMA, BisGMA, Su, Etanol, Silika, Kamforkinon Adeziv: Fosforlanmış Metakrilat, Hidrofobik Dimetakrilat, TEGDMA, Silika, Kamforkinon | 1) Self-etch primer 15 sn uygulanır, hava ile hafifçe kurutulur ve 10 sn ışık ile sertleştirilir. 2) Adeziv rezin uygulanır, hava ile nazikçe kurutulur ve 20 sn ışık ile sertleştirilir. |

HEMA, Hidroksietil metakrilat; BiGMA, Bisfenol A diglisidil dimetakrilat; TEGDMA, Trietilen glikol dimetakrilat

3.3. Ön Çalışma

Kavite preparasyonu ve restorasyonunda standardizasyonun sağlanabilmesi ve mikrosızıntı testinin uygulanması sırasında meydana gelebilecek hataları en aza indirmek amacıyla bir ön çalışma yapıldı. Literatür taraması sonucu mikrosızıntı testi için yapılan kavite preparasyon çeşitleri göz önünde bulundurularak altı farklı uygulama test edildi. Bu uygulamalar; (a) aeretör için elmas derin tekerlek frez ile hazırlanan standart kavite, (b) aeretör için elmas sıg tekerlek frez ile hazırlanan standart kavite, (c) aeretör için elmas rond frez ile hazırlanan standart kavite, (d) aeretör için elmas tersine konik ve fissür frez ile hazırlanan standart kavite, (e) aeretör için elmas fissür frez ve mikromotor için elmas fissür ve epolman frez ile hazırlanan standart kavite ve (f) aeretör ve mikromotor için elmas fissür frezler ile hazırlanan standart kavite şeklinde yapıldı.

Bu amaçla her bir uygulama için beş diş olmak üzere toplam 30 adet diş kullanılarak bukkal yüzlerine Sınıf V kavite preparasyonu yapıldı. Mezyo-distal genişliği 4 mm, okluzo-gingival genişliği 3 mm, derinliği 1.5 mm olan standart kavite açıldı. Kaviteğin gingival duvarı mine-sement sınırının 1 mm altında olacak şekilde hazırlandı. Kavitenin derinlik tespitinde gingival basamak derinliği esas alındı. Tüm kaviteğin iki basamaklı kendinden asitli adeziv sistem (Clearfil SE Bond, Kuraray) ve nanohibrit kompozit rezin (Tetric Evo Ceram, Ivoclar Vivadent) ile restore edildi.

Restorasyonlar tamamlandıktan sonra dişler mikrosızıntı testi için gerekli olan boyama prosedürüne tabi tutuldu. Boya uygulaması sonrası dişler yıkandı ve şeffaf akrilik rezine gömülerek su soğutması altında hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon) kesildi. Her diştten dörder adet kesit elde edildi. Toplam 120 adet kesit, X40 büyütmede bir stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems) ile elde edilen görüntü ve alınan fotoğraflar yoluyla boya penetrasyonu ve kavite şekli açısından incelendi.

Ön çalışma sonucunda, uygulanan preparasyon tiplerinden, (f) seçeneği olan, aeretör ve mikromotor için elmas fissür frez kullanımı ile daha standart bir kavite preparasyonunun mümkün olduğu ve sızıntı düzeneğinin prosedürlere uygun bir şekilde yapıldığı sonucuna varıldı.

3.4. Kavite Preparasyonu

Doksan adet diş rastgele 9 gruba ayrıldı. Her bir dişin hem bukkal hem de lingual veya palatinal yzeylerinde olmak üzere, toplam 180 adet restorasyon yapıldı. Böylece her kompozit materyali için 20 adet restorasyon değerlendirildi.

Dişlerin bukkal ve lingual veya palatinal yzeylerine; mezyo-distal genişliği 4 mm, okluzo-gingival genişliği 3 mm, derinliği 1.5 mm olan standart Sınıf V kaviteler açıldı. Kavitelerin gingival duvarı mine-sement sınırının 1 mm altında olacak şekilde hazırlandı (Resim 3a). Bu şekilde okluzal kenar mine, gingival kenar seiment dokusunda yer aldı. Kavite derinliğinin saptanmasında, okluzal duvar derinliğinin dişlerin kurvatürlerine bağlı olarak daha fazla değişkenlik göstermesi nedeniyle gingival duvar derinliği esas alındı.

Kaviteler su soğutması altında aeretör için elmas fissür frez (Dia-burs, Mani, Japonya, SF-41C, Coarse, 125-150 π) ile açıldı. Kavite tabanı ve yan duvarlar mikromotor ile elmas fissür frez (Dialom, İsrail, 111-014) kullanılarak genişletildi ve düzeltildi. Kavite boyutları bir dijital kumpas (Mitutoyo, Kawasaki, Japonya) ile kontrol edilerek standart hale getirildi. Dijital kumpas kullanımının, dişlerin kurvatürleri nedeniyle zor olduğu bölgelerde, ölçümler bir periodontal sond (Öz Diş Aletleri, Türkiye) ve 40 nolu H tipi kanal eğesinden (Mani, Japonya, 09BZ0013) yararlanılarak yapıldı. Kavite kenarlarına bizotaj yapılmadı. Bir gruba ait 20 adet kavitenin preparasyonu tamamlandıktan sonra kullanılan frezler değiştirildi. Preparasyonu tamamlanan kavitenin restorasyonu yapıldıktan sonra diğer bir dişin preparasyonuna geçildi.

3.5. Kavitelerin Restorasyonu

Kavitelerin restorasyonunda, Filtek Silorane kompozit rezin dişındaki diğer kompozit rezinler ile restore edilecek kavitelerde Adper Scotchbond Multipurpose (3M ESPE) kullanıldı. Dişler kurutulduktan sonra % 35'lik fosforik asit (3M ESPE) 15 sn süre ile mine ve dentin yzeyine uygulandı. Daha sonra 15 sn su ile yıkandı ve 5 sn kurutuldu. Primer tek kat olarak mine ve dentine uygulandı. Hafifçe 5 sn hava

ile nazikçe kurutuldu. Adeziv mine ve dentine uygulandı, hafifçe hava sıkıldı ve 10 sn görünür ışık cihazı (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) ile polimerize edildi.

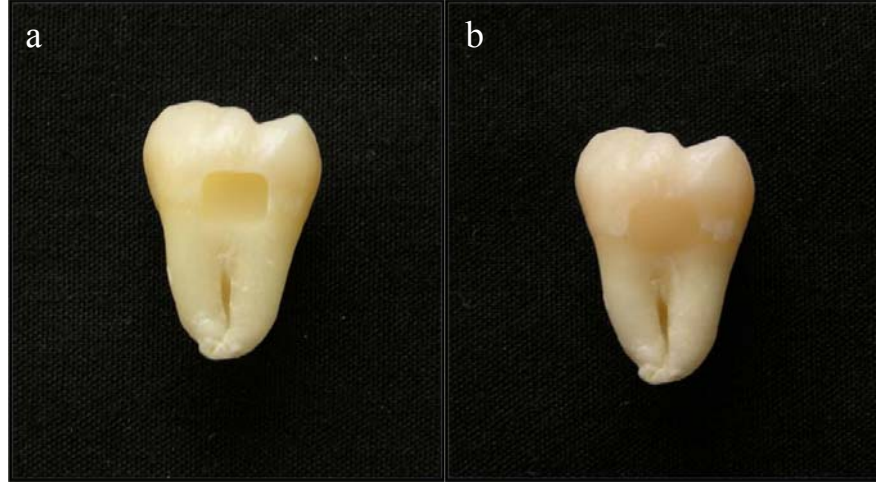
Silorane kompozit rezin materyali ile restore edilecek kavitelere silorane sistem adezivi (Silorane system adhesive, 3M ESPE, Almanya) uygulandı. Dişler kurutulduktan sonra self-etching primeri 15 sn süre ile bütün kavite yüzeyine aplikatör yardımı ile uygulandı. Primer hava ile hafifçe kurutuldu ve 10 sn görünür ışık cihazı (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) ile polimerize edildi. Daha sonra adeziv tüm kavite yüzeyine uygulandı. Hava ile nazikçe kurutuldu ve 20 sn görünür ışık cihazı (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) ile polimerize edildi.

Adeziv uygulamasından sonra kompozit rezinler, tek tabaka olarak bir siman fulvarı ve ağız spatülü yardımı ile kavitelere yerleştirildi, görünür ışık cihazı ile 40 sn polimerize edilerek (Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) restorasyon tamamlandı (Resim 3b).

Polimerizasyon işlemlerinde bir quartz-tungsten-halojen ışık (600 mW/cm^2 Demetron LC, Kerr, Orange, CA, ABD) kullanıldı. Beş diş ait restorasyonlar tamamlandıktan sonra, radyometre kullanılarak ışık cihazının gücü kontrol edildi. Kompozit rezinlerin renk seçiminde, mine ve dentin için tek renk kullanılan kompozitlerde A3 rengi kullanıldı. Mine ve dentin için ayrı renk sistemi kullanılan kompozitlerde, A3'ü oluşturan dentin rengi kullanıldı. Son olarak, sadece dört renk seçeneği bulunan bir kompozit rezinin ise dentin medium rengi kullanıldı. Restorasyonlar tamamlandıktan sonra, bitirme ve cila işlemleri düşük devirli mikromotor ve angldrüva kullanılarak, polisaj diskleri (Fini, Pentron, Wallingford, Almanya) ile yapıldı. Tüm kavite preparasyonu ve restorasyonu işlemleri tek bir diş hekimi tarafından gerçekleştirildi.

3.6. Yaşlandırma

Restorasyonların tamamlanmasını takiben dişler, distile su içerisinde $37 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de etüvde (Elektro-Mag, İstanbul, Türkiye) 24 sa bekletildi. Daha sonra yaşlandırma prosedürüne geçildi. Bu amaçla dişler ilk olarak termal siklus daha sonra da mekanik yükleme yapılarak yaşlandırıldı.



Resim 3. 38 nolu bir dişin bukkal yzünde; a) preperasyonu tamamlanmış bir Sınıf V kavite (4x3x1.5 mm), b) tamamlanmış Sınıf V restorasyon

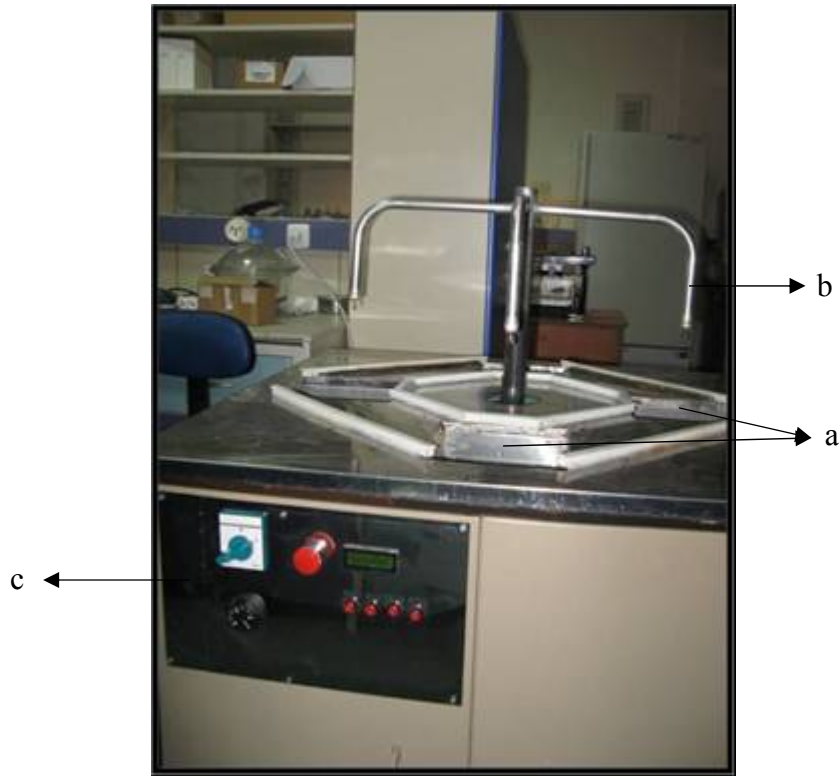
3.6.1. Termal Siklus ile Yařlandırma¹

Termal siklus cihazı (Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi, Konya, Türkiye), üç ayrı bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birisi (Resim 4a), test sırasında sıcak ve soğuk suyun bulunduğu su haznelerdir. Diğer bölüm, uç kısmında örneklerin bulunduğu kafesleri taşıyan ve bu kafeslerin su hazneleri arasında transferini sağlayan kollardır (Resim 4b). Örneklerin sıcak ve soğuk su arasındaki transferi ve transferin sonunda su haznelerine daldırılması, rotasyon hareketi yapan bu kollar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Üçüncü bölüm ise, sistemin elektronik olarak çalışmasını sağlayan kontrol panelidir (Resim 4c). İstenilen sıcaklık değerlerindeki ve istenilen miktardaki siklus, elektronik olarak kontrol edilebilen bu panel sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu sistem ile cihazın, soğuk su haznesi 2-10 °C, sıcak su haznesi 35-55 °C arasındaki sıcaklıklarda ve ± 2 °C'lik sapma ile sabit bir değere ayarlanabilmektedir. Ayrıca, su haznelerindeki bekleme süresi 10-90 sn

¹ Termal siklus testi, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

arasında bir değere ayarlanabilmekte ve siklus sayısı da 100.000'e kadar gerçekleştirilebilmektedir.

Termal siklus testi aşağıdaki gibi gerçekleştirildi. Her restoratif materyal grubuna ait örnekler bir gazlı bez içerisine yerleştirilerek gazlı bezin ağzı sıkıca kapatıldı. Örneklerin bulunduğu gazlı bezler kafeslerin içerisine konuldu (Resim 5a ve 5b). Daha sonra kafesler, kolların ucuna takılarak termal siklus cihazındaki sıcak ve soğuk suyun bulunduğu haznelere yerleştirildi. Cihaz, haznelerdeki suyun sıcaklığı 5 °C ile 55 °C, soğuk ve sıcak suda bekleme süresi 30'ar sn ve su banyosu dışındaki transfer süresi 10 sn olacak şekilde ayarlandı. Örnekler 5.000 kez termal siklus testine tabi tutuldu.



Resim 4. Termal siklus cihazı; a) sıcak ve soğuk suyun bulunduğu su hazneleri, b) kafesleri taşıyan ve su hazneleri arasındaki transferi sağlayan kollar, c) kontrol paneli



Resim 5. a) Örneklerin termal siklus testi boyunca içinde bulunacakları gazlı bezler, b) cihaza yerleştirilmiş gazlı bezlerin yerleştirildiği kafesler

3.6.2. Mekanik Yükleme ile Yaşlandırma²

Mekanik yükleme, ağız içindeki çiğneme hareketini üç boyutta taklit edecek şekilde tasarlanmış olan bir çiğneme simülasyonu cihazı (Selçuk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi, Konya, Türkiye) ile yapıldı (Resim 6). Cihaz, tüm sistemi taşıyan sabit bir ana gövde, bu gövde üzerinde hareket edebilen bir tabla, bu tabla üzerine yerleşmiş olan bir su tankı, su tankı içerisinde bulunan ve dişleri taşıyan metal bloklar ve bir kontrol panelinden oluşmaktadır. Her bir metal blok iki bölümden meydana gelmektedir. Altta bulunan metal kalıp test edilecek dişleri taşıyan bölümdür. Bu bölümün hemen üstünde yer alan metal kalıp antagonist dişleri taşır. Metal kalıplar ana gövdeye yaylar aracılığıyla bağlanmıştır. Bu yayların vidalar ile sıkıştırılması sonucu örnekler üzerine uygulanan kuvvet ayarlanabilmektedir. Örnekler, yapay tükürük ve ortamın sıcaklığını ayarlayan rezistansı bulunduran bir su tankı içerisinde yer almaktadır. Sistemin hareketi, çalışma hızı ayarlanabilen bir elektrik motoru ve motorun dönmesini tablaya ileten bir şaft sistemi ile sağlanmaktadır. Test sırasındaki devir sayısı, döngü/devir frekansı ve sıcaklık, elektronik olarak kontrol edilebilen bir panel sayesinde gerçekleştirilmektedir.

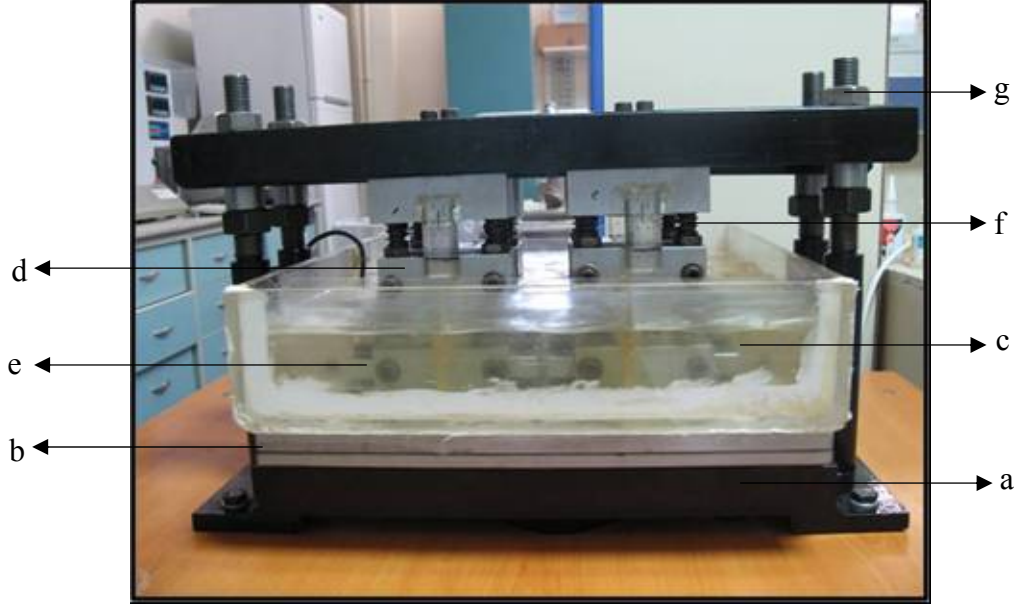
² Çiğneme simülasyonu ile mekanik yükleme, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

Çiğneme simülatörü ile yapılacak okluzal yükleme aşğıdaki gibi gerçekteşirildi. Öncelikle test edilecek olan dişlerin ve antagonist dişlerin metal bloklara yerleştirelmesi tamamlandı. Bunun için metal blokların içine yerleştirelme üzere önceden hazırlanmış olan akrilik kalıplardan yararlandı (Resim 7a). Tüm dişler, otopolimerizan bir soğuk akrilik rezin aracılığıyla akrilik kalıplara sabitlendi (Resim 7b). Akrilik kalıplara sabitlenmeleri sırasında dişlerin uzun eksenlerinin dik, okluzal düzleme paralel ve birbirleriyle aynı yükseklikte olmasına özen gösterildi. Akrilik rezin tamamen polimerize olduktan sonra metal kalıplara yerleştirelme için tesfiye işlemleri yapılarak düzeltildi. İlk olarak test süresince sabit kalacak olan antagonist dişleri taşıyan akrilik kalıp, üstteki metal bloğa yerleştirelme. Daha sonra test edilecek örnekleri taşıyan akrilik kalıp, alttaki metal bloğa yerleştirelme ve antagonist dişlerle olan uyumu kontrol edildi. Dişlerin metal bloklara yerleştirelmesinden sonra, alt ve üst dişlerin birbirine teması ve hareketi uyumlanarak cihaz sabitlendi (Resim 8). Örneklere, 50 N'luk bir kuvvet ve 0.5 mm laterale kayma hareketi ile, 37 °C'de, 1.2 Hz frekansta, 60.000 kez çiğneme hareketi yaptırıldı. Her bir akrilik kalıba dörder diş yerleştirelerek aynı anda onaltı diş mekanik yüklemeye maruz bırakıldı.

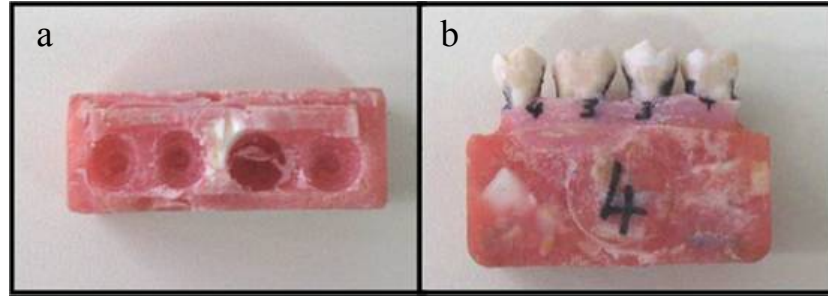
Testin sonunda alt bölümdeki akrilik kalıp metal bloktan çıkarıldı ve dişler, akrilik kalıplara gömüldükleri seviyeden su soğutması altında aeretör ve bir frez yardımıyla kesildi. Kalıptan ayrılan dişlerin apikal kısımları, iki basamaklı kendinden asitli bir adeziv (Clearfil SE Bond, Kuraray) ve bir hibrit kompozit rezin (Filtek Z250, 3M) ile kapatıldı. Dişler, diğere örneklerin teste tabi tutulması süresince oda sıcaklığında distile su içerisinde saklandı.

3.7. Kenar Uyumunun Morfolojik Olarak Değereendirilmesi

Kenar uyumunun morfolojik olarak değereendirilmesi, bir taramalı elektron mikroskop ile kalitatif ve kantitatif analiz yöntemleri kullanılarak yapıldı.



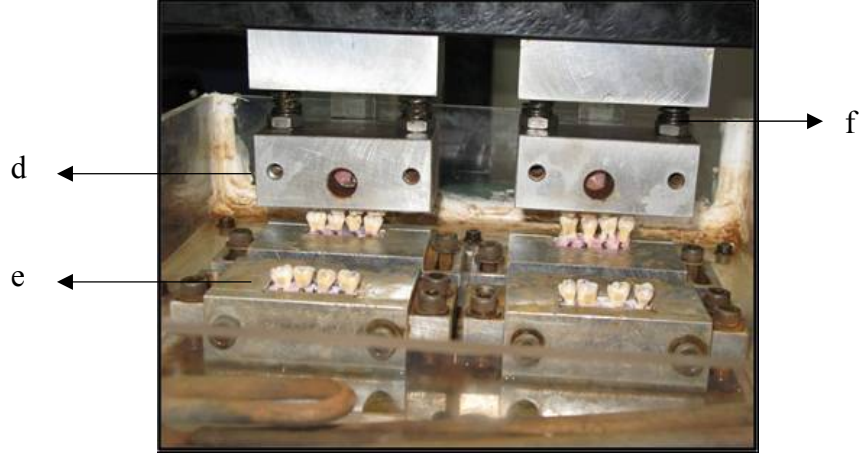
Resim 6. Çiğneme simülatörü cihazı; a) sabit ana gövde, b) hareket eden tabla, c) su tankı, d) antagonist dişleri taşıyan üst metal kalıp, e) test edilecek örnekleri taşıyan alt metal kalıp, f) yaylar, g) sıkıştırma vidaları



Resim 7. a) Çiğneme simülatörü içindeki metal bloklara yerleştirilen akrilik kalıp, b) akrilik kalıplara yerleştirilmiş restorasyonların yapıldığı dişler

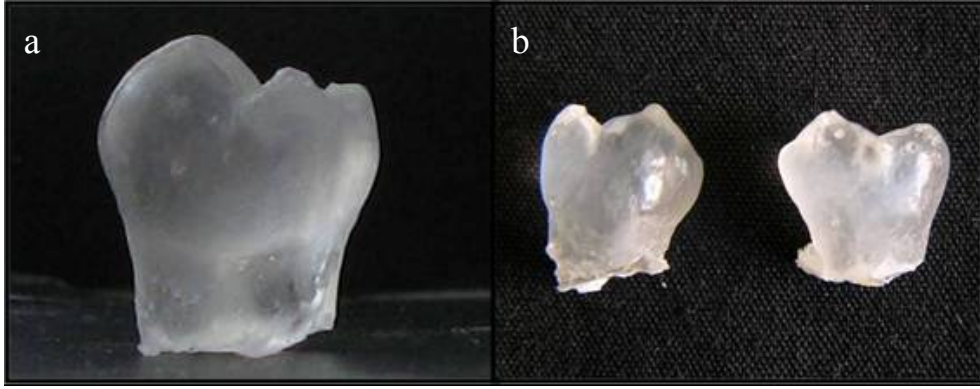
3.7.1. Örneklerin Hazırlanması

Morfolojik değerlendirmede, dişlerden elde edilen epoksi rezin örnekler kullanıldı. Örneklerin hazırlanmasında ilk olarak, restorasyonu tamamlanan dişlerden ölçü alma



Resim 8. Alt ve üst metal kalıplardaki dişlerin uyumlanması; d) antagonist dişleri taşıyan üst metal kalıp, e) test edilecek dişler ve bu dişleri taşıyan alt metal kalıp, f) yaylar

işlemleri gerçekleştirildi. Bunun için polivinil siloksan esaslı ölçü maddesi (Elite HD, Zhermack, İtalya) kullanıldı ve ölçü alma işlemi iki aşamada tamamlandı. Replika elde etmek için epoksi rezin (Epofix, Struers, Danimarka) üretici firmanın önerileri doğrultusunda hazırlandı. Rezin ve sertleştirici üretici firmanın belirlediği oranlarda karıştırıldı. İki dakika karıştırma ve 2 dakika bekleme süresi sonrası ölçülere dökülerek 12 saat sertleşmesi beklendi. Epoksi rezin örneklerin, kesim aşamasında sabit bir şekilde kesme cihazına yerleştirilebilmesi amacıyla akrilik bloklar hazırlandı. Epoksi rezin örnekler (Resim 9a), siyanoakrilat bir yapıştırıcı kullanılarak (Pattex, Henkel, Türkiye) önceden hazırlanmış bu akrilik bloklara yapıştırıldı. Su soğutması altında düşük devirli bir hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon, Bursa, Türkiye) ve kalınlığı 0.3 mm olan elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Bursa, Türkiye) (Resim 10) ile mezyo distal yönde kesildi ve akrilik bloklardan ayrıldı. Böylelikle her bir dişe ait epoksi rezin örneği, bukkal yüzü bir kesitte ve lingual veya palatinal yüzü diğer kesitte olmak üzere, 2 ayrı kesit olarak elde edildi (Resim 9b). Daha sonra örnekler, SEM incelemesi için distile su ile ultrasonik temizleyicide 10 dk süreyle temizlendi.



Resim 9. a) Epoksi rezin replika, b) İkiye parçaya ayrılmış epoksi rezin replika



Resim 10. Hassas kesme cihazı ve elmas kesme diski

3.7.2. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kalitatif Analiz³

İncelenecek epoksi rezin örnekler, bir karbon yapıştırıcı aracılığıyla numune tutucuya monte edildi. Taramalı elektron mikroskobu (SEM, Vega II Lsu, Tescan, İngiltere) ile yüksek basınç tekniği kullanılarak, 10 kV ve 10 mm çalışma

³ Taramalı elektron mikroskobu ile kalitatif ve kantitatif analiz, Süleyman Demirel Üniversitesi Göller Bölgesi Teknokenti'nde gerçekleştirildi.

mesafesinde X40, X200, X1000 büyütmelemede incelendi (Resim 11). Görüntülerden X200 büyütmede ve gerekli olduğu durumlarda X1000 büyütmede fotoğraf alındı. Daha sonra tüm kavite kenarları bu fotoğraflar üzerinde Tablo 3’de belirtilen kriterlere göre incelendi (Frankenberger and Tay 2005). Değerlendirme iki araştırıcı tarafından yapıldı. Araştırmacılar arasında farklı sonuçlar elde edilmesi durumunda, inceleme sırasında tekrar değerlendirme yapılarak fikir birliğine varıldı.



Resim 11. Taramalı elektron mikroskobu

Tablo 3. Kenar uyumunun morfolojik olarak değerlendirilmesi için kullanılan kalitatif analiz yöntemine ait skor ve kriterler.

| Skor | Kriter |
|------|---|
| 1 | Restorasyon ile diş sert dokusu arasında devamlılık göstermeyen geçiş, aralık oluşumu gözleniyor |
| 2 | Restorasyon ile diş sert dokusu arasında devamlı, düzgün bir geçiş, aralık oluşumu veya düzensizlik gözlenmiyor |
| 3 | Restorasyon ile diş sert dokusu arasında tam olarak değerlendirilemeyen geçiş |

3.7.3. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kantitatif Analiz

Kantitatif bir değerlendirme için; SEM üretici firması tarafından sağlanan özel bir yazılım programı ile kavite kenarlarına ait uzunluk ölçümleri yapıldı. Öncelikle kavitenin tüm kenar uzunluklarının toplamı hesaplandı. Daha sonra kenar uyumu değerlendirme kategorisinde yer alan skorlara ait kriterlerden gözlemlenenlerin uzunlukları ölçüldü. Bu uzunlukların, değerlendirilen tüm kavite kenar uzunluğuna oranı belirlendi ve yüzde olarak hesaplandı.

3.8. Kenar Uyumunun Boya Penetrasyon Yöntemi ile Değerlendirmesi

Kenar uyumunun boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirilmesi, bazik fuksin ile yapılan mikrosızıntı testi ve stereomikroskopik analiz ile yapıldı.

3.8.1. Örneklerin Hazırlanması

Kompozit restorasyonların marjinine 1 mm uzaklıkta olacak şekilde, tüm yüzey tırnak cilası ile kaplandı. İlk tabakanın kurumasının ardından ikinci kat tırnak cilası uygulandı (Resim 12). Tüm örnekler, % 0.5'lik bazik fuksin solüsyonunda (Merck, Almanya) 37 °C'de etüvde (Elektro-Mag, İstanbul, Türkiye) 24 sa süreyle bekletildi. Daha sonra akan su altında yıkandı. Tırnak cilası aseton ile uzaklaştırıldı. Dişler siyanoakrilat bir yapıştırıcı kullanılarak (Pattex, Henkel, Türkiye) mezyal veya distal yüzlerinden daha önce hazırlanmış olan akrilik bloklara yapıştırıldı. Restorasyonlar su soğutması altında düşük devirli bir hassas kesme cihazı (Micracut125, Metkon, Bursa, Türkiye) ve elmas kesme diski (Dimos, Metkon, Türkiye) ile bukko-lingual yönde 3 eşit parçaya kesildi. Böylece mezyal, orta ve distal olmak üzere üç tane bukko-lingual kesit elde edildi.



Resim 12. Boya penetrasyonu için hazırlanmış bir örnek

3.8.2. Stereomikroskop ile Analiz

Elde edilen kesitler stereomikroskop (S4E, Leica Microsystems, Almanya) ile X40 büyütmede boya penetrasyonu açısından incelendi. Her kesitten stereomikroskoba ait fotoğraf makinası (D-Lux 3, Leica, Almanya) ile fotoğraf alındı (Resim 13).

Boya penetrasyon dereceleri alınan fotoğraflar üzerinde Tablo 4' de gösterilen kriterlere göre skorlandı (Rosales-Leal 2007). Her bir kesitteki okluzaldeki ve gingivaldeki kenarlar iki bağımsız araştırmacı tarafından değerlendirildi. Araştırmacılar arasında farklı sonuçlar elde edilmesi durumunda, inceleme sırasında tekrar değerlendirme yapılarak fikir birliğine varıldı.

3.9. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada istatistiksel analizler SPSS 17 paket programı kullanılarak yapıldı. Kenar uyumu ve mikrosızıntı analizi sonucunda elde edilen verilerin, normallik dağılımının incelenmesi için Kolmogorov-Smirnov testi kullanıldı.



Resim 13. Stereomikroskop

Tablo 4. Kenar uyumunun boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirilmesi için kullanılan skor ve kriterler.

| Skor | Kriter |
|-------------|---|
| 0 | Sızıntı yok |
| 1 | Sızıntı var fakat okluzal/gingival duvarın yarısını aşmamış |
| 2 | Sızıntı okluzal/gingival duvarın tamamında izlenmekte fakat kavite tabanına ulaşmamış |
| 3 | Sızıntı okluzal/gingival duvarın tabanına kadar ulaşmış |

Daha sonra verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için, parametrik olmayan testler Kruskal-Wallis ve Mann-Whitney U testleri kullanıldı. Kruskal-Wallis testi ile deney grupları arasında fark olup olmadığı incelendi. Farklılığın hangi gruplar arasından kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla Mann-Whitney U testi ile ikili karşılaştırmalar yapıldı. Tüm testler için anlamlılık düzeyi $p=0.05$ olarak alındı.

4. BULGULAR

4.1. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kalitatif Analiz Bulguları

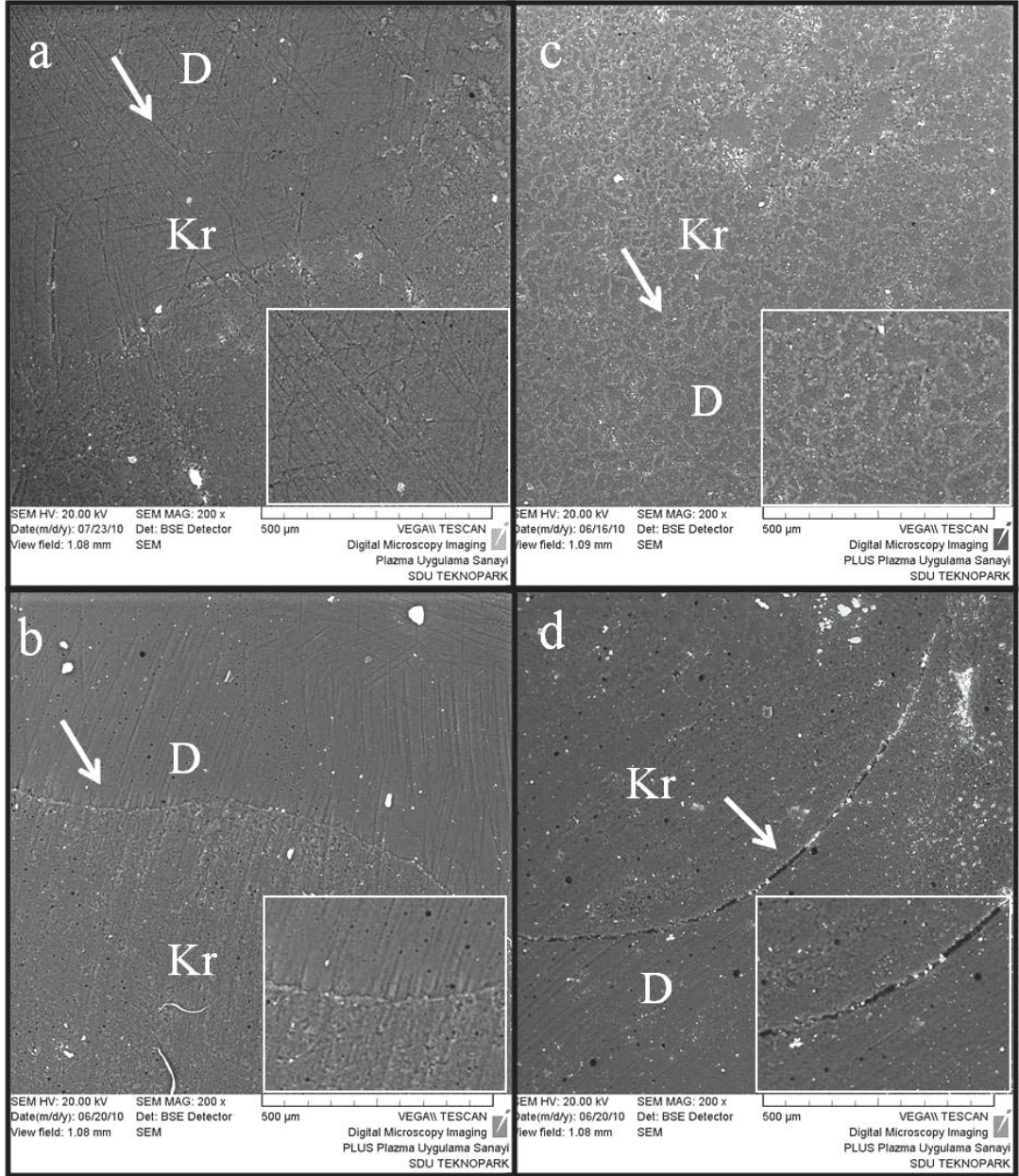
Kompozit rezin restorasyonlar ile kavite kenarları arasındaki uyumun taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi sonucunda elde edilen görüntüler Resim 14-23'de gösterilmiştir.

Elektron mikroskobik analiz sonucunda, tüm gruplarda kavite ile kompozit arasında tam olarak adaptasyonun sağlanamadığı alanlar gözlemlendi. Yine grupların hepsinde, restorasyon ile kavite arasındaki adaptasyonun tam olduğu alanlar belirlendi. Bunların dışında, Aelite LS Posterior, Grandio, Premise ve Filtek Silorane gruplarında, bir aralanma veya tam bir adaptasyon olarak tanımlanamadığı için değerlendirilemeyen kenar görüntüleri de tespit edildi (Resim 23).

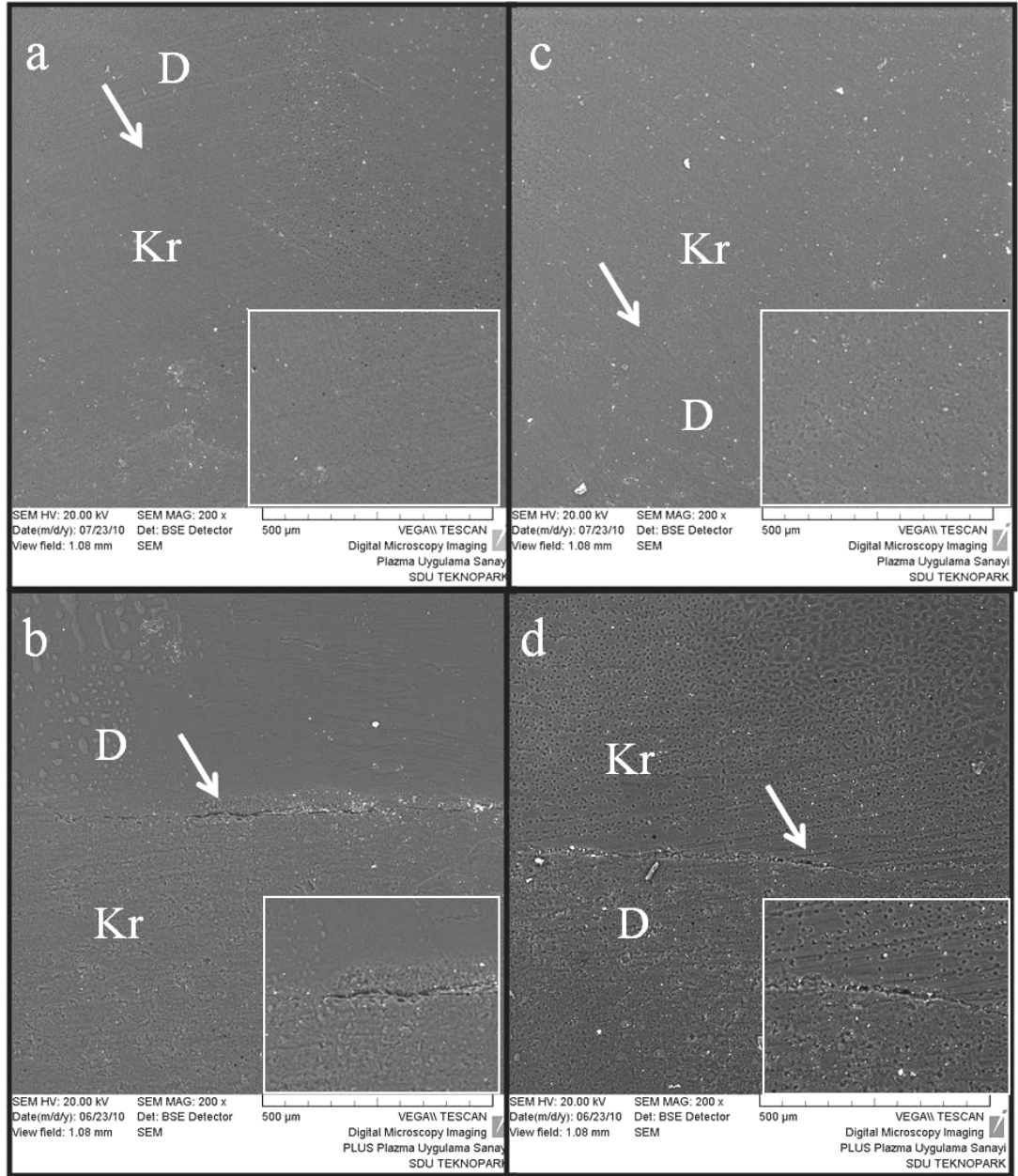
4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kantitatif Analiz Bulguları

Taramalı elektron mikroskobu ile kantitatif analiz sonucu tüm deney gruplarına ait, değerlendirilen kenarların uzunluk yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları ve birinci (%25'lik), ikinci (%50'lik, median) ve üçüncü (%75'lik) kartil değerleri Tablo 5'de gösterilmiştir. Kruskal Wallis testi; gruplar arasında kenar uyumu kriterleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu gösterdi ($p < 0.05$, Tablo 6).

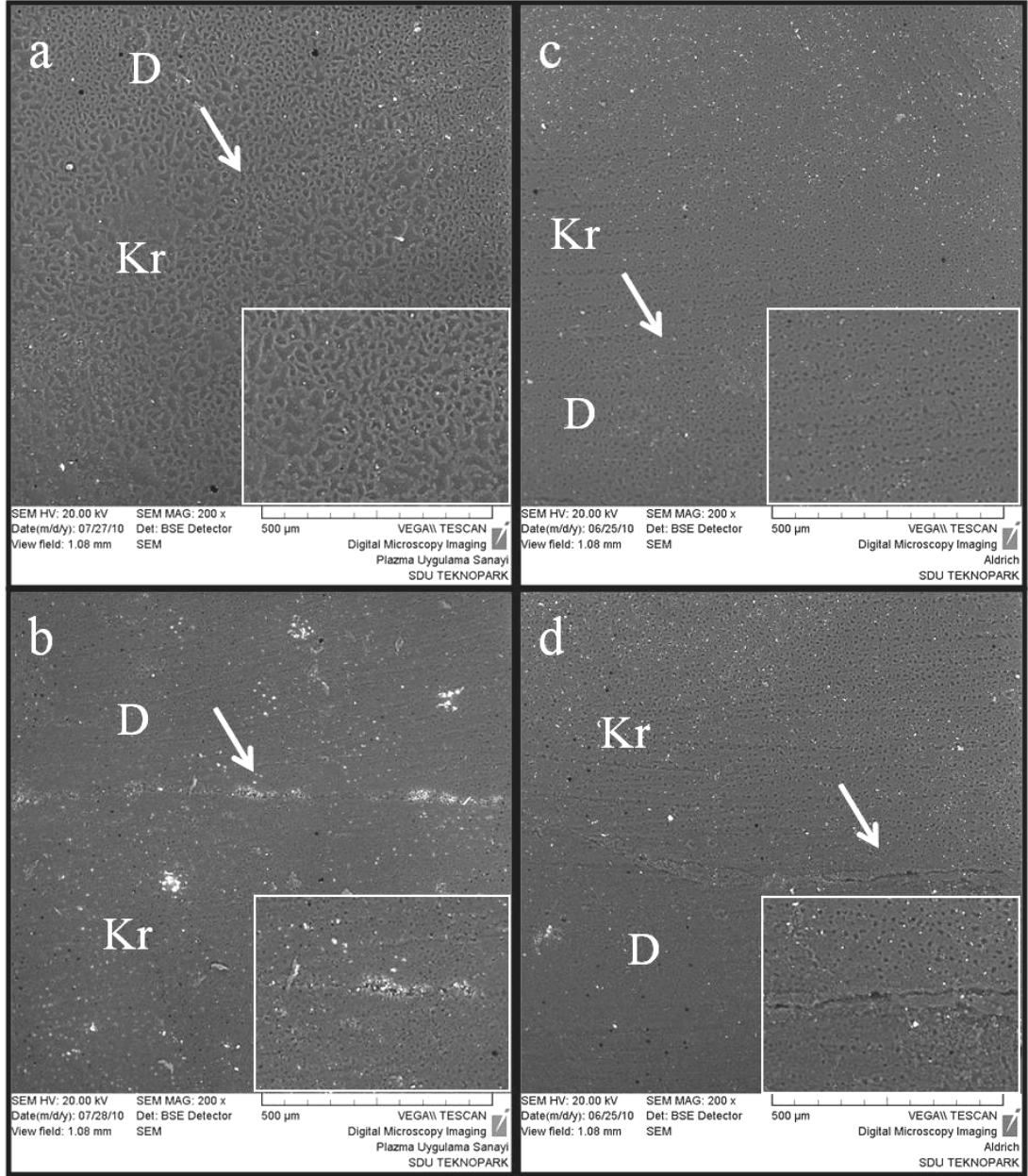
Restorasyon ile kavite arasında kenar boyunca aralanmanın en fazla görüldüğü kompozit rezin Ceram-X Duo (27.7) olarak bulundu. Bu kompoziti sırasıyla, Filtek Silorane, Filtek Z250, Grandio, Premise, Tetric Evo Ceram, Aelite LS Posterior, Clearfil Majesty Posterior ve Reflexions izledi (Tablo 5). Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda Ceram-X Duo (27.7) ile Filtek Silorane (26.5) ve Grandio (19.0) arasında anlamlı bir fark bulunmazken ($p > 0.05$, Tablo 7), Ceram-X Duo ile diğer kompozit rezinler arasındaki fark anlamlı idi ($p < 0.05$, Tablo 7).



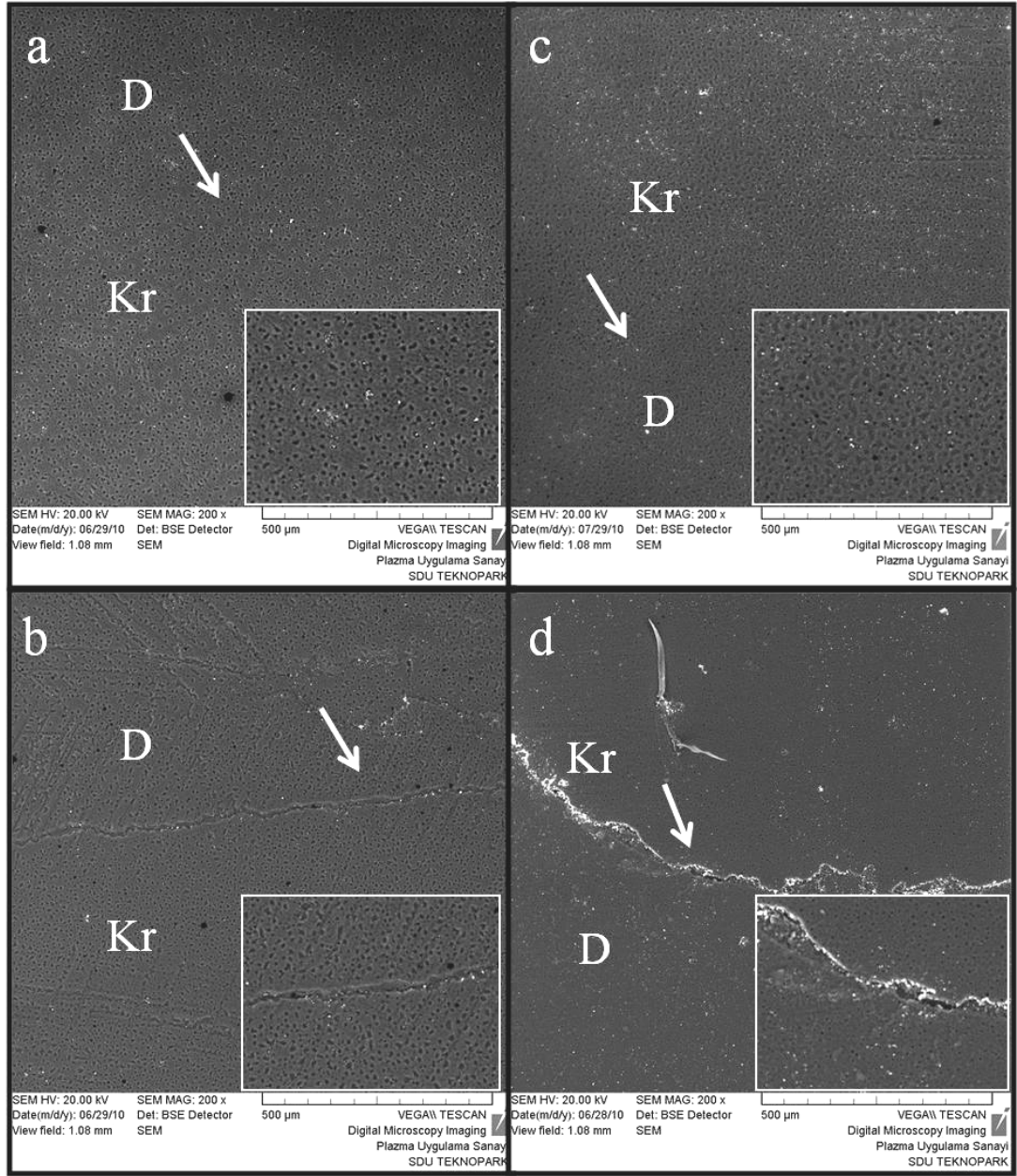
Resim 14. Aelite LS Posterior ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları; **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede devamlılık gösteren ince bir çizgi şeklindeki aralanmanın izlendiği bir kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede belirgin, geniş ve devamlılık gösteren aralanmaların yer aldığı bir kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



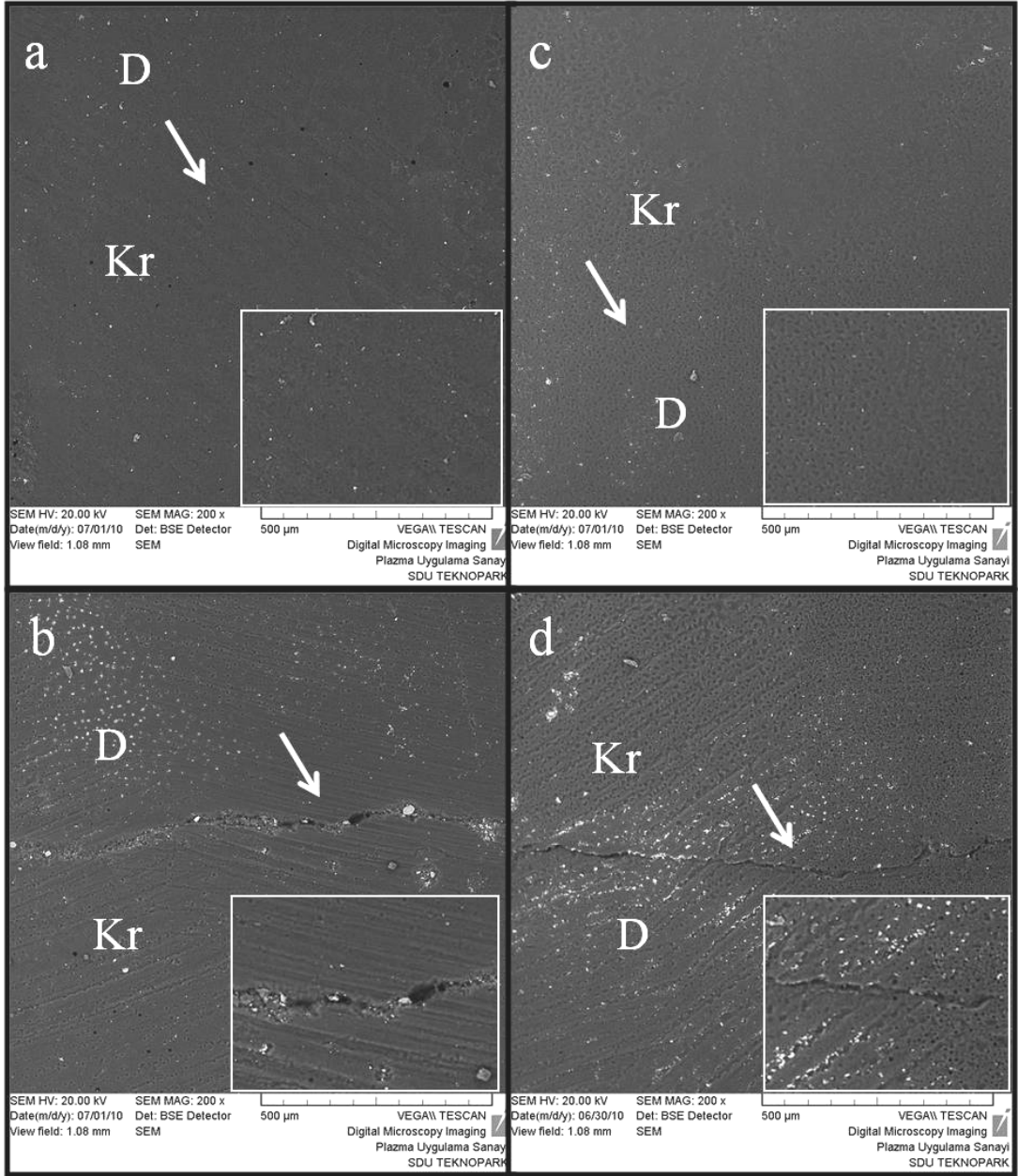
Resim 15. Grandio ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları; **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede bazı alanlarda dar, bazı alanlarda ise genişlemeler gösteren aralıkların bulunduğu bir kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede de okluzal bölgedeki aralanmalara benzer şekilde kısmen geniş kısmen dar aralıkların yer aldığı bir kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



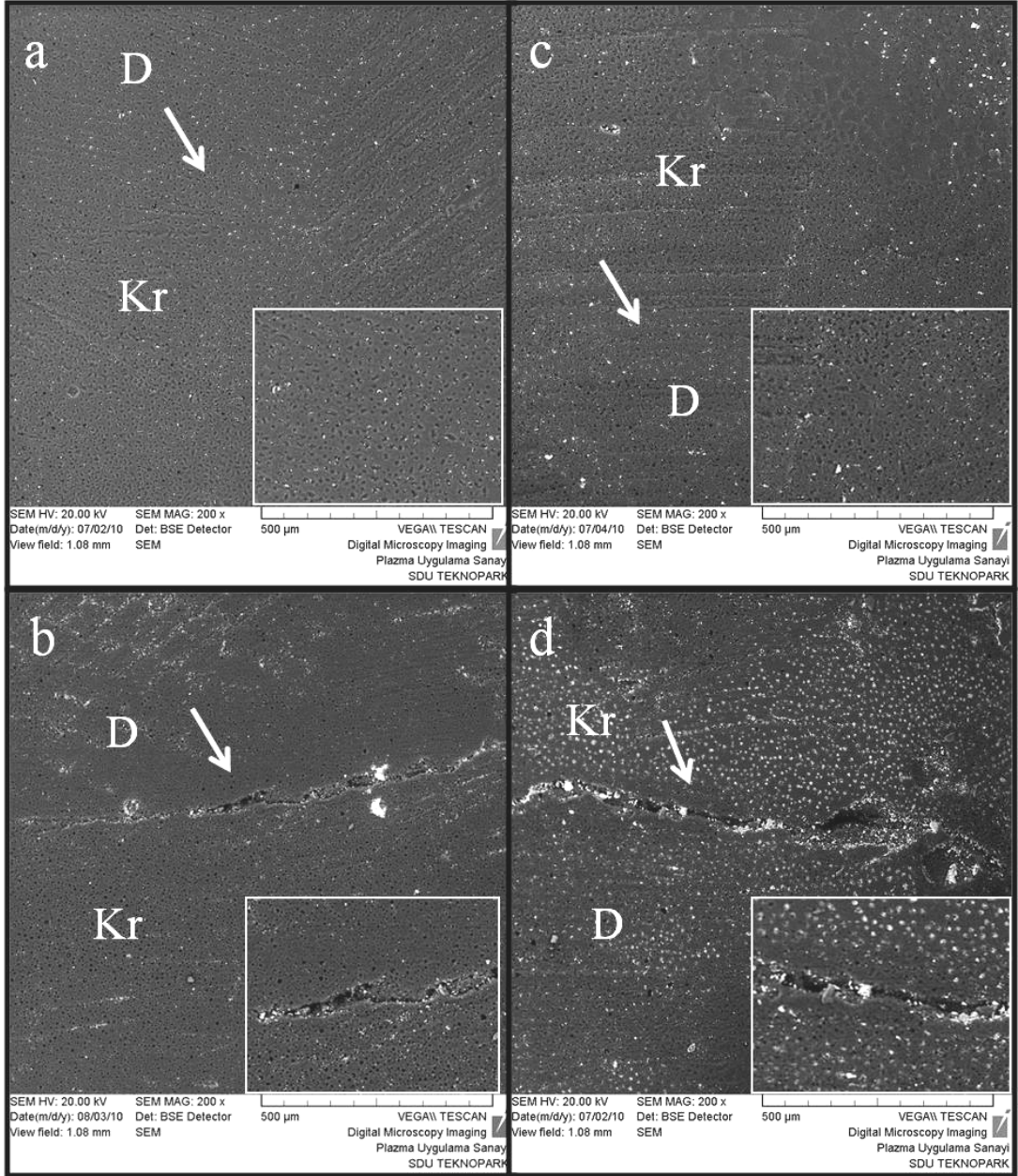
Resim 16. Clearfil Majesty Posterior ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları, **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede ince ve kenar boyunca ara ara gözlenen aralıkların bulunduğu bir kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede okluzal bölgeye oranla daha belirgin ve devamlılık gösteren aralanmaların yer aldığı kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. KR, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



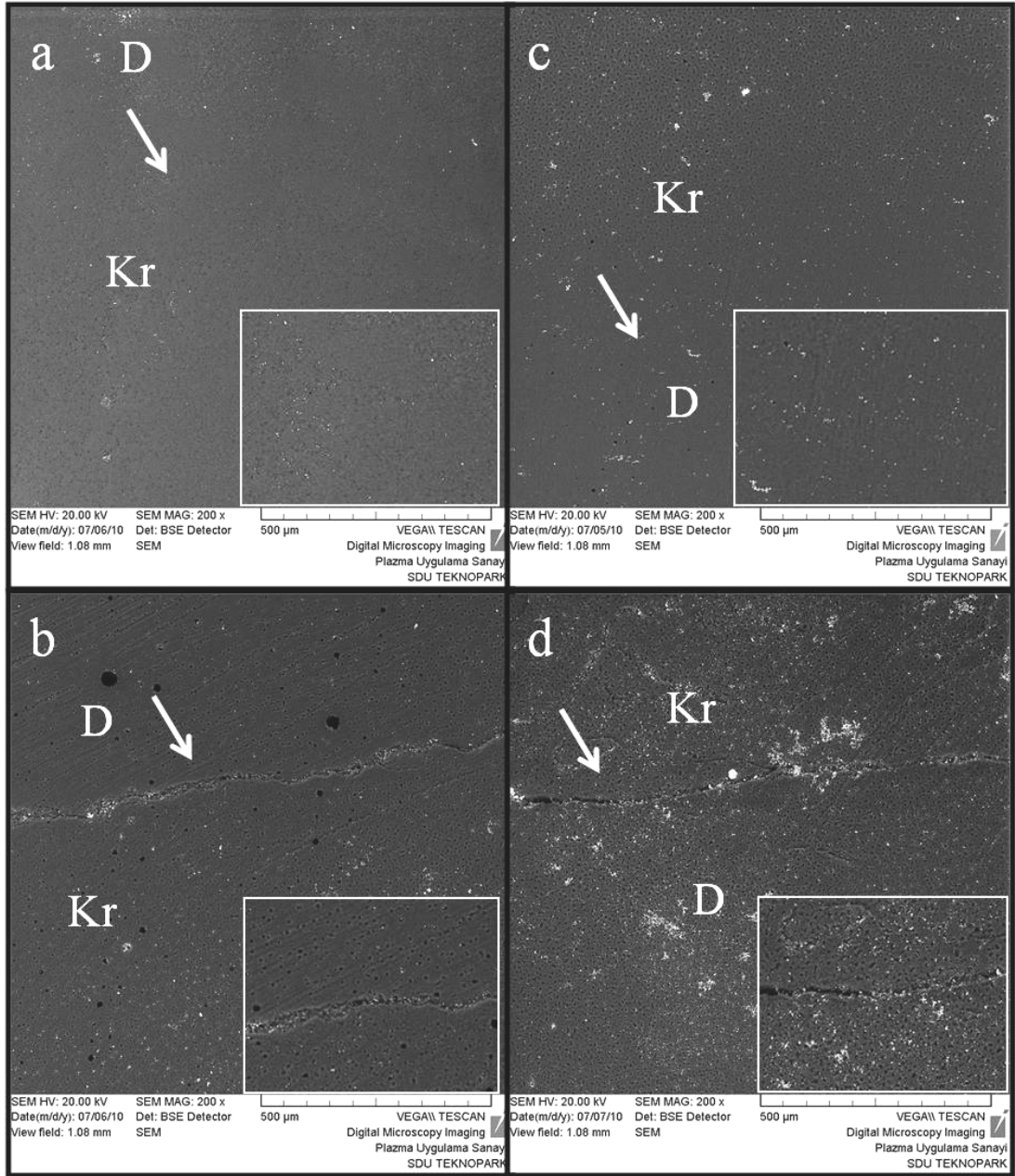
Resim 17. Premise ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları, **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede diş-restorasyon birleşiminde belirgin ve sabit bir genişlikte devam eden aralanmanın izlendiği bir kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede düzensiz aralanmaların yer aldığı bir kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



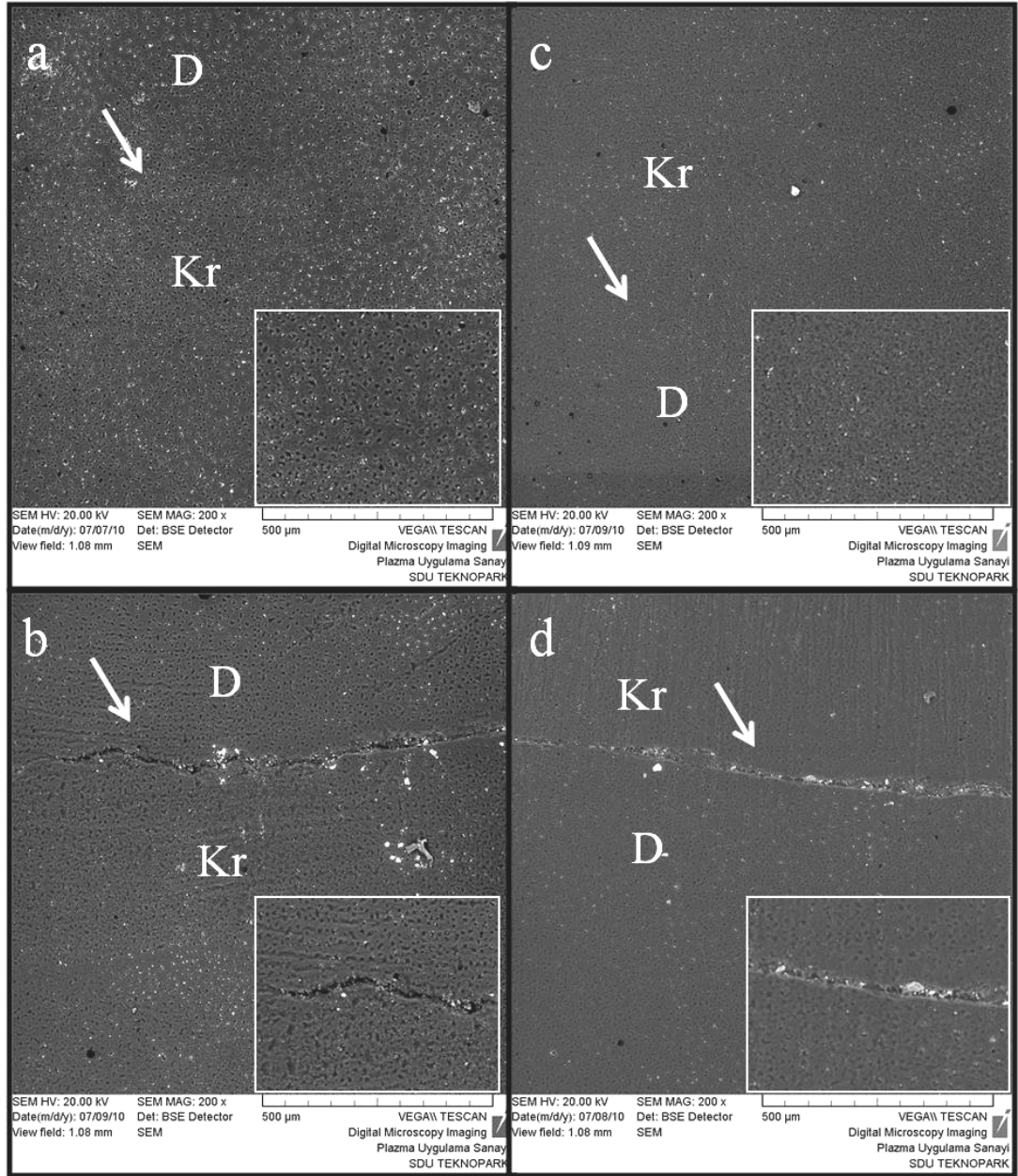
Resim 18. Tetric Evo Ceram ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları; **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede bazı alanlarda geniş aralanmaların gözleendiği bir kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede dış-restorasyon birleşiminde belirgin ve devamlılık gösteren aralanmaların yer aldığı bir kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



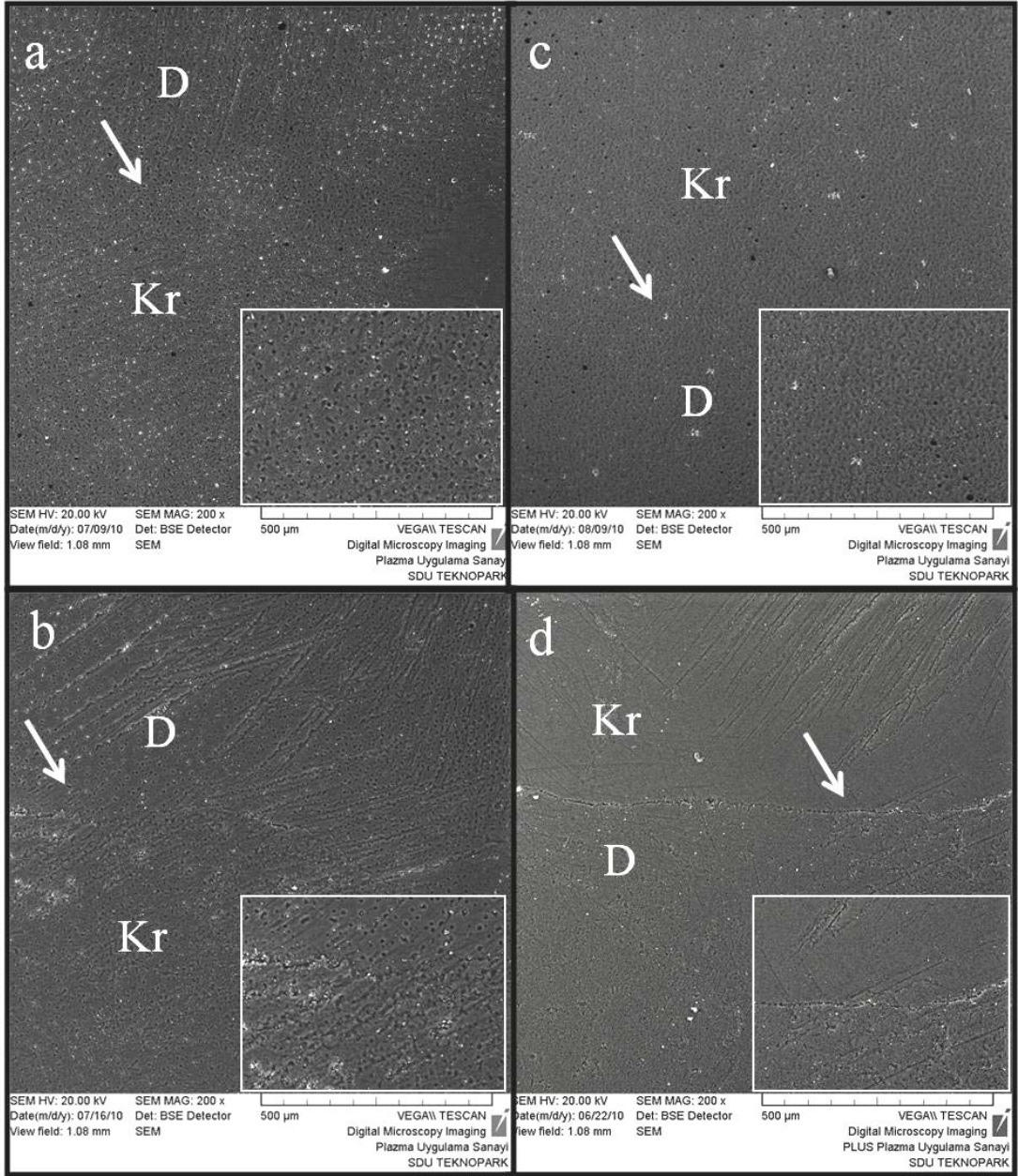
Resim 19. Filtek Z250 ile hazırlanmış bir restorasyonun kavite kenarları; **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede bazı alanlarda genişliğinde artış gözlenen ve devamlılık gösteren aralıkların bulunduğu kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede kenar boyunca devamlılık gösteren ve bazı alanlarda çok geniş aralanmaların yer aldığı kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



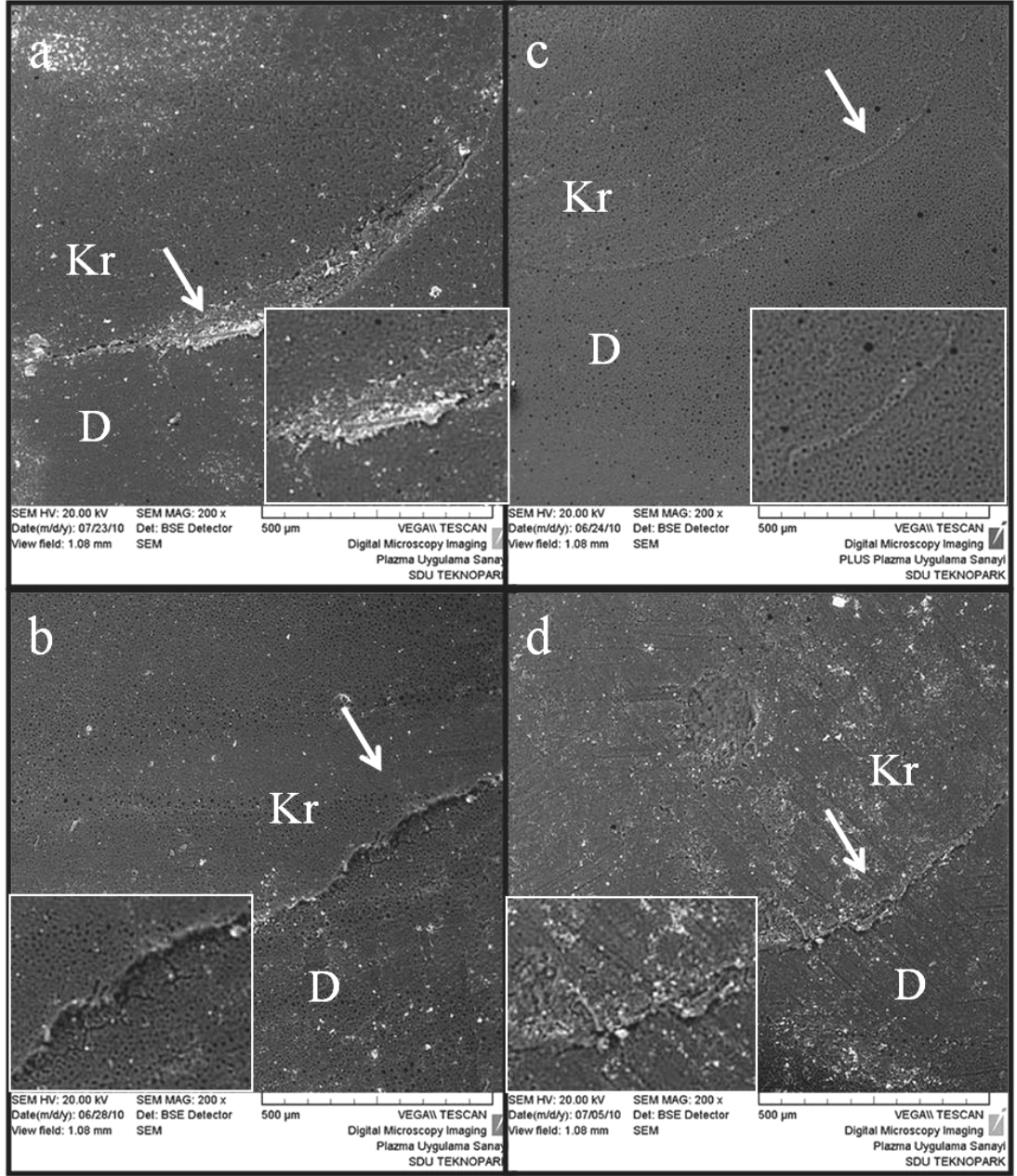
Resim 20. Filtek Silorane ile hazırlanmış bir restorasyonda kavite kenarları; **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede devamlı bir aralanmanın izlendiği kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede okluzal bölgedeki görüntüye benzer devamlı bir aralanmanın izlendiği kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



Resim 21. Ceram- X Duo ile hazırlanmış bir restorasyonda kavite kenarları; **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede belli bölgelerde genişlemeler gösteren devamlılığı bulunan bir aralanmanın gözlemlendiği kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede devamlılığı bulunan bir aralanmanın yer aldığı kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



Resim 22. Reflexions ile hazırlanmış bir restorasyonda kavite kenarları; **a)** okluzal bölgede mükemmel bir geçişin izlendiği kusursuz kenar görüntüsü, **b)** okluzal bölgede çok ince ve devamlılık göstermeyen bir aralanmanın yer aldığı kenar görüntüsü, **c)** gingival bölgede kusursuz kenar görüntüsü, **d)** gingival bölgede devamlılığı bulunan bir aralanmanın yer aldığı kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin. Oklar a ve c’de kavite sınırlarının bulunduğu bölgeyi, b ve d’de kavite sınırlarındaki aralıkları göstermektedir



Resim 23. a) Aelite LS Posterior b) Premise c) Grandio d) Filtek Silorane ile hazırlanmış bir restorasyonda gingival bölgede diş restorasyon birleşiminde kusursuz kenar veya açıklık olarak nitelendirilemeyen bu nedenle değerlendirilemeyen kenar görüntüsü. Kr, kompozit rezin; D, dentin.

Oklar değerlendirilemeyen kenar görüntüsü veren alanları göstermektedir

Tablo 5. Kompozit rezin restorasyonların kenar uyumu skorlarına ait veriler. Tabloda, değerlendirilen kenarların uzunluk yüzdelerinin ortalamaları ve standart sapmaları gösterilmiştir. %25, %50 ve %75'lik kartiller parantez içinde verilmiştir.

| MATERYAL | N | Skorlar (%) | | |
|-----------------------------------|----|------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Aelite LS Posterior | 20 | 12.0±9.8 (3.8/9.6/18.6) | 87.2±9.9 (79.4/90.4/95.7) | 0.9±2.0 (0/0/1.2) |
| Grandio | 20 | 19.0±15.9 (4.9/19.7/26.3) | 80.7±15.6 (73.7/80.3/95.1) | 0.4±1.6 (0/0/0) |
| Clearfil Majesty Posterior | 20 | 8.3±5.2 (4.1/7.4/13.4) | 91.7±5.2 (86.6/92.6/95.9) | 0.0±0.0 (0/0/0) |
| Premise | 20 | 13.7±11.7 (0/14.5/23.1) | 85.6±11.9 (75.4/85.5/100) | 0.7±2.3 (0/0/0) |
| Tetric Evo Ceram | 20 | 12.0±10.1 (3.2/9.3/19.6) | 88.0±10.1 (80.4/90.7/96.8) | 0.0±0.0 (0/0/0) |
| Filtek Z250 | 20 | 20.1±11.3 (12.5/17/27.6) | 79.9±11.3 (72.4/83/87.5) | 0.0±0.0 (0/0/0) |
| Filtek Silorane | 20 | 26.5±14.6 (14.1/27/35) | 72.7±14.1 (65/73/84.1) | 0.8±2.5 (0/0/0) |
| Ceram-X Duo | 20 | 27.7±14.3 (19/25.9/33.4) | 72.3±14.3 (66.6/74.1/81) | 0.0±0.0 (0/0/0) |
| Reflexions | 20 | 7.5±7.4 (0/4/13.6) | 92.5±7.4 (86.4/96/100) | 0.0±0.0 (0/0/0) |

n; her gruba ait toplam restorasyon sayısı, 1; restorasyon ile kavite arasında aralanma, 2; restorasyon ile kavite arasında tam adaptasyon, 3; değerlendirilemeyen kenar.

Tablo 6. Kompozit rezin grupları ile kenar uyumu arasındaki ilişkiye ait Kruskal-Wallis testi sonuçları (skor 1; restorasyon ile kavite arasında aralanma, skor 2; restorasyon ile kavite arasında tam adaptasyon, skor 3; değerlendirilemeyen kenar).

| | Ki-kare | df | Önem düzeyi |
|---------------|----------------|-----------|--------------------|
| SKOR 1 | 49.008 | 8 | 0.000 |
| SKOR 2 | 50.575 | 8 | 0.000 |
| SKOR 3 | 21.610 | 8 | 0.006 |

Restorasyon ile kavite arasında, adaptasyonun mükemmel olduğu kenarlara ait en yüksek değeri % 92.5 ile Reflexions gösterdi (Tablo 5). Reflexions ile; Clearfil Majesty Posterior, Tetric Evo Ceram, Aelite LS Posterior ve Premise arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0.05$, Tablo 7). Bu kompozit rezinin; Grandio, Filtek Z250, Filtek Silorane ve Ceram-X Duo ile arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı idi ($p<0.05$, Tablo 7).

Değerlendirilemeyen kenarların gözlendiği gruplardan Aelite LS Posterior'un Grandio, Premise ve Filtek Silorane ile arasında anlamlı bir fark bulunmazken (Mann-Whitney U, $p>0.05$, Tablo 5), diğer kompozit rezinler ile arasındaki fark anlamlı idi (Mann-Whitney U, $p<0.05$, Tablo 5).

Tablo 7. Kompozit gruplarına ait kenar uyumu verilerinin Mann-Whitney U testi ile yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen p değerleri.

| SKOR 2 \ SKOR 1 | Aelite LS Posterior | Grandio | Clearfil Majesty Posterior | Premise | Tetric Evo Ceram | Filtek Z250 | Filtek Silorane | Ceram-X Duo | Reflexions |
|-----------------------------------|---------------------|--------------|----------------------------|--------------|------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| Aelite LS Posterior | - | 0.168 | 0.465 | 0.745 | 0.850 | <u>0.014</u> | <u>0.001</u> | <u>0.000</u> | 0.150 |
| Grandio | 0.223 | - | <u>0.021</u> | 0.254 | 0.143 | 0.725 | <u>0.058</u> | <u>0.058</u> | <u>0.004</u> |
| Clearfil Majesty Posterior | 0.291 | <u>0.013</u> | - | 0.192 | 0.278 | <u>0.000</u> | <u>0.000</u> | <u>0.000</u> | 0.447 |
| Premise | 0.828 | 0.328 | 0.143 | - | 0.703 | 0.151 | <u>0.006</u> | <u>0.004</u> | 0.100 |
| Tetric Evo Ceram | 0.705 | 0.104 | 0.278 | 0.513 | - | <u>0.033</u> | <u>0.001</u> | <u>0.000</u> | 0.182 |
| Filtek Z250 | <u>0.037</u> | 0.787 | <u>0.000</u> | 0.184 | <u>0.033</u> | - | 0.213 | <u>0.045</u> | <u>0.000</u> |
| Filtek Silorane | <u>0.001</u> | <u>0.045</u> | <u>0.000</u> | <u>0.006</u> | <u>0.001</u> | 0.110 | - | 0.892 | <u>0.000</u> |
| Ceram-X Duo | <u>0.001</u> | 0.066 | <u>0.000</u> | <u>0.007</u> | <u>0.000</u> | <u>0.045</u> | 0.957 | - | <u>0.000</u> |
| Reflexions | 0.065 | <u>0.003</u> | 0.447 | 0.075 | 0.182 | <u>0.000</u> | <u>0.000</u> | <u>0.000</u> | - |

Tablonun sağ üst tarafı (çizgilerin üstü), skor 1'e ait karşılaştırma sonucunda elde edilen (restorasyon ile kavite arasında aralanma) p değerlerini göstermektedir. Skor 2'ye (restorasyon ile kavite arasında tam adaptasyon) ait karşılaştırmadan elde edilen p değerleri, tablonun sol alt tarafında (çizgilerin altı) yer almaktadır. Altı çizilen p değerleri, 0.05'den küçük olduğu için istatistiksel olarak önemli farkı göstermektedir, altı noktalı çizgi ile gösterilen p değerleri ise yaklaşık olarak önemli farkı göstermektedir.

4.3. Mikrosızıntı Testi Bulguları

Mikrosızıntı testi sonrası stereomikroskop ile kesitlerin incelenmesi sonucu, kompozit rezinler ile restore edilen tüm kavitelemlerin okluzaldeki ve gingivaldeki kenarlarının mikrosızıntı skorlarının dağılımı sırasıyla Tablo 8 ve Tablo 9'da gösterilmiştir. Buna göre, okluzalde 0 skoru alan örnek sayısının en fazla olduğu kompozit rezinler sırasıyla; Aelite LS Posterior, Clearfil Majesty Posterior ve Tetric Evo Ceram iken, 0 skoru alan örnek sayısının en az olduğu kompozit rezinler Ceram-X Duo ve Filtek Z250 olarak belirlendi (Tablo 8).

Tablo 8. Tüm gruptaki okluzaldeki kenarlara ait mikrosızıntı skorları.

| OKLUZAL | 0 | | 1 | | 2 | | 3 | | DM | N |
|-----------------------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|----|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | | |
| Aelite LS Posterior | 43 | 56.6 | 15 | 19.7 | 7 | 9.2 | 11 | 14.5 | 4 | 76 |
| Grandio | 22 | 29.3 | 15 | 20.0 | 15 | 20.0 | 23 | 30.7 | 5 | 75 |
| Clearfil Majesty Posterior | 39 | 50.6 | 8 | 10.4 | 21 | 27.3 | 9 | 11.7 | 3 | 77 |
| Premise | 17 | 27.4 | 17 | 27.4 | 15 | 24.2 | 13 | 21.0 | 18 | 62 |
| Tetric Evo Ceram | 39 | 49.4 | 15 | 19.0 | 19 | 24.1 | 6 | 7.6 | 1 | 79 |
| Filtek Z250 | 7 | 9.3 | 16 | 21.3 | 37 | 49.3 | 15 | 20.0 | 5 | 75 |
| Filtek Silorane | 26 | 32.5 | 28 | 35.0 | 16 | 20.0 | 10 | 12.5 | 0 | 80 |
| Ceram-X Duo | 6 | 7.5 | 50 | 62.5 | 19 | 23.8 | 5 | 6.3 | 0 | 80 |
| Reflexions | 24 | 32.0 | 18 | 24.0 | 24 | 32.0 | 9 | 12.0 | 5 | 75 |

n; her bir skoru alan örnek/kesit sayısı, 0; sızıntı yok, 1; sızıntı var, okluzal duvarın yarısını aşmamış, 2; sızıntı okluzal duvarın tamamında izlenmekte, kavite tabanına ulaşmamış, 3; sızıntı okluzal duvarın tabanına kadar ulaşmış, DM; değerlendirilemeyen kesit sayısı, N; bir gruba ait incelenen toplam örnek/kesit sayısı.

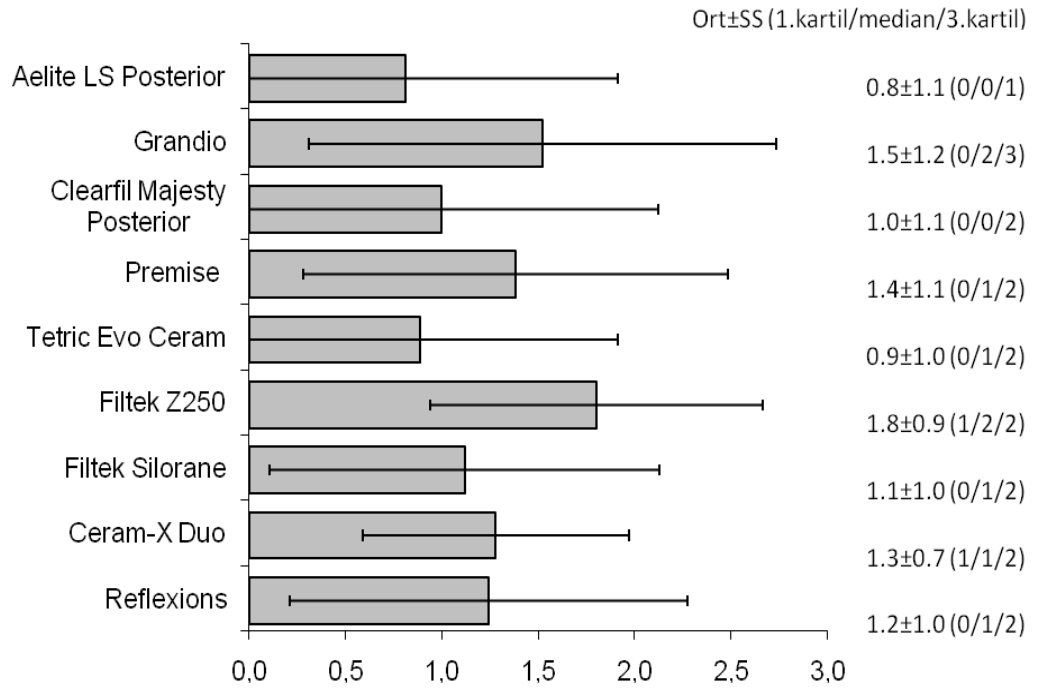
Gingivaldeki kenarlarda mikrosızıntı skorları incelendiğinde; Aelite LS Posterior, okluzaldeki kenarların mikrosızıntı sonuçlarına benzer şekilde, 0 skoru alan örnek sayısının en fazla olduğu kompozit rezin idi. Gingivalde 0 skoru alan örnek sayısının en az olduğu kompozit rezinler ise Filtek Silorane ve Premise olarak saptandı (Tablo 9).

Tablo 9. Tüm gruplardaki gingivaldeki kenarlara ait mikrosızıntı skorları.

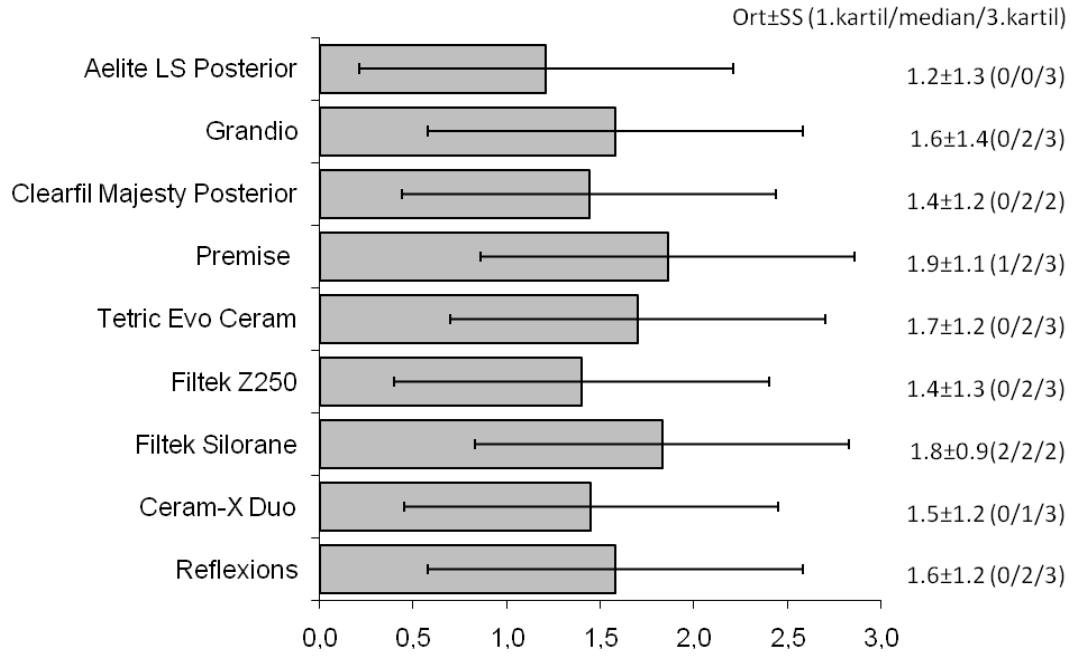
| GİNGİVAL | 0 | | 1 | | 2 | | 3 | | DM | N |
|-----------------------------------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|----|
| | n | % | n | % | n | % | n | % | | |
| Aelite LS Posterior | 39 | 52.7 | 1 | 1.4 | 13 | 17.6 | 21 | 28.4 | 6 | 74 |
| Grandio | 28 | 43.1 | 0 | 0.0 | 8 | 12.3 | 29 | 44.6 | 15 | 65 |
| Clearfil Majesty Posterior | 28 | 36.4 | 1 | 1.3 | 34 | 44.2 | 14 | 18.2 | 3 | 77 |
| Premise | 11 | 19.0 | 5 | 8.6 | 23 | 39.7 | 19 | 32.8 | 22 | 58 |
| Tetric Evo Ceram | 21 | 28.0 | 2 | 2.7 | 30 | 40.0 | 22 | 29.3 | 5 | 75 |
| Filtek Z250 | 32 | 43.2 | 4 | 5.4 | 14 | 18.9 | 24 | 32.4 | 6 | 74 |
| Filtek Silorane | 9 | 11.3 | 10 | 12.5 | 46 | 57.5 | 15 | 18.8 | 0 | 80 |
| Ceram-X Duo | 26 | 32.5 | 15 | 18.8 | 16 | 20.0 | 23 | 28.8 | 0 | 80 |
| Reflexions | 22 | 28.2 | 8 | 10.3 | 28 | 35.9 | 20 | 25.6 | 2 | 78 |

n; her bir skoru alan örnek/kesit sayısı, 0; sızıntı yok, 1; sızıntı var, gingival duvarın yarısını aşmamış, 2; sızıntı gingival duvarın tamamında izlenmekte, kavite tabanına ulaşmamış, 3; sızıntı gingival duvarın tabanına kadar ulaşmış, DM; değerlendirilemeyen kesit sayısı, N; bir gruba ait incelenen toplam örnek/kesit sayısı.

Her gruba ait okluzaldeki ve gingivaldeki kenarların ortalama mikrosızıntı skorları, standart sapmaları ve birinci (%25'lik), ikinci (%50'lik, median) ve üçüncü (%75'lik) kartil değerleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Kompozit rezin grupları ile okluzaldeki mikrosızıntı ve kompozit rezin grupları ile gingivaldeki mikrosızıntı arasındaki ilişki, Kruskal-Wallis testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi (Tablo 10). Buna göre, kompozit rezin grupları ile okluzaldeki mikrosızıntı sonuçları arasındaki ilişki anlamlı iken ($p=0.000$), gingivaldeki mikrosızıntı sonuçları arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0.102$).



Şekil 1. Her gruba ait okluzal kenarlardaki ortalama mikrosızıntı skorları (Ort), standart sapmaları (SS) ve birinci kartil, ikinci kartil (median) ve üçüncü kartil değerleri. Çizgiler, standart sapmayı göstermektedir.



Şekil 2. Her gruba ait gingival kenarlardaki ortalama mikrosızıntı skorları (Ort), standart sapmaları (SS) ve birinci kartil, ikinci kartil (median) ve üçüncü kartil değerleri. Çubuklar, standart sapmayı göstermektedir.

Tablo 10. Kompozit rezin grupları ile okluzaldeki ve gingivaldeki mikrosızıntı arasındaki ilişkiye ait Kruskal-Wallis testi sonuçları.

| | Ki-kare | df | Önem düzeyi |
|-----------------|---------|----|-------------|
| OKLUZAL | 56.086 | 8 | 0.000 |
| GİNGİVAL | 13.305 | 8 | 0.102 |

Okluzaldeki kenarların mikrosızıntı skorları açısından hangi iki grup arasında istatistiksel olarak fark olduğunun belirlenmesi amacıyla Mann-Whitney U testi kullanıldı (Tablo 11). Buna göre, mikrosızıntının en fazla görüldüğü kompozit rezin Filtek Z250 olarak belirlendi ve buna en yakın değeri gösteren Grandio ile aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı ($p=0.190$). Filtek Z250'nin diğer kompozit rezinler; Aelite LS Posterior, Clearfil Majesty Posterior, Premise,

Tetric Evo Ceram, Filtek Silorane, Ceram-X Duo, Reflexions ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ($p<0.05$, Tablo 11). Mikrosızıntının okluzalde en az görüldüğü kompozit rezin ise Aelite LS Posterior olarak saptandı. Bu kompozit rezin ile, Tetric Evo Ceram ve Clearfil Majesty Posterior arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (sırasıyla $p=0.468$ ve $p=0.333$). Aelite LS Posterior'un; Grandio, Premise, Ceram-X Duo, Filtek Silorane, Filtek Z250 ve Reflexions ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi ($p<0.05$, Tablo 11).

Her bir materyalin okluzaldeki ve gingivaldeki kenarlarına ait mikrosızıntı değerlerinin Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılması ile elde edilen sonuçlar Tablo 12'de gösterilmiştir. Buna göre; Clearfil Majesty Posterior, Premise, Tetric Evo Ceram, Filtek Silorane ve Reflexions materyalleri ile yapılan restorasyonlarda kavitelemlerin okluzaldeki ve gingivaldeki kenarlarının mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p<0.05$). Bununla beraber, Aelite LS Posterior, Grandio, Filtek Z250 ve Ceram-X Duo materyalleri ile yapılan restorasyonların okluzaldeki ve gingivaldeki kenarlarının mikrosızıntı değerleri benzer sonuçlar gösterdi ($p>0.05$).

Kullanılan bütün materyaller göz önüne alınarak, okluzal ve gingivaldeki kenarlara ait mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında, gingivalde meydana gelen mikrosızıntının okluzaldekine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla olduğu saptandı ($p<0.05$, Tablo 13).

Tablo 11. Kompozit gruplarına ait okluzal sızıntı skorlarının Mann-Whitney U testi ile yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen p değerleri.

| OKLUZAL | Aelite LS Posterior | Grandio | Clearfil Majesty Posterior | Premise | Tetric Evo Ceram | Filtek Z250 | Filtek Silorane | Ceram-X Duo | Reflexions |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| Aelite LS Posterior | - | | | | | | | | |
| Grandio | <u>0.000</u> | - | | | | | | | |
| Clearfil Majesty Posterior | 0.333 | <u>0.006</u> | - | | | | | | |
| Premise | <u>0.001</u> | 0.521 | <u>0.033</u> | - | | | | | |
| Tetric Evo Ceram | 0.468 | <u>0.001</u> | 0.677 | <u>0.008</u> | - | | | | |
| Filtek Z250 | <u>0.000</u> | 0.190 | <u>0.000</u> | <u>0.021</u> | <u>0.000</u> | - | | | |
| Filtek Silorane | <u>0.019</u> | <u>0.045</u> | 0.308 | 0.163 | 0.123 | <u>0.000</u> | - | | |
| Ceram-X Duo | <u>0.000</u> | 0.265 | <u>0.018</u> | 0.699 | <u>0.002</u> | <u>0.000</u> | 0.114 | - | |
| Reflexions | <u>0.007</u> | 0.141 | 0.132 | 0.455 | <u>0.036</u> | <u>0.001</u> | 0.467 | 0.702 | - |

Tablonun sağ üst tarafı (çizgilerin üstü), sol alt tarafındaki (çizgilerin altı) verilerin simetriği olduğu için boş bırakılmıştır. Tablonun sol altında, okluzal kenardaki mikrosızıntı verilerinin karşılaştırılması sonucunda elde edilen p değerleri yer almaktadır. Altı çizilen p değerleri, 0.05'den küçük olduğu için istatistiksel olarak önemli farkı göstermektedir. Gingival kenardaki mikrosızıntı verileri arasında fark olmadığı için p değerleri verilmemiştir.

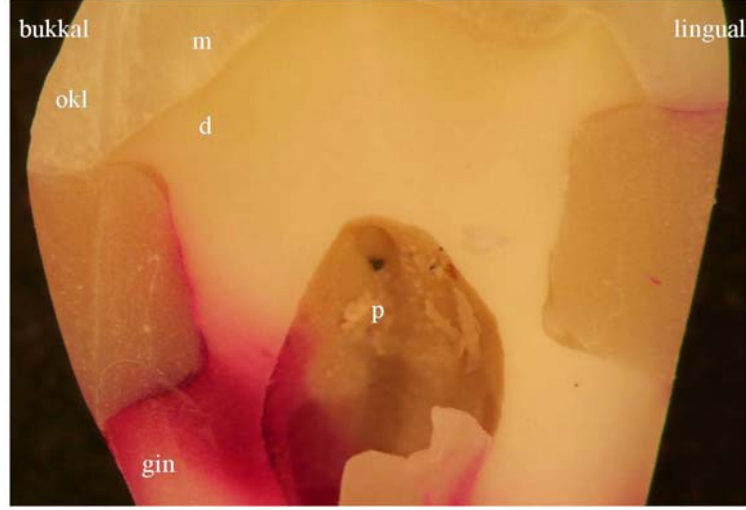
Tablo 12. Okluzaldeki ve gingivaldeki kenarların mikrosızıntı sonuçlarının kompozit materyallere göre elde edilen Mann-Whitney U Testi sonuçları.

| | | n | Sıra Ortalaması | Sıra Toplamı | U | p |
|-----------------------------------|----------|----|-----------------|--------------|---------|-------|
| Aelite LS Posterior | Okluzal | 76 | 70.80 | 5381.00 | 2455.00 | 0.139 |
| | Gingival | 74 | 80.32 | 5944.00 | | |
| Grandio | Okluzal | 75 | 69.59 | 5219.50 | 2369.50 | 0.764 |
| | Gingival | 65 | 71.55 | 4650.50 | | |
| Clearfil Majesty Posterior | Okluzal | 77 | 69.78 | 5373.00 | 2370.00 | 0.021 |
| | Gingival | 77 | 85.22 | 6562.00 | | |
| Premise | Okluzal | 62 | 53.53 | 3319.00 | 1366.00 | 0.019 |
| | Gingival | 58 | 67.95 | 3941.00 | | |
| Tetric Evo Ceram | Okluzal | 79 | 63.36 | 5005.50 | 1845.50 | 0.000 |
| | Gingival | 75 | 92.39 | 6929.50 | | |
| Filtek Z250 | Okluzal | 75 | 80.36 | 6027.00 | 2373.00 | 0.112 |
| | Gingival | 74 | 69.57 | 5148.00 | | |
| Filtek Silorane | Okluzal | 80 | 64.33 | 5146.00 | 1906.00 | 0.000 |
| | Gingival | 80 | 96.68 | 7734.00 | | |
| Ceram-X Duo | Okluzal | 80 | 78.33 | 6266.50 | 3026.50 | 0.535 |
| | Gingival | 80 | 82.67 | 6613.50 | | |
| Reflexions | Okluzal | 75 | 70.00 | 5250.00 | 2400.00 | 0.046 |
| | Gingival | 78 | 83.73 | 6531.00 | | |

Tablo 13. Kompozit rezin gruplarının tümüne ait okluzaldeki ve gingivaldeki kenarların mikrosızıntı sonuçlarının Mann-Whitney U Testi sonuçları.

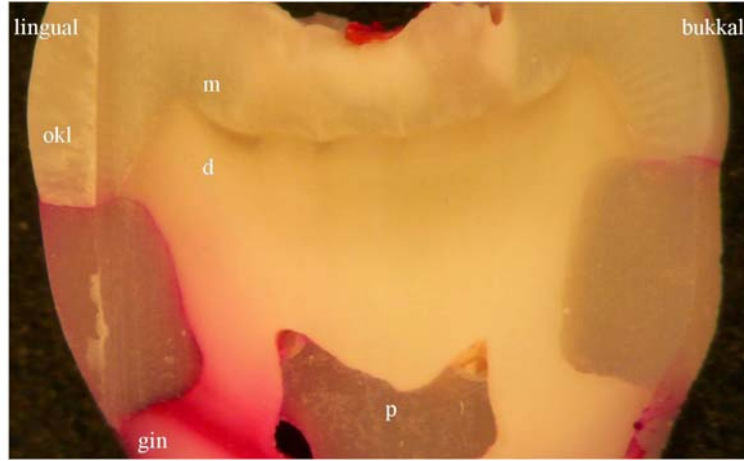
| | n | Sıra Ortalaması | Sıra Toplamı | U | p |
|-----------------|----------|------------------------|---------------------|-----------|----------|
| Okluzal | 679 | 617.71 | 419423.50 | 188563.50 | 0.000 |
| Gingival | 661 | 724.73 | 479046.50 | | |

Tüm kompozit rezin gruplarına ait birer örneğin mikrosızıntı testi sonucunda stereomikroskop altında alınan görüntüleri Resim 24-32’de gösterilmiştir. Her bir örneğin üzerinde, restorasyonların okluzaldeki ve gingivaldeki kenarlarının mikrosızıntı dereceleri belirtilmiştir.



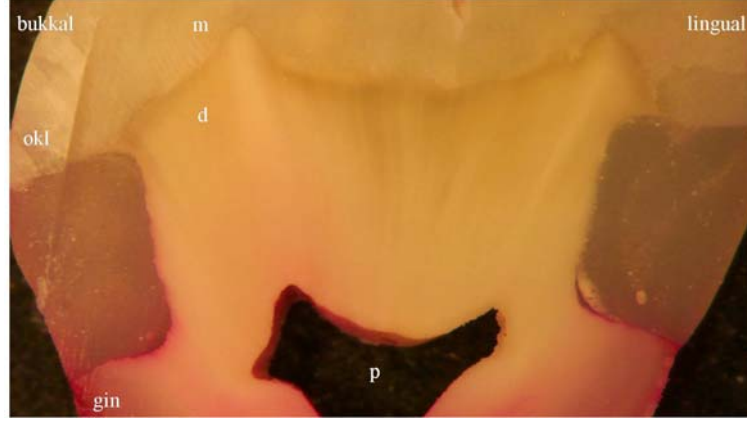
Resim 24. Aelite LS Posterior ile hazırlanan bir restorasyonda mezyal kesitin stereomikroskobik görüntüsü. Bukkaldeki kavitede okluzaldeki kenar 0, gingivaldeki kenar 3 skorunu, lingualdeki kavitede okluzaldeki kenar 1, gingivaldeki kenar 0 skorunu almıştır

Kısaltmalar; m; mine, d; dentin, p; pulpa, okl; okluzal, gin; gingival



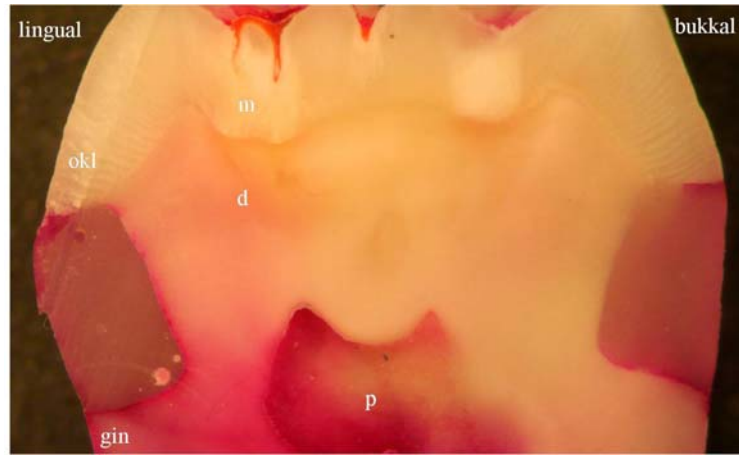
Resim 25. Grandio ile hazırlanan bir restorasyonda orta kesitin stereomikroskobik görüntüsü. Bukkaldeki kavitede okluzaldeki kenar 1, gingivaldeki kenar 0 skorunu, lingualdeki kavitede okluzaldeki kenar 2, gingivaldeki kenar 3 skorunu almıştır

Kısaltmalar; m; mine, d; dentin, p; pulpa, okl; okluzal, gin; gingival



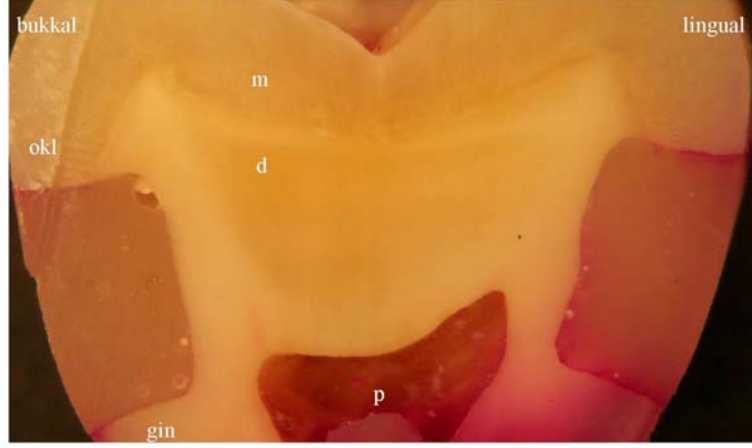
Resim 28. Tetric Evo Ceram ile hazırlanan bir restorasyonda orta kesitin stereomikroskopik görüntüsü. Bukkaldeki kavitede okluzaldeki kenar 0, gingivaldeki kenar 3 skorunu, lingualdeki kavitede okluzaldeki kenar 0, gingivaldeki kenar 3 skorunu almıştır

Kısaltmalar; m; mine, d; dentin, p; pulpa, okl; okluzal, gin; gingival



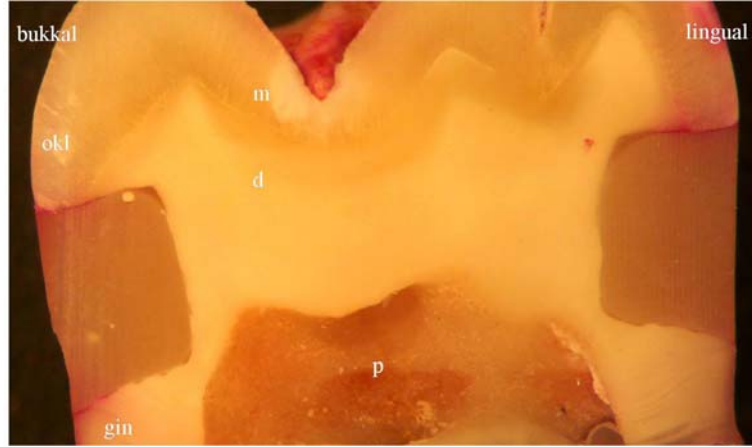
Resim 29. Filtek Z250 ile hazırlanan bir restorasyonda distal kesitin stereomikroskopik görüntüsü. Bukkaldeki kavitede okluzaldeki kenar 1, gingivaldeki kenar 3 skorunu, lingualdeki kavitede okluzaldeki kenar 1, gingivaldeki kenar 3 skorunu almıştır

Kısaltmalar; m; mine, d; dentin, p; pulpa, okl; okluzal, gin; gingival



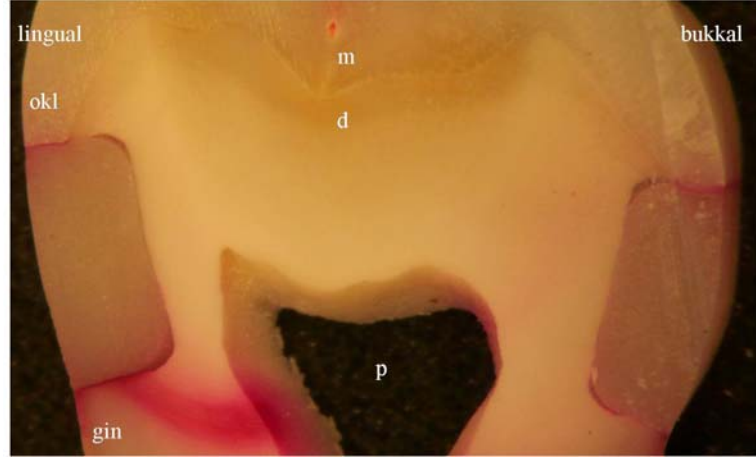
Resim 30. Filtek Silorane ile hazırlanan bir restorasyonda mezyal kesitin stereomikroskopik görüntüsü. Bukkaldeki kavitede okluzaldeki kenar 0, gingivaldeki kenar 1 skorunu, lingualdeki kavitede okluzaldeki kenar 1, gingivaldeki kenar 3 skorunu almıştır

Kısaltmalar; m; mine, d; dentin, p; pulpa, okl; okluzal, gin; gingival



Resim 31. Ceram-X Duo ile hazırlanan bir restorasyonda mezyal kesitin stereomikroskopik görüntüsü. Bukkaldeki kavitede okluzaldeki kenar 2, gingivaldeki kenar 1 skorunu, lingualdeki kavitede okluzaldeki kenar 2, gingivaldeki kenar 0 skorunu almıştır

Kısaltmalar; m; mine, d; dentin, p; pulpa, okl; okluzal, gin; gingival



Resim 32. Reflexions ile hazırlanan bir restorasyonda orta kesitin stereomikroskopik görüntüsü. Bukkaldeki kavitede okluzaldeki kenar 1, gingivaldeki kenar 0 skorunu, lingualdeki kavitede okluzaldeki kenar 1, gingivaldeki kenar 3 skorunu almıştır. Kısaltmalar; m; mine, d; dentin, p; pulpa, okl; okluzal, gin; gingival

5. TARTIŞMA

Restoratif dişhekimliğinde kompozit rezinlerin diş dokularına bağlanmasının artırılması konusunda elde edilen gelişmelere rağmen restorasyonlardaki kenar sızıntısı problemi henüz elimine edilememiştir. Restorasyonların uzun dönemdeki başarısı için öncelikle bakteriyel mikrosızıntının önlenmesi gerektiği bilinmektedir. Çünkü mikrosızıntıya bağlı olarak gelişen postoperatif hassasiyet, kenar renklenmesi, sekonder çürük oluşumu, pulpa iltihabı veya nekrozu restorasyonların yenilenme sebeplerini oluşturmaktadır. Bu nedenle kompozit rezinlerde bu konuya yönelik çalışmalar hızla devam etmektedir. Restorasyonların değerlendirilmesinde klinik çalışmalar, en gerçek ve en değerli test yöntemini oluştururken, laboratuvar çalışmalarına göre, daha fazla zaman gerektirmektedir. Laboratuvar çalışmaları ile diğer değişkenleri sabit tutarak tek bir değişkenin değerlendirilebilmesi kısa sürede mümkün olabilmektedir. Bu tip bir araştırmaya dayanarak, restoratif materyallerin seçimi ve uygun kullanımı ile öneriler verilebilmektedir.

Bu laboratuvar çalışmasında; polimerizasyon büzülmesi düşük hibrit ve nanohibrit kompozit rezinlerle yapılan restorasyonların, taramalı elektron mikroskobu ile kenar uyumları ve boya penetrasyon test yöntemi ile sızıntı dereceleri karşılaştırılmalı olarak incelendi.

5.1. Test Yönteminin Değerlendirilmesi

Örneklerin Hazırlanması

Mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan kavite tipi Sınıf V veya Sınıf II olarak değişmektedir (Hakimeh et al., 2000, Jang et al., 2001, Wahab et al., 2003, Santini and Milia 2004, Pongprueksa et al., 2007, Gerdolle et al., 2008, Hegde et al., 2009). Yapılan literatür taraması sonucu laboratuvar çalışmalarında en çok kullanılan kavite tipi olması nedeniyle çalışmamızda Sınıf V kaviteler kullanılmıştır. Servikal bölgede, mine ve dentin arasındaki mekanik kilitleme, mine-dentin birleşiminin diğer

bölgelerinden daha zayıftır. Bu durumun servikal bölgede çatlak oluşumuna neden olabileceği belirtilmiştir (Manhart et al., 2001a). Ayrıca lateral hareketlere bağlı olarak gelişen makaslama ve gerilme kuvvetleri ile servikal bölgede mine ve dentin arasındaki bağlantının etkilendiği görülmektedir (Kubo et al., 2001, Manhart et al., 2001a, Jang et al., 2001, Van Meerbeek et al., 2001). Bu streslerin, minede çatlaklara ve mine ve dentinde kayıplara yol açarak hidroksiapatit kristalleri boyunca bağlanmada bozunmaya neden olduğu savunulmaktadır (Manhart et al., 2001a). Bu faktörler, servikal lezyonlarda restoratif materyal seçimini ve uzun dönemde klinik başarı elde etmeyi zorlaştırmaktadır. Günümüzde servikal lezyonların mikrosızıntıyı en aza indirecek şekilde restorasyonu önem verilen konular arasında yer almaktadır. Tüm bu sebepler Sınıf V kavite tipi seçimini desteklemektedir.

Örnekler arasındaki varyasyonları elimine etmek için kaviteler mümkün olduğu kadar standart hazırlanmalıdır. Bu durum, kompozit rezinlerin polimerizasyonu sırasında meydana gelen polimerizasyon büzülmesi gibi materyalin hacmine bağlı özelliklerde büyük önem taşımaktadır. Birçok çalışmada, mikrosızıntının ve kenar adaptasyonunun değerlendirilmesi için birbirinden farklı boyutlarda kavitelerin hazırlandığı görülmektedir (Hakimeh et al., 2000, Jang et al., 2001, Wahab et al., 2003, Santini and Milia 2004, Pongprueksa et al., 2007, Awliya and El-Shan 2008, Ernst et al., 2008, Gerdolle et al., 2008, Hegde et al., 2009). Taylor ve Lynch (1993) ise, yaptıkları literatür derlemesinde Sınıf V kaviteler için standart kavite preparasyon boyutlarını bildirmişlerdir. Bu boyutlar, ± 0.5 mm değişiklik gösterebilmek şartıyla; derinlik 1.5 mm, uzunluk 4.0 mm ve genişlik 2.5 mm şeklinde belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da önerilen bu boyutlar göz önünde bulundurularak, kavite boyutları 1.5 mm derinliğinde, 4.0 mm uzunluğunda ve 3 mm genişliğinde hazırlanmıştır.

Çalışmamızdaki amacın farklı kompozit rezinlerin mikrosızıntı ve kenar uyumu açısından değerlendirilmesi olması nedeniyle sonuçları etkileyebilecek diğer parametreler sabit tutulmuştur. Bu nedenle kavite boyutları dışında standardizasyonun sağlandığı diğer nokta, kullanılan adeziv sistemdir. Birçok araştırmada, kompozit rezinlerin karşılaştırılmasında adezive bağlı değişkenleri ortadan kaldırmak amacıyla tek bir adeziv kullanımının gerekliliği belirtilmiştir (Awliya and El-Sahn, 2008, Balkenhol et al., 2007). Bu nedenle, çalışmamızda Filtek

Silorane haricindeki diğ er kompozit rezinlerde tek bir adeziv sistem kullanılmıştır. Literatür incelemesi sonucu yapılan çalışmalarda, adeziv olarak çoğunlukla iki aşamalı asitlenen ve yıkanan bir adeziv sistemin kullanıldığı belirlenmiştir (Aguiar et al., 2003, Wahab et al., 2003, Calheiros et al., 2004, Bagheri and Ghavamnasiri 2008). Çalışmamızda ise adeziv olarak, mine ve dentinde klinik olarak kullanılabilirliği ispatlanmış olan ve altın standart olarak kabul edilen üç basamaklı asitlenen ve yıkanan bir adeziv sistem (Adper Scotchbond Multipurpose, 3M, Amerika) kullanıldı. Filtek Silorane için ise, üretici firmanın önerileri doğrultusunda, Filtek Silorane'nın yapısında bulunan hidrofobik siloran monomeri ile bağlanan hidrofobik bifonksiyonel monomer içeren, bu kompozit rezinin siloran sistem adezivi (Silorane System Adhesive, Almanya) kullanıldı.

Yaşlandırma

Kompozit rezin restorasyonların klinik olarak değerlendirilmesinde ağız içinde etkili olan birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin başında çiğneme kuvvetleri sonucu okluzal streslerin oluşturduğu etki gelmektedir. Bu stresler, diş ile restoratif materyal arayüzünde gerilime neden olmaktadır. Okluzal yüklerle ek olarak, ağız içindeki sıcaklık değişimleri, restoratif materyallerin termal genleşme katsayılarının dişe oranla daha yüksek olmasına bağlı olarak, diş ile restorasyon arayüzünde tekrarlayan kontraksiyon ve genleşme stresleri meydana getirmektedir. Diş ve restoratif materyaller üzerinde etkili olan bir diğer faktör de, bu materyallerin su ve tükürükte mevcut olan bakteriyel enzimlere uzun süre maruz kalmasıdır. Bu durumun restoratif materyalin yapısında bozunmaya neden olabileceği bildirilmiştir (Van Meerbeek et al., 2003, De Munck et al., 2005).

Laboratuvar ortamında klinik koşulları taklit ederek yapılan çalışmalarda, ağız içinde karşılaşılan koşulları yansıtmak amacıyla restoratif materyaller, çeşitli yaşlandırma işlemlerine tabi tutulmaktadırlar (Van Meerbeek et al., 2003, De Munck et al., 2005). Yapay yaşlandırma yöntemleri olan termal siklus, mekanik yükleme ve suda bekletme işlemleri arasında, mikrosızıntı testinde etkisinin minimum olduğu bildirilen yöntem, suda bekletmedir (De Munck et al., 2005). Kompozit rezin

restorasyonlardaki mikrosızıntının daha çok mekanik yüklemekten ve termal sikludan etkilendiği ve mikrosızıntının *in vitro* olarak değerlendirilmesinde, ağız içinde görülen yaşlandırma etkilerini laboratuvar ortamına yansıtmak amacıyla okluzal yükleme ve termal siklus yöntemlerinin kullanılmasının gerekliliği rapor edilmiştir (De Munck et al., 2005, Arisu et al., 2008, Heintze et al., 2008). Çalışmamızda da, kenar uyumunun taramalı elektron mikroskobu ile incelenmesi ve mikrosızıntı testi öncesi, örnekler termal siklus ve mekanik yükleme işlemlerine tabi tutulmuştur.

Literatürde, kompozit rezinlerde yapılan mikrosızıntı çalışmalarında, termosiklus uygulamalarındaki siklus sayısı 200-10.000 arasında değişmektedir. Çalışmamızda ise, literatürdeki siklus sayıları göz önünde bulundurularak, örneklere 5.000 kez termal siklus uygulandı. Uygulanan bu siklus sayısının aynı zamanda 6 aylık bir yaşlandırmaya denk geldiği bildirilmiştir (Gale and Darvell 1999).

Literatürde, kompozit rezin restorasyonlarda kenar uyumunun ve mikrosızıntının değerlendirildiği çalışmalarda uygulanan mekanik yükleme yönteminde ise siklus sayısı 10.000-1.200.000 arasında değişmektedir. Çalışmamızda ise, örneklere 60.000 kez mekanik yükleme uygulandı. Bu siklus sayısı üretici firma tarafından önerilen ve yine üretici firma tarafından 1 yıllık yaşlandırmaya denk geldiği belirtilen bir sayıdır.

Kenar Uyumu Analizi

Kompozit rezin restorasyonların kenar adaptasyonlarının değerlendirilmesinde, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılan analizin kesin ve güvenilir bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır ve bu yöntem altın standart olarak kabul edilmektedir (Manhart et al., 2001a, Manhart et al., 2001b, Alonso et al., 2006, Balkenhol et al., 2007, Ernst et al., 2008). Taramalı elektron mikroskobu ile analiz, restorasyon kenarlarının tümünün değerlendirildiği kantitatif bir yöntemdir. Aynı zamanda kenar uyumunun yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma sonrası değerlendirilebileceği ve örneklerde herhangi bir kesim gerektirmeyen bir yöntemdir (Manhart et al., 2001a, Alonso et al., 2006). Bu teknikte; SEM ile görüntüleme için gerekli olan

dehidratasyon, ısı ve vakum işlemleri sonucunda dişlerde görülebilen deformasyonlar ile restorasyon kenarlarındaki aralıkları ayırt etmek zor olabilmektedir. Dişlerden alınan ölçülerden, epoksi rezin replika hazırlanması ve incelemelerin bu replika üzerinden yapılması ile bu problemlerin elimine edileceği bildirilmiştir (Amaral et al., 2004, Alonso et al., 2006).

Yapılan literatür incelemesi sonucunda kenar uyumunun değerlendirildiği çalışmaların bir kısmında, restorasyon kenarlarında gözlenen aralığın genişliğinin ölçüldüğü görülmektedir (Amaral et al., 2004, Ritter et al., 2006, Idriss et al., 2007). çalışmaların büyük bir bölümünde ise restorasyon kenarlarında gözlenen aralığın uzunluğu değerlendirilmektedir (Manhart et al., 2001a, Manhart et al., 2001b, Frankerberger and Tay 2005, Alonso et al., 2006, Balkenhol et al., 2007, Ernst et al., 2008, Heintze et al., 2008, Awliya and El-Shan 2008). Alonso ve arkadaşlarının (2006) yaptıkları bir çalışmada, restorasyon kenarlarındaki aralığın varlığının ya da yokluğunun, genişliğinden daha önemli olduğu belirtilmiştir. Meydana gelmiş olan aralık, genişliğine aldirmaksızın, ağız sıvıları için bir giriş kapısıdır ve dentin-kompozit arayüzünü bozabilme kabiliyetindedir. Bu nedenle restorasyon kenarı boyunca aralık uzunluğunun değerlendirilmesinin çok daha güvenilir olduğu bildirilmiştir (Alonso et al., 2006).

Bu yöntemin en önemli dezavantajlarını ise, çok fazla çabaya ve teknik ekipmana ihtiyaç duyulması ve çok zaman alıcı bir yöntem olması oluşturmaktadır (Ernst et al., 2008).

Taramalı elektron mikroskopik analiz ile tüm restorasyon kenarları değerlendirilmekte fakat restorasyon ile diş ara yüzeyinin kalitesi hakkında bilgi elde edilememektedir. Restorasyon kenarlarındaki aralıkların derinliği hakkında daha fazla bilgi elde etmek için elektron mikroskopik incelemeler, boya penetrasyon çalışmaları ile tamamlanmaktadır (Manhart et al., 2001a, Idriss et al., 2007, Ernst et al., 2008, Heintze et al., 2008). Bu bilgiler ve değerlendirmeler sonucunda, çalışmamızda da kenar uyumunun değerlendirilmesinde taramalı elektron mikroskopundan yararlanıldı. Taramalı elektron mikroskobu ile analiz sonucunda elde edilen görüntülerde, aralık gözlenen ve aralık gözlenmeyen restorasyon kenarlarının uzunlukları hesaplandı. Restorasyon kenarlarındaki aralıkların

derinliğinin belirlenmesi amacıyla ise boya penetrasyon yöntemi ile mikrosızıntı testi yapılmıştır.

Mikrosızıntı Analizi

Yapılan literatür incelemesi sonucunda, restoratif materyallerindeki mikrosızıntının değerlendirilmesinde boya penetrasyon yöntemi, kimyasal işaretleyici yöntemi, bakteriyel çalışma yöntemi, elektrokimyasal yöntem, nötral aktivasyon yöntemi, radyoaktif izotop ve hava basıncı yöntemi gibi farklı tekniklerin kullanıldığı rapor edilmiştir (Alani and Toh 1997, Gerdolle et al., 2008, Heintze et al., 2008). Tüm bu yöntemler arasında uygulanmasının kolay olması ve güvenilir sonuçlar vermesi nedeniyle boya penetrasyon yönteminin en sık kullanılan yöntem olduğu bildirilmektedir (Manhart et al., 2001a, Amaral et al., 2004, Idriss et al., 2007, Heintze et al., 2008). Mikrosızıntı değerlendirilmesinde farklı partikül büyüklüğüne sahip birçok boya materyalinin kullanıldığı görülmüştür. Türkün ve Ergücü (2004), mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan boyaları inceledikleri araştırmalarında, boya çözeltilerinden % 41 oranında bazik fuksinin, % 27 oranında gümüş nitratın ve %20 oranında metilen mavisinin tercih edildiğini bildirmişlerdir. Bu sonuca paralel olarak Heintze ve arkadaşları (2008) da, çalışmada en fazla tercih edilen boyanın bazik fuksin olduğunu rapor etmişlerdir. Literatürlerde bazik fuksin kullanılan mikrosızıntı çalışmalarında % 0.5 ve % 2'lik konsantrasyonları kullanılmaktadır (Ernst et al., 2008). Örneklerin boyalara gömülme zamanları birçok çalışmada 1 saat ile 2 hafta arasında değişir fakat bu değişkenliğin mikrosızıntı sonuçlarında etkisinin olmadığı görülmüştür (Manhart et al., 2001a). Örneklerin banyoda kalma süresi, bazik fuksin için 24 veya 48 saat, gümüş nitrat için 2 saat ve metilen mavisini için 4 saat olarak bildirilmiştir (Türkün ve Ergücü, 2004). Mikrosızıntı değerlendirilmesinde literatürlerde en çok kullanılan 24 saatlik penetrasyon zamanıdır (Ernst et al., 2008). Boya tipine bakılmaksızın ISO tarafından önerilen bekletme süresi ise yine 24 saattir (Heintze et al., 2008).

Literatür incelemesi ile elde edilen bu bulguların sonucunda çalışmamızda, mikrosızıntı test yöntemi olarak % 0.5 lik konsantrasyonda bazik fuksin kullanımı ile

boya penetrasyon yöntemi kullanılmıştır. Örneklerin boyada kalma süresi ise 24 saat olarak belirlenmiştir.

5.2. Kenar Uyumuna Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Kompozit rezin ile diş arayüzünü etkileyerek bu bölgede aralık oluşumuna neden olan faktörlerin başında; polimerizasyon büzülmesi ve polimerizasyon stresi, kompozit rezinin akıcılığı ve elastisite modülü gelmektedir (Alonso et al, 2006, Idriss et al., 2007, Moreira da Silva et al., 2007). Polimerizasyon büzülmesi, diş dokusu ve diş ile restorasyon arayüzü üzerinde strese neden olmaktadır. Bu stresin büyüklüğünün ise büyük oranda kompozit rezinin monomer yapısına, doldurucu partikül miktarına, viskoelastisite özelliklerine ve konversiyon oranına bağlı olduğu belirtilmiştir (Alonso et al, 2006, Moreira da Silva et al., 2007).

Çalışmamızda test edilen kompozit rezinler ile hazırlanan restorasyonların kenar uyumlarının değerlendirilmesi sonucunda, restorasyon kenarlarında aralık gözlenen kenar uzunluklarının en fazla olduğu kompozit rezinlerin, aynı zamanda kusursuz kenar uzunluğunun en az olduğu kompozit rezinler olduğu gözlenmiştir (Tablo 5). Böylelikle restorasyon kenarlarındaki aralıkların değerlendirilmesi ile kompozit rezinlerin aynı zamanda, kusursuz kenar açısından da değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan kompozit rezinler ile yapılan restorasyonlarda; Ceram-X Duo ve Filtek Silorane, test edilen diğer kompozit rezinlere göre kavite kenarlarında daha fazla aralık gözlenen kompozit rezinlerden ikisi idi (Tablo 5 ve Tablo 7). Çalışmamızda kullanılan diğer bir kompozit rezin Grandio'nun da bu iki kompozit rezin ile arasında fark saptanmadı ($p>0.05$, Tablo 7). Filtek Silorane ile arasında fark bulunmayan Filtek Z250'nin ise ($p>0.05$, Tablo 7), Ceram-X Duo ile arasında fark saptandı ($p<0.05$, Tablo 7). Bununla beraber, test edilen materyaller içerisinde doldurucu içerikleri en az (sırasıyla, hacimce % 57 ve % 60) olan nanohibrit kompozit rezin Ceram-X Duo ve mikrohibrit kompozit rezin Filtek Z-250, aynı zamanda polimerizasyon büzülmesi en fazla olan kompozit rezinler idi (hacimce % 2-2.5, Tablo 1).

Doldurucu içeriği daha az olan kompozit rezinlerde organik matris miktarının artmasına bağlı olarak, polimerizasyon büzülmesinin daha fazla olduğu bildirilmektedir (Aguiar et al., 2003). Meydana gelen polimerizasyon büzülmesi sonucu, restorasyon ile diş ara yüzeyini etkileyen polimerizasyon stresleri artmaktadır (Peutzfeldt and Asmussen 2004). Feilzer ve arkadaşları (1990), kompozit materyallerinin polimerizasyonları sırasında meydana gelen streslerin değerlendirildiği çalışmalarında, polimerizasyon streslerinin restorasyon kenarlarında aralanmaya neden olacağını bildirmektedirler.

Ceram-X Duo ve Filtek Z-250'de gözlenen kenar aralanmasının fazla olmasının nedeni, doldurucu içeriklerinin düşük ve polimerizasyon büzülmelerinin yüksek olması ile açıklanabilir. Hacimce polimerizasyon büzülme oranları benzer olmasına rağmen, çalışmamızda Filtek Z-250 ile elde edilen sonuçların Ceram-X Duo ile elde edilen sonuçlara göre istatistiksel olarak daha düşük bulunmasının nedeni ise, bu kompozit rezinleri monomer tiplerinin farklı olmasına bağlanabilir. Filtek Z-250'nin, taşıyıcı fazında BisEMA, BisGMA ve UDMA bulunurken Ceram-X Duo, dimetakrilat rezin ve metakrilat modifiye polisiloksan içermektedir (Tablo 1).

Çalışmamızda test edilen materyaller içerisinde polimerizasyon büzülmesi en düşük olan kompozit rezin Filtek Silorane idi (hacimce % 0.9, Tablo 1). Buna rağmen kenar aralanması gözlenme yüzdesi açısından, Filtek Silorane'nin yukarıda bahsedilen ve polimerizasyon büzülmesi yüksek Ceram-X Duo ve Filtek Z250 ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (Tablo 7). Bu durum, Filtek Silorane ile kullanılan iki basamaklı kendinden asitli adeziv sistemin (Silorane System Adhesive), diğer kompozit rezinler ile kullanılan üç basamaklı asitlenen ve yıkanan adeziv sisteme (Adper Scotchbond Multi-Purpose) oranla daha düşük bağlanma dayanımı göstermesi ile açıklanabilir.

Literatürde, çok hafif asidik bir primeri olan Silorane Adhesive'in asiditesinin (pH:2.7), asitlenen ve yıkanan adeziv sistemlere oranla çok daha düşük olmasının, mine ve dentin yüzeyinde meydana getirdiği etkileşimin yüzeysel olmasına ve sonuçta diş sert dokularındaki bağlanma dayanımının düşük olmasına neden olduğu rapor edilmiştir (Ernst et al., 2008, Mine et al., 2010). Nitekim, Filtek Silorane ile elde edilen sonuçların, doldurucu içeriği açısından benzer değerlere sahip (hacimce

% 54) ve polimerizasyon büzülmesi de düşük olan (hacimce % 1.5) Tetric Evo Ceram ile karşılaştırıldığında daha kötü olması, adeziv sistemin kenar uyumu üzerinde etkili bir faktör olduğunu gösterebilir.

Ernst ve arkadaşları (2008), yedi farklı adeziv sistem kullanılarak yapılan Sınıf V restorasyonlardaki kenar adaptasyonunu, taramalı elektron mikroskobu ve boya penetrasyon testi ile değerlendirdikleri çalışmalarında, çalışmamızda elde edilen bulgular ile benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Sözü edilen çalışmada, Siloran'ın deneysel kompoziti olan Hermes ve adeziv sistemi Hermes Bond ile yapılan restorasyonlar, kendinden asitli ve asitlenen ve yıkanan adeziv sistemler ile karşılaştırıldığında, kenar uyumu açısından daha başarısız bulunmuştur (Ernst et al., 2008).

Bazı aratırcılar, Filtek Silorane ile kullanılan adeziv sistemin (Silorane System Adhesive) metakrilat içermesi nedeniyle, konvansiyonel metakrilat bazlı kompozit rezinlerle de kullanılabileceğini savunmaktadırlar (Van Ende et al., 2010). Bununla birlikte üretici firma, Filtek Silorane'nın yapısında bulunan hidrofobik siloran rezin ile adeziv sistemin yapısında bulunan hidrofobik bifonksiyonel monomerlerin birbirleri ile bağlandığını iddia etmektedir. Bu nedenle, Filtek Silorane için geliştirilmiş bu adeziv sistemin, kesinlikle Filtek Silorane ile kullanılması gerektiğini savunmaktadırlar (3M ESPE, teknik ürün bror).

Literatürde, siloran rezinin, metakrilat esaslı rezinlere göre, polimerizasyon büzülmesi, mikrosızıntı ve mekanik özellikler açısından, daha üstün bir performans gösterdiğini bildirilen çalışmalar bulunmaktadır (Weinmann et al., 2005, Eick et al., 2006, Ilie and Hickel 2006, Ilie et al., 2007, Bagis et al., 2009). Filtek Silorane ile ilgili düşük polimerizasyon büzülmesine yönelik bildirilmiş olan bu sonuçlara rağmen, çalışmamızda restorasyon kenarlarındaki aralanmaların fazla olarak saptanması, polimerizasyon büzülmesinin düşük olmasının her zaman restorasyon kenarlarında daha az aralık oluşumu ile sonuçlanacağı anlamına gelmediğini göstermektedir.

Restorasyon kenarlarında aralanmanın meydana gelmesinde etkili olan streslerin; sadece polimerizasyon büzülmesi ile değil, kompozit materyalinin sertleşme hızına ve elastisite modülüne bağlı olarak da gelişebileceği bildirilmiştir (Peutzfeldt and Asmussen 2004, Leprince et al., 2010).

Polimerizasyon büzülmesi düşük olan kompozit rezinlerin polimerizasyon streslerinin, polimerizasyon bzlmelerinin ve elastisite modüllerinin değerlendirildiği bir çalışmada, çalışmamızda da kullanılan Filtek Silorane, Aelite LS Posterior ve Filtek Z250'nin de bulunduğu on adet kompozit rezin test edilmiştir. Polimerizasyon stresi açısından yapılan değerlendirmede Filtek Silorane, Aelite LS Posterior ve Filtek Z250'den daha yüksek değerler göstermiştir. Çalışma sonucunda araştırıcılar, polimerizasyon büzülmesinin az olmasının polimerizasyon stresinin de az olmasına karşılık gelmediğini bildirmiştir. Filtek Silorane'nin hacimsel polimerizasyon büzülmesi oranının düşük olmasına rağmen, polimerizasyon stresinin yüksek olmasının nedeni yüksek elastisite modülü olarak açıklanmaktadır (Boaro et al., 2010).

Çalışmamızda kullanılan nanohibrit, hibrit veya siloran içerikli kompozit rezinler ile yapılan restorasyonların kenar uyumlarının değerlendirildiği sınırlı sayıda çalışma bulunmasına rağmen bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar birbirinden farklılık göstermektedir (Kramer et al., 2009, Papadogiannis et al., 2009, Schmidt et al., 2010). Filtek Silorane ve Ceram-X ile yapılan Sınıf II restorasyonlarda okluzal ve arayüzdeki kenar uyumunun değerlendirildiği bir klinik çalışmada, restorasyon kenarlarındaki aralıkların çeşitli büyüklükteki uçlara sahip sondlar ile belirlenerek skorlanması sonucunda, Ceram-X'in Filtek Silorane'dan daha iyi bir kenar uyumu gösterdiği rapor edilmiştir. Bu alışma sonucunda, laboratuvar koşullarında belirlenen düşük polimerizasyon büzülmesi değerlerinin klinik olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir (Schmidt et al., 2010).

Bununla beraber, kompozit rezin materyallerde kullanılmaya başlanan bu yeni monomer tipi ile polimerizasyon büzülmesi ve stresinin, kavite ile restorasyon kenarlarındaki uyumun ve aynı zamanda mikrosızıntının değerlendirileceği başka laboratuvar ve klinik araştırmalara ihtiyaç vardır.

Diş ile restorasyon arasındaki kenar uyumuna etki eden tek faktörün polimerizasyon büzülmesi olmadığı, polimerizasyon büzülmesi dışında başka faktörlerin de etkili olduğu ve değerlendirmelerde göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmaktadır (Peutzfeldt and Asmussen 2004, Moreira da Silva et al., 2007, Leprince et al., 2010). Bu faktörlerden bir diğeri de materyalin elastisite modülüdür.

Çalışmamızda kenar aralanması açısından, Grandio ile elde edilen sonuçların (skor 1; 19.0 ± 15.9), Filtek Silorane ve Filtek Z250 ile elde edilen sonuçlar ile benzer olması, Grandio'nun elastisite modülünün yüksek olmasına bağlanabilir. Grandio, çalışmamızda kullanılan kompozit rezinler arasında doldurucu içeriği fazla (ağırlıkça % 87, hacimce % 71) ve aynı zamanda elastisite modülü en yüksek olan (17.1 GPA) bir nanohibrit kompozit rezindir (Tablo 1).

In vitro koşullarda farklı tip kompozit rezinlerin mekanik özelliklerinin karşılaştırıldığı ve bu değerlendirme sonucunda Grandio'nun diğer kompozit rezinlerden daha yüksek elastisite modülüne sahip olduğunu rapor eden çalışmalar bulunmaktadır (Beun et al., 2007, Leprince et al., 2010). Bir kompozit rezinin doldurucu içeriğinin yüksek olması elastisite modülünün de artmasına neden olmaktadır (Van Meerbeek et al., 2001, Kubo et al., 2004, Gerdolle et al., 2008). Elastisite modülünün yüksek olması ile beraber viskositenin de artması daha sert yapıda bir kompozit rezin ile sonuçlanmaktadır (Beun et al., 2007, Idriss et al., 2007, Moreira da Silva et al., 2007, Papadogiannis et al., 2009). Bununla birlikte bir kompozit rezinin kenar bütünlüğünün elastisite modülü ile ters orantılı olduğu ve elastisite modülünün yüksek olmasının yüksek polimerizasyon büzülme stresleri ile sonuçlanacağı belirtilmiştir (Peutzfeldt and Asmussen 2004, Li et al., 2006, Visuanathan et al., 2007, Papadogiannis et al., 2009, Leprince et al., 2010). Elastisite modülü yüksek olan sert yapıdaki materyallerin, polimerizasyon büzülme streslerini etkin bir şekilde absorbe edemeyeceği bildirilmiştir (Papadogiannis et al., 2009). Moreira da Silva ve arkadaşlarının (2007); kompozit rezin restorasyonlardaki aralık oluşumuna etki eden faktörleri araştırdıkları çalışmalarında, C faktörün, kompozit rezinlerin elastisite modülünün ve viskositelerinin restorasyon kenarlarında açıklık oluşumunda belirgin oranda etkisinin olduğunu ve elastisite modülünün yüksek olmasına bağlı olarak gelişen polimerizasyon büzülme streslerinin arayüzde aralık oluşumunu artırdığını rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda kenar uyumu açısından elde edilen en iyi sonuçlar; sırasıyla Reflexions, Clearfil Majesty Posterior, Tetric Evo Ceram, Aelite LS Posterior ve Premise'e aitti ve bu materyaller arasında istatistiksel olarak fark yoktu (Tablo 5 ve Tablo 7). Bu materyallerin tümü, hacimsel polimerizasyon büzülmesi değerleri düşük olan kompozit rezinlerdi (% 1.4-1.7). Bu kompozit rezinler ile yapılan

restorasyonlarda kenar aralanması yüzdesinin düşük olması (skor 1; % 7.5-13.7), polimerizasyon bzlmelerinin düşük olması ile açıklanabilir.

Aelite LS Posterior, test edilen kompozit rezinler arasında hibrit tipte olan tek materyal idi. Buna rağmen diğer nanohibrit kompozit rezinler (Reflexions, Clearfil Majesty Posterior, Tetric Evo Ceram ve Premise) ile benzer sonuçlar göstermesi materyalin, kullanılan kompozit rezinler arasında doldurucu içeriği yüksek olan kompozit rezinlerden (hacimce % 74) olmasına bağlanabilir. Ayrıca, Aelite LS Posterior ve doldurucu içeriği yüksek (hacimce % 82) bir nanohibrit kompozit rezin olan Clearfil Majesty Posterior'un, pratik uygulamada diğer kompozit rezinlere oranla manplasyonlarının daha kolay olduğu gözlenmiştir. Bu durumun, her iki kompozit rezinin kavite kenarlarına adaptasyonlarının daha iyi olmasına yol açığı düşünebilir.

Yap ve Soh (2004); 'Low Shrinkage Composites' olarak adlandırılan kompozitlerin post-jel polimerizasyon kontraksiyonlarını, ormoser ve hibrit kompozitler ile karşılaştırdıkları çalışmalarında, bu kompozit rezinlerin polimerizasyon bzlmelerinin diğer kompozit rezinlerden daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada kullanılan polimerizasyon büzülmesi düşük kompozit rezinlerden biri olan Aelite LS'in bu sonucu, doldurucu içeriğinin yüksek olmasına bağlanmaktadır. Araştırmacılar, doldurucu içeriğinin yüksek olmasının Aelite LS'e daha iyi işlenebilme özelliği sağladığını bildirmişlerdir.

Üretici firmalardan elde edilen bilgilere göre; Reflexions ve Aelite LS Posterior, organik matrikslerinde düşük moleküler ağırlıklı dilue edici monomer olan TEGDMA'yı içermemektedir. Organik matriks içerisinde, TEGDMA miktarının azaltılarak, molekül ağırlığı daha büyük olan monomer ilavesinin polimerizasyon büzülmesini azalttığı bildirilmiştir (Ferracane 1995, Boaro et al., 2010). Düşük molekül ağırlıklı dilue edici monomerlerin viskoziteyi azaltarak, organik matriksteki moleküler mobilitiyi artırdıkları ve bu durumun polimerizasyona katılan monomer miktarının ve polimerizasyon büzülmesinin artması ile sonuçlandığı rapor edilmiştir (Anusavice 1996, Papadogiannis et al., 2009, Boaro et al., 2010). Sonuç olarak, Reflexions ve Aelite LS Posterior ile yapılan restorasyonlarda kavite kenarlarında aralanmanın daha az oranda gözlenmesi, organik matrikslerinde TEGDMA'yı

içermemelerine bağlı olarak bu materyallerin polimerizasyon büzülmesinin azalmasına bağlanabilir.

Kompozit rezinin dağılan fazındaki partikül tipi açısından düşünüldüğünde, çalışmamızda kullandığımız materyallerden sadece Tetric Evo Ceram ve Premise prepolimerize doldurucu içermektedir. Üretici firmalar; prepolimerize doldurucu ilavesinin, doldurucu içeriğinin artmasını sağladığını ve bunun sonucunda organik matriks miktarının azalmasına bağlı olarak, meydana gelen polimerizasyon büzülmesinin de azalacağını savunmaktadırlar. Bununla birlikte polimerizasyon büzülmesindeki bu azalmanın kompozit rezinlerin kavite kenarlarına adaptasyonlarını artıracığını iddia etmektedirler. Bu nedenle Tetric Evo Ceram ve Premise ile yapılan restorasyonlarda kenar aralanmasının düşük olması, bu materyallerin doldurucu partikül tipine ve dağılımına bağlı olarak meydana gelmiş olabilir.

Çalışmamızda, kenar uyumlarının değerlendirilmesi sonucunda, restorasyon kenarlarında aralık gözlenen kenar uzunluklarının en az olduğu kompozit rezin olarak saptanan Reflexions'ın, piyasaya yeni sürülmesinden dolayı, herhangi bir klinik veya laboratuvar çalışması bulunmamaktadır. Üretici firmalardan yeterli bilgi alınamaması nedeniyle Reflexions'ın doldurucu partikül miktarı, doldurucu partikül boyutu, mekanik ve fiziksel özellikleri hakkında herhangi bir veri bulunmamaktadır.

5.3. Mikrosızıntıya Ait Bulguların Değerlendirilmesi

Nanokompozit Resinler

Literatürde son zamanlarda geliştirilen ve polimerizasyon büzülmesi oranlarının düşük olduğu iddia edilen nanohibrit, nanofil ve mikrohibrit kompozit materyalleri ile yapılan restorasyonlardaki mikrosızıntının değerlendirildiği bir çok araştırma bulunmaktadır (Tablo 14).

Üç farklı nanokompozit (Filtek Z350, Ceram-X Duo, Synergy D6) ile yapılan Sınıf V restorasyonlardaki mikrosızıntının karşılaştırıldığı bir çalışmada, en yüksek değeri Ceram-X Duo göstermiş fakat materyaller arasında istatistiksel olarak bir fark

saptanmamıştır (Hegde et al., 2009). Yine nanokompozitlerin Sınıf V kavitelerdeki mikrosızıntılarının değerlendirildiği bir başka çalışmada da, Hegde ve arkadaşlarının çalışmasıyla benzer şekilde, test edilen materyaller ile (Ceram-X, Tetric Evo Ceram, Clearfil Majesty Esthetic) hem okluzal hem de gingival kenarlarda elde edilen sonuçlar benzer bulunmuştur (Korkmaz et al., 2010).

Çalışmamızda da kullandığımız ve gingivaldeki mikrosızıntı sonuçlarının, test edilen diğer kompozit rezinler ile benzer bulunduğu Ceram-X Duo ve Tetric Evo Ceram ile elde edilen bulgular, yukarıdaki çalışmalar ile uyumludur. Bununla beraber, çalışmamızda Ceram-X Duo ile okluzal kenarlarda elde edilen mikrosızıntı değerleri, test edilen diğer kompozit rezinlerden istatistiksel olarak fazla idi (Tablo 11). Ayrıca, Ceram-X Duo, SEM bulgularının mikrosızıntı bulguları ile benzer olduğu ve kavite kenarlarında en fazla aralanmanın gözlemlendiği kompozit rezin oldu (bkz. bölüm 5.2.).

Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda Ceram-X Duo'ya ait mine ve dentin kenarlarındaki mikrosızıntı için elde edilen sıra ortalaması değerleri sırasıyla 78 ve 83 iken (Tablo 12), Hegde ve arkadaşlarının çalışmasında bu değerler 25 olarak saptanmıştır (Hegde et al., 2009). Yine Korkmaz ve arkadaşları (2010), Ceram-X Duo ve Tetric Evo Ceram ile yapılan restorasyonlarda okluzalde hiç mikrosızıntı gözlemez iken, gingivalde her iki kompozit rezin için de mikrosızıntı gözlenmeyen restorasyonların yüzdesi 40 olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda ise Ceram-X Duo ile yapılan restorasyonların yaklaşık % 92'sinde okluzalde ve %67'sinde gingivalde mikrosızıntı tespit edilmiştir. Tetric Evo Ceram için ise saptanan değerler, okluzalde % 51 ve gingivalde % 72 olup, yine diğer çalışmalarda elde edilen değerlerden yüksektir (Tablo 8 ve 9).

Çalışmamızda restorasyonların yapımında üç basamaklı asitlenen ve yıkanan bir adeziv sistem kullanılmasına rağmen, elde edilen mikrosızıntı değerlerinin, yukarıdaki çalışmalarda belirlenen ve bir basamaklı kendinden asitli bir adeziv ile yapılan restorasyonlardaki mikrosızıntı değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, yukarıdaki çalışmaların aksine, kompozit materyaller arasında okluzal kenarlarda elde ettiğimiz bulgular açısından fark saptanması, araştırmalarda kullanılan test yöntemlerinin birbirinden farklı olmasına bağlanabilir.

Örneklerin termal siklusta maruz bırakıldığı siklus sayısı, Hegde ve arkadaşlarının çalışmasında 250 iken, Kormaz ve arkadaşlarının çalışmasında 500'dür ve çalışmamızdaki termal siklus sayısından (5000) oldukça düşüktür. Ayrıca her iki araştırmada da restorasyonlara sadece termal siklus uygulanmış ve çalışmamızdaki gibi mekanik yükleme ile de bir yaşlandırma işlemine maruz bırakılmamıştır.

Mikrosızıntı ile yaşlandırma yöntemlerinin ilişkisinin araştırıldığı çalışmalarda, termal siklus ve mekanik yükleme yöntemlerinin mikrosızıntıyı artırdığı gösterilmiştir (Hakimeh et al., 2000, Jang et al., 2001, Kubo et al., 2001, Wahab et al., 2003, Pongprueksa et al., 2007, Campos et al., 2008, Koyutürk et al., 2008, Erdilek et al., 2009). Ayrıca, kompozit rezin restorasyonlardaki mikrosızıntının, suda bekletme veya termal siklus ile karşılaştırıldığında, mekanik yüklemeye daha çok etkilendiği bildirilmiştir (De Munck et al., 2005). Araştırmacılar, ağız içerisinde görülen yaşlandırma etkilerinin laboratuvar ortamına yansıtılması amacıyla, termal siklus ve okluzal yükleme yöntemlerinin her ikisinin birden kullanılması gerektiğini rapor etmişlerdir (De Munck et al., 2005, Arisu et al., 2008, Heintze et al., 2008).

Yaşlandırma yöntemleri arasındaki farkın mikrosızıntı sonuçları üzerinde etkili olduğunu gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (Calherios et al., 2004, Yalçın et al., 2006, Bagis et al., 2009). Yalçın ve arkadaşlarının (2006) yaptıkları çalışmada, Grandio'nun okluzal ve gingival kenarlara ait mikrosızıntı skorlarının ortalaması sırasıyla 0.8 ve 1.2 olarak bulunmuş iken, çalışmamızda Grandio'ya ait mikrosızıntı skor ortalamaları okluzalde 1.5 ve gingivalde 1.6'dur (Şekil 1,2). Bu araştırmada da, çalışmamızda olduğu gibi Sınıf V kavite ve bir asitlenen ve yıkanan adeziv sistem kullanılarak test edilmesine rağmen, elde edilen mikrosızıntı skorlarının daha düşük olmasının nedeni, araştırmacıların yaşlandırma yöntemi olarak sadece termosiklusu seçmeleri ve siklus sayısının çalışmamızdakinden daha düşük olmasına bağlanabilir.

Yapılan çalışmalarda, bir nanohibrit kompozit rezin olan Grandio'nun, karşılaştırıldığı diğer hibrit kompozit rezinlerden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla mikrosızıntı gösterdiği bildirilmiştir (Yalçın et al., 2006, Bagis et al., 2009). Çalışmamızda da mikrosızıntının en fazla görüldüğü kompozit rezinlerden biri olan Grandio ile elde edilen bu bulgunun, Grandio'ya ait kenar uyumu

sonuçlarından kaynaklandığı düşünülebilir. Çalışmamıza ait sonuçlar, diğer araştırmalar ile uyumludur.

Siloran Rezin

Günümüzde yeni geliştirilen ve polimerizasyon büzülme oranı düşük Siloran monomerin kullanıldığı tek kompozit rezin olan Filtek Silorane ile de yapılan mikrosızıntı ve kenar uyumu çalışmaları bulunmaktadır (Tablo 14).

Siloran monomerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar, zaman içerisinde farklı kompozit rezinlerin üretilmesine olanak sağlamıştır. Bu kompozit rezinlerden birisi de Filtek Silorane'in deneysel kompoziti olarak üretilen Hermes'tir. Son zamanlarda piyasaya sürülmesi nedeniyle literatürde, Filtek Silorane'a ait mikrosızıntının ve kenar uyumunun değerlendirildiği çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle deneysel kompozitin mikrosızıntı açısından incelendiği Yamazaki ve arkadaşlarının (2006) çalışmasının sonuçları ile çalışmamızda kullanılan Filtek Silorane'a ait sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Polimerizasyon büzülmesi düşük kompozit rezinlerin Sınıf I kavitelerdeki mikrosızıntılarının değerlendirildiği bir çalışmada, bir hibrit kompozit rezin (Tetric Ceram) ve bir nanofil kompozit rezin (Filtek Supreme) ile siloran rezin Hermes karşılaştırılmıştır (Yamazaki et al., 2006). İstatistiksel değerlendirme sonucunda Hermes'e ait saptanan sıra ortalamasının (58.75), test edilen diğer kompozit rezinlerden daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Çalışmamızda da sıra ortalaması 64.33 olarak tespit edilen Filtek Silorane, okluzalde düşük mikrosızıntı gösteren kompozit rezinler arasındadır. Çalışmamızdaki bu sonuçlar, kavite kenarlarının sadece minede olduğu Sınıf I kaviteyi kullanan ve 200.000 kez mekanik yükleme uygulayan Yamazaki ve arkadaşlarının çalışması ile uyumludur.

Bununla beraber, Bagis ve arkadaşlarının (2009) yaptığı araştırmada, Filtek Silorane ile yapılan Sınıf II restorasyonlarda, gerek okluzal kenarlarda gerekse gingival kenarlarda hiç mikrosızıntı gözlenmediği rapor edilmiştir (0 skoru; % 100). Çalışmamızda Filtek Silorane için okluzalde mikrosızıntı gözlenmeyen restorasyonların yüzdesi 32.5 iken gingivalde 11.3 olarak belirlenmiştir (Tablo 8 ve 9). Filtek Silorane'in çalışmamızda elde edilen sonuçları, bu çalışma ile uyumlu

bulunmamıştır. İki çalışma bulgularının arasındaki fark; kullanılan yaşlandırma yönteminin ve kavite tipinin farklı olmasına bağlanabilir. Bu durumda, polimerizasyon büzülmesi ve streslerini etkileyen faktörler arasında yer alan kavite geometrisinin mikrosızıntı sonuçlarını da etkileyebileceği düşünülebilir.

Hibrit ve Mikrohibrit Kompozit Rezinler

Günümüzde piyasada, üretici firmaların ‘Low Shrinkage Composites’ olarak isimlendirdikleri ve polimerizasyon büzülmesinin % 1.3-1.6 arasında değiştiğini belirttikleri hibrit ve mikrohibrit kompozit rezinler bulunmaktadır (Aelite LS Posterior, Bisco; Aelite LS Packable, Bisco; InTen-S, Ivoclar Vivadent ve ELS, Ceramco). Bu tip kompozit rezinlerin mikrosızıntı açısından değerlendirildiği ve hibrit kompozit rezinler ile karşılaştırıldığı çalışmalarda, hibrit kompozit rezinlerden istatistiksel olarak daha iyi mikrosızıntı değerleri göstermediği rapor edilmiştir (Calherios et al., 2004, Santini and Milia 2004).

Calherios ve arkadaşlarının (2004), tüm kavite kenarları minede olan Sınıf V restorasyonlardaki mikrosızıntıyı değerlendirdikleri çalışmalarında; iki polimerizasyon büzülmesi düşük hibrit kompozit rezin (Aelite LS ve Inten-S) ile, bir mikrohibrit (Filtek Z250) ve bir mikrofil (Heliomolar) kompozit rezin test edilmiştir. Örneklerin herhangi bir yaşlandırma prosedürüne tabi tutulmadığı bu çalışmanın sonucunda; Aelite LS Posterior ve Filtek Z250’ye ait sıra ortalamaları sırasıyla 28 ve 20 olarak bulunmuştur. Aynı materyallerin kullanıldığı çalışmamızda ise okluzal kenarlardaki mikrosızıntı değerleri, Aelite LS Posterior için 71 ve Filtek Z250 için 80 olarak saptanmıştır (Tablo 12). Calherios ve arkadaşlarının çalışmasında bu iki kompozit rezin arasında fark bulunmazken, çalışmamızda Aelite LS Posterior, Filtek Z250’den istatistiksel olarak daha düşük oranda mikrosızıntı göstermiştir. Calherios ve arkadaşlarının bulguları ile uyumlu olmayan bulgularımızın, çalışmamızda kullanılan polimerizasyon büzülmesi yüksek bir mikrohibrit kompozit rezin olan Filtek Z250’ye ait mikrosızıntı değerlerinin ve kenar uyumuna ait skorların yüksek olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızda test edilen iki mikrohibrit kompozit rezinden biri olan, Filtek Z250’nin, okluzal kenarda elde edilen mikrosızıntı değerleri diğer kompozit

rezinlerden istatistiksel olarak fazla idi (Tablo 11ve 12). İstatistiksel analiz sonucu Filtek Z250 ile yapılan restorasyonların yaklaşık % 91’inde kavitelerin okluzal kenarlarında mikrosızıntı saptandı (Tablo 8).

Literatürde bu kompozit rezin ile yapılan mikrosızıntı değerlendirmesine ait farklı sonuçlar bulunmaktadır. Paketlenebilir hibrit kompozit rezinler ile karşılaştırıldığı çalışmalarda, Filtek Z250 ile yapılan ve okluzal kenarlarda mikrosızıntı gözlenen Sınıf II restorasyonların yüzdesinin 6.7 ile 63.3 arasında değiştiği görülmektedir (Tredwin et al., 2005, Cavalcante et al., 2007). Araştırmacılar, kondanse olabilen kompozitler ile Filtek Z250 arasında fark bulunmamasını, restoratif materyalin özelliklerine bağlı olarak değişen ve restorasyon ile diş arasındaki kenar örtülemesini etkileyen stres miktarına bağlamışlardır. Çalışmamızda, üç basamaklı asitlenen ve yıkanan bir adeziv sistem kullanılmasına rağmen okluzalde bu mikrohibrit kompozit ile elde edilen yüksek sızıntı değerleri, polimerizasyon sırasında ortaya çıkan polimerizasyon stresleri nedeniyle meydana gelen kenar aralanmasından kaynaklanabilir. Nitekim, Filtek Z250, çalışmamızda test edilen ve kavite kenarlarında aralanma gösteren kenar uzunluğu yüzdesi en fazla olan kompozit rezinlerden biriydi (Tablo 7).

Çalışmamızda Filtek Z250’nin, Sınıf V kavitelerin gingival kenarlarında gösterdiği mikrosızıntı değerleri ile test edilen diğer kompozit rezinlerin mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark saptanmadı (Tablo 11ve 12). Filtek Z250 ile yapılan restorasyonların yaklaşık % 57’sinde gingival kenarlarda mikrosızıntı gözlemlendi (Tablo 9).

Cavalcante ve arkadaşlarının (2007), Sınıf II restorasyonlarda mikrosızıntıyı değerlendirdikleri ve iki paketlenebilir hibrit kompozit rezin ile Filtek Z250’nin karşılaştırıldığı çalışmalarında, materyallerin gingival kenarlarda gösterdiği sonuçlar benzer bulunmuştur. Bu çalışmada Filtek Z250 ile yapılan restorasyonların yaklaşık % 60’ında gingivalde mikrosızıntı saptanmıştır. Benzer şekilde, Filtek Z250 ile bir paketlenebilir kompozit rezinin mikrosızıntılarının değerlendirildiği diğer çalışmada, Sınıf II restorasyonların gingival kenarlarında materyaller arasında fark bulunmamıştır (Tredwin et al., 2005). Bu çalışmanın sonucunda Filtek Z250 ile yapılan restorasyonların % 63.3’ünde gingivalde mikrosızıntı saptanmıştır. Sonuçlarımız, her iki çalışma ile uyumlu bulunmuştur.

Sadeghi'nin (2009); Sınıf II restorasyonlarda akışkan kompozitlerin mikrosızıntı üzerine etkisini incelediği çalışmasında, bir nanofil kompozit rezin (Filtek Supreme) ile karşılaştırılan Filtek Z250'nin gingival kenarda gösterdiği mikrosızıntı skorlarına ait ortalama 1.75 olarak bulunmuştur. Çalışmamızda da gingival basamağın dentinde sonlandığı Sınıf V kaviteelerde, gingival kenara ait 1.4 olarak saptanan mikrosızıntı skor ortalaması, bu çalışmadan daha düşüktür.

Kavite Kenarlarının Lokalizasyonu

Restoratif materyallerin mikrosızıntı açısından değerlendirildiği durumlarda kavite sınırlarının lokalizasyonu önem taşımaktadır. Restorasyon kenarlarının mine, dentin veya sement gibi farklı diş sert dokularında sonlanması, mikrosızıntı sonuçlarını etkilemektedir (Wahab et al., 2003). Okluzal duvarın minede, gingival duvarın dentin veya sementte lokalize olduğu Sınıf V kaviteelerde yapılan mikrosızıntı çalışmaları arasında, gingivaldeki kenarda gözlenen mikrosızıntının okluzaldeki kenarda gözlenen mikrosızıntıdan daha fazla olduğunu rapor eden çalışmaların sayısı oldukça fazladır (Jang et al., 2001, Wahab et al., 2003, Pongprueksa et al., 2007, Arisu et al., 2008, Bagheri and Ghavamnasiri 2008, Gerdolle et al., 2008, Korkmaz et al., 2010). Bununla birlikte, gingival basamağı mine-sement sınırının altında bulunmasına rağmen, okluzal ve gingival duvarlardaki mikrosızıntı sonuçları arasında fark olmadığını (Hegde et al., 2009) veya okluzaldeki kenarda gözlenen mikrosızıntının gingivaldekinden daha fazla olduğunu bildiren araştırmalar da bulunmaktadır (Hakimeh et al., 2000).

Çalışmamızdaki Sınıf V kaviteeler, okluzal duvarı mine dokusunda, mine-sement sınırının 1 mm altında olacak şekilde prepare edilen gingival duvar ise sement dokusunda yer alacak şekilde hazırlandı (Resim 3). Test edilen tüm materyaller için, okluzal ve gingivaldeki mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında, gingivaldeki kenarlarda daha fazla mikrosızıntının meydana geldiği ve okluzal ve gingivaldeki sızıntı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu saptandı (Tablo 13). Bulgularımız, yukarıda bahsedilen araştırmaların sonuçları ile uyumludur. Bununla birlikte, her bir materyalin okluzal ve gingivalde elde edilen

sonuçlarının karşılaştırması yapıldığında ise, okluzal ve gingivaldeki mikrosızıntı değerleri arasında istatistiksel bir fark saptanmayan kompozit rezinler de bulunmaktadır (Tablo 12).

Gingival bölgede mikrosızıntının daha fazla olmasının nedenlerinden birisinin, dentin dokusu ve restoratif materyalin termal genleşme katsayıları arasındaki fark olduğu söylenebilir (Hakimeh et al., 2000). Dentin ile kompozit rezin arasındaki termal ekspansiyon katsayısı farkının, mine ile kompozit rezin arasındaki farktan daha fazla olduğu bildirilmiştir (Wahab et al., 2003). Bu durumun, klinik koşullarda ağız içinde veya laboratuvar çalışmalarında termal siklus sırasında oluşan sıcaklık değişimleri sonucu, gingival kenardaki mikrosızıntının okluzale oranla daha fazla olmasında ilave bir faktör olabileceği savunulmaktadır (Hakimeh et al., 2000, Wahab et al., 2003).

Gingival bölgede mikrosızıntının daha fazla olmasının bir diğer nedeni, dentin dokusunun yapısı ile ilişkili olabilir (Arisu et al., 2008). Mine, içeriğinin % 90'dan fazlası hidroksiapatit olan yüksek oranda mineralize bir dokudur. Dentin ise; mineral, organik bileşenler (kollajen fibriller) ve dentin lenfini içeren dentin tübüllerini yapısında bulduran bir dokudur (Loguercio et al., 2004, Rosales-Leal 2007, Arisu et al., 2008). Dentinin organik içeriği ve tübüler yapısı, dentin tübülleri içindeki odontoblast uzantıları, dışa doğru olan bir sıvı akışı ile yüzeyinin devamlı nemli olması, değişken bir mineralizasyon derecesine sahip olması gibi faktörlerin bu dokuya bağlanmayı zorlaştırdığı rapor edilmiştir (Balkenhol et al., 2007, Arisu et al., 2008). Bununla birlikte servikal bölgede, dentin derinliği ile tübüllerin sayısı artmakta, intertübüler dentin miktarı düşmektedir. Pulpa odası yakınlarındaki intertübüler dentinin hacminin azalmasının, rezin-dentin bağlanma dayanımında temel olarak sorumlu olan intertübüler alandaki bağlanmanın azalmasına yol açtığı bildirilmiştir (Li et al., 2006). Buna ek olarak, servikal bölgede sement dokusunun da bulunması söz konusu olabilir. Dentin kadar sement de karmaşık bir yapıya sahiptir. Sementin dış tabakası hipomineralizedir. Bu durumun asitleme sonrasında bile adeziv materyaller için mikroretansiyon sağlayamadığı belirtilmiştir (Loguercio et al., 2004).

Bunlara ek olarak, adeziv sistemlerin dentindeki bağlanma dayanımının düşük olmasının, kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesi sırasında oluşan streslere

karşı koymak için yeterli olmadığı rapor edilmiştir (Arisu et al., 2008). Bunun sonucunda, polimerizasyon reaksiyonu sırasında oluşan stresler ile, materyalin dentin dokusundan ayrılması, mine dokusundan ayrılmasına oranla, daha kolay gerçekleşebilmektedir (Starr 2001).

Çalışmamızda, üç basamaklı asitlenen ve yıkanan bir adeziv sistem (Adper Scotchbond Multipurpose) kullanılmasına rağmen, yukarıda belirtilen nedenlerin çalışmamızın sonuçlarında da etkili olduğu görülmüştür.

Yapılan *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda, diğer adeziv sistemler ile karşılaştırıldığında, mine ve dentindeki bağlanma dayanımlarının, daha iyi olduğu saptanan üç basamaklı asitlenen ve yıkanan adeziv sistemler, altın standart olarak kabul edilmektedir (Van Meerbeek et al., 2005). Bununla birlikte, yaşlandırma işlemleri sonucunda, bu adeziv sistemlerin de bağlanma dayanımlarının düştüğü rapor edilmiştir (De Munck et al., 2005).

Adezivlerin ömrünü *in vitro* şartlarda değerlendirmek üzere kullanılan bir çok test yöntemi bulunmaktadır (De Munck et al., 2005). Bu çalışmalarda, daha kolay bir yöntem olması nedeniyle, genellikle diş ile restorasyon arasındaki bağlanmanın kimyasal olarak degradasyona uğradığı suda bekletme yöntemi tercih edilmektedir (Armstrong et al., 2003, De Munck et al., 2003, Hashimoto et al., 2003). Bununla beraber mekanik ve kimyasal degradasyon mekanizmalarının bir arada bulunmasının, suda bekletmeye oranla, adeziv bağlanma için daha etkin bir yaşlandırma yöntemi olduğu bildirilmektedir (De Munck et al., 2004).

Çalışmamızda kullanılan Adper Scotchbond Multipurpose'ın suda bekletme yöntemi ile yaşlandırma işlemi sonrası, bağlanma dayanımının olumsuz yönde etkilendiğini bildiren araştırmalar da bulunmaktadır (Hashimoto et al., 2003, De Munck et al., 2005). Dentin ile kompozit rezin arasındaki bağlanmanın degradasyonunun *in vitro* olarak değerlendirildiği bir çalışmada, Scotchbond Multipurpose'ın 1 yıl suda bekletilen örneklerinin bağlanma dayanımı değerlerinin, yaşlandırma öncesindeki değerlerine oranla istatistiksel olarak önemli ölçüde düştüğü bildirilmiştir (Hashimoto et al., 2003). Benzer şekilde, Krejci ve arkadaşlarının (1994), Sınıf V restorasyonlarda üç aşamalı asitlenen ve yıkanan adeziv sistemleri değerlendirdikleri çalışmalarında, Scotchbond Multipurpose

kullanmışlar ve 3.000 kez termosiklus ve 1.200.000 kez mekanik yükleme sonucunda, adezivın bağlanma etkinliğinin düştüğünü rapor etmişlerdir.

Aynı adeziv ile yapılan restorasyonların, mikrosızıntı açısından değerlendirildiği çalışmamızın sonuçları ise yaklaşık olarak termosiklus ile 6 ay ve mekanik yükleme ile 1 yıllık bir yaşlandırma işleminin sonucunda elde edilen değerlerdir. Çalışmamızda genel olarak, adeziv sistemin mineye olan bağlantısının dentindekinden daha başarılı olduğu ve minenin bulunduğu okluzal kenarlarda mikrosızıntı açısından daha iyi sonuçların alındığı saptanmıştır. Bu durum, mikrosızıntı sonuçlarının, yaşlandırma sonucu adeziv sistemlerin diş sert dokularına olan bağlanma dayanımlarındaki azalmaya bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Üç aşamalı asitlenen ve yıkanan adeziv sistemlerin, çürüksüz Sınıf V lezyonlardaki etkinliğini değerlendiren 1998 ile 2004 yılları arasındaki klinik çalışmaların incelendiği bir derlemede, üç aşamalı asitlenen ve yıkanan adeziv sistemlerin kabul edilebilir ve iyi bir klinik performans gösterdiği rapor edilmiştir (Peumans et al., 2005). Buna ek olarak 2010 yılında yapılan ve çürüksüz Sınıf V lezyonlarda üç aşamalı asitlenen ve yıkanan adeziv sistemlerin değerlendirildiği klinik bir araştırmada, 13 yıllık takip sonrası adeziv sistemler ile kompozit rezin arasındaki bağlanmanın bozunmasının, küçük fakat klinik açıdan kabul edilebilir marjinal defektler ve yüzeyel marjinal renklenmelerin artışı ile karakterize olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte 13 yıl sonra bu adeziv sistemler ile kullanılan kompozit rezin kombinasyonlarının klinik etkinliğinin yüksek oranda kabul edilebilir olduğu da rapor edilmiştir (Peumans et al., 2010).

Buradan da anlaşılacağı gibi, laboratuvar koşullarında belirlenen değerlerin daha iyi yorumlanabilmesi için *in vivo* çalışmalar ışığında değerlendirilmesi ve klinik çalışmalara temel oluşturan laboratuvar çalışmalarının *in vivo* çalışmalar ile desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır (De Munck et al., 2005).

Tablo 14. Çalışmamızda kullanılan nanokompozit ve siloran rezinlerde mikrosızıntıyı değerlendiren *in vitro* araştırmaların listesi.

| Kaynak | Test Yöntemi | Yaşlandırma, Siklus sayısı | Kavite | Kompozit Resin |
|-------------------------|-----------------------|--|------------|--|
| Kam, 2010 | Boya penetrasyon, SEM | Termosiklus, 5.000 Mekanik yükleme, 60.000 | Sınıf V | Grandio, Clearfil Majesty Posterior, Premise, Tetric Evo Ceram, Ceram-X, Reflexions, Filtek Silorane, Filtek Z250, Aelite LS Posterior |
| Al-Boni et al., 2010 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 200 | Sınıf I | Filtek P90 (Silorane), Filtek Z250, Amelogen Plus |
| Korkmaz et al., 2010 | Boya penetrasyon, SEM | Termosiklus, 500 | Sınıf V | Ceram-X, Tetric Evo Ceram, Clearfil Majesty Esthetic |
| Bagis et al., 2009 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 1.000 | MOD | Grandio, Filtek Silorane |
| Hegde et al., 2009 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 250 | Sınıf V | Filtek Z350, Ceram-X, Synergy D6 |
| Majeed et al., 2009 | Boya penetrasyon | Termosiklus | Sınıf II | Premise, Grandio, Ceram-X, Z100 |
| Sadeghi, 2009 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 1.500 | Sınıf I+II | Filtek Supreme, Filtek Z250 |
| Bagheri et al., 2008 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 2.000 | Sınıf V | Tetric Evo Ceram, Tetric Flow |
| Heintze et al., 2008 | Boya penetrasyon, SEM | Termosiklus, 3.000 Mekanik yükleme, 1.200.000 | MOD | Tetric Evo Ceram |
| Ozel et al., 2008 | Boya penetrasyon | Termosiklus | MOD | Tetric Evo Ceram, Filtek Z250, Ceram-X, Filtek Supreme XT |
| Cavalcante et al., 2007 | Boya penetrasyon | - | Sınıf II | Filtek Z250, Surefil, Tetric Ceram |
| Korkmaz et al., 2007 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 500 | Sınıf II | Grandio, Aelite LS Packable, Solitaire 2, Admira |
| Manhart et al., 2007 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 2.000 Mekanik yükleme, 50.000 | Sınıf II | Tetric Evo Ceram, Filtek Z250, Ceram-X |
| Yamazaki et al., 2006 | Boya penetrasyon | Mekanik yükleme, 200.000 | Sınıf I | Hermes, Filtek Supreme, Tetric Ceram |
| Yalcin et al., 2006 | Boya penetrasyon | Termosiklus, 1.000 | Sınıf V | Grandio, Filtek Supreme, Artemis |

Aralık 2010’da PubMed veritabanında, anahtar kelime olarak ‘microleakage’ ve kompozit rezinin ticari ismi kullanılarak, son beş yıl içinde (2005-2010) yayınlanmış olan makalelerin taranması ile hazırlanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Termal siklus ve mekanik yükleme uygulanmış olan kompozit restorasyonlardan elde edilen epoksi replikaların taramalı elektron mikroskobu ile yapılan morfolojik analizleri sonucunda, test edilen tüm materyallerde, kompozit rezin ile kavite kenarı arasında devamlılık göstermeyen geçişlerin ve aralanmaların bulunduğu alanlar gözlemlendi. Bu alanlarda taramalı elektron mikroskobu kullanılarak yapılan uzunluk ölçümleri sonucunda, restorasyon ile kavite kenarı boyunca aralanmanın en fazla olduğu kompozit rezin materyallerden ikisinin Ceram-X ve Filtek Silorane olduğu saptandı. Çalışmamızda ilginç olarak saptanan bir sonuç, test edilen materyaller içerisinde polimerizasyon büzülmesi en düşük kompozit rezin olan Filtek Silorane (hacimce % 0.9) ile en yüksek kompozit rezinlerden biri olan Ceram-X (hacimce % 2-2.5) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması idi. Ayrıca, test edilen diğer nanohibrit kompozitler Reflexions, Clearfil Majesty Posterior, Tetric Evo Ceram, Premise ve hibrit kompozit rezin Aelite LS Posterior da kenar uyumu açısından benzer sonuçlar gösterdi. Çalışmamızdan elde edilen bu sonuçlara göre;

- restorasyon yapımından sonra yaşlandırma işlemini takiben, kavite kenarları ile arasındaki devamlılığın ve uyumun bozulmadığı bir kompozit rezin materyalinin olmadığı,

- hacimce polimerizasyon büzülmesi düşük bir kompozit rezin (% 2'nin altında) ile yapılan bir restorasyonda, polimerizasyon büzülmesi yüksek bir kompozit rezin (% 2-2.5) ile yapıldığına göre, kavite ile restoratif materyal arasında daha az aralanma meydana geleceği anlamına gelmediği,

- günümüzde piyasada mevcut ve polimerizasyon büzülmesi % 1.4 ile % 2.5 arasında değiştiği bildirilen nanohibrit veya mikrohibrit kompozit rezinlerde, hacimce polimerizasyon büzülmesi oranlarındaki bu farkın, kompozit rezin materyallerin kavite kenarlarındaki uyumunu etkileyen başlıca faktör olmadığı söylenilebilir.

2. Termal siklus ve mekanik yükleme uygulanmış olan kompozit restorasyonların bazik fuksin ile boya penetrasyon testi sonrası, stereomikroskop ile mikrosızıntı açısından değerlendirilmesi sonucunda, Sınıf V kaviteilerin minede lokalize

okluzaldeki kenarlarında gözlenen mikrosızıntının en fazla olduğu kompozit rezinlerin Grandio (nanohibrit) ve Filtek Z250 (mikrohibrit) olduğu saptandı. Okluzaldeki mikrosızıntı sonuçları arasında istatistiksel fark bulunmayan bu iki kompozit rezinin, kavite kenarlarında en fazla aralanma gösteren kompozit rezinler arasında yer aldığı ve kenar uyumu açısından değerlendirildiğinde de aralarında istatistiksel bir fark bulunmadığı belirlendi. Okluzalde en az mikrosızıntı gösteren nanohibrit kompozitler Tetric Evo Ceram, Clearfil Majesty Posterior ve hibrit kompozit rezin Aelite LS Posterior'un aynı zamanda kenar uyumu açısından da benzer sonuçlar verdiği tespit edildi. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde ise, bu materyaller arasında da hem mikrosızıntı hem de kenar uyumu açısından bir fark belirlenmedi.

Sınıf V kaviteilerin, dentinde lokalize gingivaldeki kenarlarında gözlenen mikrosızıntı açısından değerlendirildiğinde, test edilen dokuz adet farklı kompozit rezine ait mikrosızıntı sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Ayrıca, kullanılan bütün materyaller göz önüne alınarak, okluzal ve gingivaldeki kenarlara ait mikrosızıntı değerleri karşılaştırıldığında, gingivalde meydana gelen mikrosızıntının okluzaldekine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla olduğu saptandı. Çalışmamızdan elde edilen bu sonuçlara göre;

- çalışmamızda incelenen restoratif materyallerin tümünün, termal siklus ve mekanik yükleme ile yaşlandırma işlemleri sonrasında, Sınıf V restorasyonlarda okluzaldeki ve gingivaldeki kenarlarda mikrosızıntıyı tamamen elimine edemediği,

- restorasyon ile kavite arasında meydana gelen mikrosızıntının, kompozit rezin materyalinin fiziksel ve mekanik özelliklerine ve kimyasal yapısı ve içeriğindeki bileşenlerine ait bir çok faktörden etkileneceği,

- kavite sınırlarının lokalizasyonunun, kullanılan kompozit rezinin tipi ve yapısal içeriğine bakılmaksızın, mikrosızıntı sonuçlarında etkili bir faktör olduğu söylenilebilir.

3. Okluzal duvarın minede, gingival duvarın dentin veya sementte lokalize olduğu Sınıf V kavitelere yapılan ve gingivaldeki kenarda gözlenen mikrosızıntının

okluzaldeki kenarda gözlenenden daha fazla olduğunu rapor eden çalışmaların sonuçları ile uyumlu bulunan çalışmamıza göre, dentin dokusunun yapısı nedeniyle adeziv sistemlerin bağlanması gingival bölgede daha zor olduğu söylenilebilir.

Buna göre; polimerizasyon reaksiyonu sırasında oluşan stresler ile, materyalin dentin dokusundan ayrılmasının, mine dokusundan ayrılmasına oranla daha kolay gerçekleşeceği ve mikrosızıntının bu bölgelerde daha fazla olacağı düşünülmektedir.

4. Çalışmamızda elde edilen bir diğer sonuç, bulgularımızın, çalışmamızdakine benzer şekilde Sınıf V kavitelere, üç basamaklı asitlenen ve yıkanan adezivler ve benzer kompozit rezinler ile yapılan restorasyonlara, çalışmamızdakinden farklı olarak daha düşük siklus sayısında ve sadece termal siklus veya mekanik yükleme ile yaşlandırma uygulandıktan sonra mikrosızıntının değerlendirildiği, literatürdeki çalışmaların bulguları ile karşılaştırıldığında, daha yüksek olduğudur.

Buna göre; yaşlandırma yöntemi olarak sadece termal siklus veya sadece mekanik yükleme uygulanmasının ve/veya siklus sayısının daha az olmasının, restorasyon ile kavite arasındaki bağlanmanın bozulmasında ve böylelikle kenar aralanmasının ve mikrosızıntının meydana gelmesinde daha etkili olduğu ve daha agresif bir yaşlanmaya neden olduğu söylenilebilir.

5. Çalışmamızda belirlenen amaçlardan birisi olmadığı için aralarında herhangi bir istatistiksel değerlendirme yapmadığımız SEM analizi ile bazik fuksin kullanılarak elde edilen boya penetrasyonu sonuçları açısından kompozit rezin materyaller arasındaki benzerlik, çalışmamızda elde edilen diğer ilginç bir sonuçtur.

Literatürde, kenar uyumu ile mikrosızıntı sonuçları arasındaki korelasyon hakkında henüz bir fikir birliğinin olmaması, bu konuda yapılması gereken araştırma konularından birisini oluşturmaktadır.

6. Çalışmamızda, piyasada mevcut ve son geliştirilen polimerizasyon büzülmesi düşük kompozit rezinlerin Sınıf V kavitelere kenar uyumu ve mikrosızıntı açısından birbirleriyle karşılaştırması yapılmış ve farklı tipte kompozit rezinlerin kullanılmasıyla geniş kapsamlı sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan bu araştırma, hem teknolojiye bağlı olarak geliştirilecek olan daha modern test yöntemleri kullanılarak mikrosızıntının değerlendirileceği *in vitro* araştırmalar için, hem de kenar uyumunun ve klinik mikrosızıntının değerlendirileceği *in vivo* araştırmalar için bir temel oluşturacaktır.

ÖZET

Polimerizasyon Büzülmesi Düşük Kompozit Rezinlerin Mikrosızıntı ve Kenar Uyumu Açısından *In Vitro* Olarak Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı; polimerizasyon büzülmesi düşük farklı tip kompozit rezinler ile yapılan Sınıf V restorasyonların, kenar uyumunun taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmesi ve boya penetrasyon yöntemi ile mikrosızıntı açısından değerlendirilmesidir.

Çalışmamızda; altı nanohibrit (Grandio, Clearfil Majesty Posterior, Premise, Tetric Evo Ceram, Ceram-X Duo, Reflexions), iki mikrohibrit (Filtek Silorane, Filtek Z250) ve bir hibrit (Aelite LS Posterior) kompozit rezin kullanıldı. Doksan adet dişin bukkal ve lingual yüzlerine standart Sınıf V kavite açıldı. Restorasyonu tamamlanan dişlere, yaşlandırma amacıyla 5.000 devir termalsiklus (5°C-55°C) ve 60.000 devir mekanik yükleme uygulandı. Restorasyonların kenar uyumu incelemeleri dişlerden elde edilen epoksi örnekler üzerinde yapıldı. Dişlere %0.5'lik bazik fuksin ile mikrosızıntı testi uygulandı. Dişlerden elde edilen kesitler boya penetrasyon derecesi açısından stereomikroskop ile değerlendirildi. İstatistiksel değerlendirme için Kruskal-Wallis Testi ve Mann-Whitney U Testi kullanıldı ($\alpha=0.05$).

SEM ile kalitatif analiz sonucunda, kompozit rezinlerin tümünde restorasyon kenarlarında aralanma gözlenmiştir. Kantitatif analiz sonucunda, restorasyon kenarlarında en fazla aralanma yüzdesi Ceram-X Duo (% 27.7) ve Filtek Silorane'da (% 26.5) saptanmıştır. Bu iki kompozit rezin arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Restorasyon kenarlarında aralanmanın en az oranda görüldüğü kompozit rezinler ise Reflexions (%7.5), Clearfil Majesty Posterior (% 8.3), Tetric Evo Ceram (% 12.0) Aelite LS Posterior (% 12.0) ve Premise (%13.7) olarak bulunmuştur. Bu kompozit rezinler arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Mikrosızıntı testi sonuçlarına göre, gingival kenarda kompozit rezinler arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Okluzal kenarda en fazla mikrosızıntı Filtek Z250 ve Grandio'da gözlenmiş ve aralarında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). En az mikrosızıntı; Aelite LS Posterior, Tetric Evo Ceram, Clearfil Majesty Posterior'da gözlenmiş ve aralarında fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Bu çalışmanın sınırları içinde, kompozitlerin polimerizasyon büzülmesinin, restorasyonların kavite kenarlarındaki uyumunu ve mikrosızıntısını etkileyen başlıca faktör olmadığı söylenilebilir. Kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile kimyasal yapısı ve içeriği restorasyonların kenar kalitesini etkileyen diğer faktörlerdir.

Anahtar kelimeler: Sınıf V kavite, kompozit rezin, mikrosızıntı, kenar uyumu, polimerizasyon büzülmesi, taramalı elektron mikroskop.

ABSTRACT

In Vitro Evaluation of Microleakage and Marginal Adaptation of Composite Resins with Low Polymerization Shrinkage

The aim of this study is to analyse the marginal adaptation of Class V restorations performed with various composites with low polymerization shrinkage using a scanning electron microscopy (SEM) and to evaluate microleakage via dye penetration method.

Six nanohybrid (Grandio, Clearfil Majesty Posterior, Premise, Tetric Evo Ceram, Ceram-X Duo, Reflexions), two microhybrid (Filtek Silorane, Filtek Z250) and one hybrid (Aelite LS Posterior) composites were used for this study. Standard Class V cavities were prepared on the buccal and lingual surfaces of ninety teeth. Restored teeth were subjected to thermal cycle and mechanical loading (5.000 and 60.000 cycles, respectively) for the purpose of aging. The examinations of restorations' margins were performed on the epoxy samples of the teeth. Microleakage test was applied using 0.5% basic fuchsin. The analyses of dye penetration degree of obtained cross-sectional samples were evaluated using stereomicroscope. Kruskal-Wallis and Mann-Whitney U Tests were used for statistical analysis ($\alpha=0.05$).

The gap in all composite restorations' margins was observed as a result of qualitative SEM analysis. As a result of quantitative analysis, the highest gap percentage in the restorations' margins was determined in Ceram-X Duo (% 27.7) and Filtek Silorane (% 26.5). There was no significant difference between them ($p>0.05$). Reflexions (%7.5), Clearfil Majesty Posterior (% 8.3), Tetric Evo Ceram (% 12.0), Aelite LS Posterior (% 12.0) and Premise (%13.7) were the composite with the lowest gap in the restorations' margins. No significant difference was detected ($p>0.05$).

According to the microleakage test results, there was no significance ($p>0.05$) among the composites at the gingival margin. The highest microleakage at the occlusal margin was observed in Filtek Z250 and Grandio, non significance as well ($p>0.05$). The lowest microleakage was detected in Aelite LS Posterior, Tetric Evo Ceram and Clearfil Majesty Posterior and the difference was not significant ($p>0.05$).

Within the limits of this study, it might be determined that polymerization shrinkage of composites is not the main factor affecting marginal adaptation and microleakage of restorations. The physical and mechanical behaviours, chemical structure and composition of the composites are also the other factors influencing the mentioned marginal quality.

Key Words: Class V cavity, composite resin, microleakage, marginal adaptation, polymerization shrinkage, scanning electron microscopy.

KAYNAKLAR

ADA Acceptance Program Guidelines " Dentin and Enamel Adhesive Materials" 2001.

Aguiar FHB, Santos AJS, Frana FMG, Paulillo LAMS, Lovadino JR. A quantitative method of measuring the microleakage of thermocycled or non-thermocycled posterior tooth restorations. *Oper Dent* 2003; 28(6): 793-799.

Alani AH, Toh CG. Detection of microleakage around dental restorations: A review. *Oper Dent* 1997; 22: 173-185.

Al-Boni R, Raja OM. Microleakage evaluation of silorane based composite versus methacrylate based composite. *J Conserv Dent* 2010; 13(3): 152-155.

Alonso RCB, Correr GM, Cunha LG, Borges AFS, Rontani RMP, Sinhoreti MAC. Dye staining gap test: An alternative method for assessing marginal gap formation in composite restorations. *Acta Odontol Scand* 2006; 64: 141-145.

Altun C. Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. *Gülhane Tıp Dergisi* 2005; 47(1): 77-82.

Amaral CM, Peris AR, Ambrosano GMB, Primenta LAF. Microleakage and gap formation of resin composite restorations polymerized with different techniques. *Am J Dent* 2004; 17(3): 156-160.

Anusavice KJ. Restorative Resins. In: *Philips' Science of Dental Materials*. 9th Ed., Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1996: p. 273-299.

Arisu HD, Ütaslı MB, Eligüzeloğlu E, Özcan S, Ömürlü H. The effect of occlusal loading on the microleakage of class V restorations. *Oper Dent* 2008; 33(2): 135-141.

Armstrong SR, Vargas MA, Fang Q, Laffoon JE. Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. *J Adhes Dent* 2003; 5(1): 47-56.

Awliya WY, El-Shan AM. Leakage pathway of class V cavities restored with different flowable resin composite restorations. *Oper Dent* 2008; 33(1): 31-36.

Ayyıldız S, Uyar A, Yüzüğüllü B. Dişhekimliğinde mikrosızıntı ve inceleme yöntemleri. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.* 2009; 19(3): 219-226.

Bagis YH, Baltacioglu IH, Kahyaogullari S. Comparing microleakage and the layering methods of silorane-based resin composite in wide class II MOD cavities. *Oper Dent* 2009; 34(5): 578-585.

Bagheri R, Tyas MJ, Burrow MF. Subsurface degradation of resin-based composites. *Dent Mater* 2007; 23: 944-951.

Bagheri M, Ghavamnasiri M. Effect of cavosurface margin configuration of class V cavity preparations on microleakage of composite resin restorations. *J Contemp Dent Pract* 2008; 9(2): 1-8.

Balkenhol M, Huang J, Wöstmann B, Hanning M. Influence of solvent type in experimental dentin primer on the marginal adaptation of class V restorations. *J Dent* 2007; 35: 836-844.

Bayne SC. Dental biomaterials: Where are we and where are we going?. *J Dent Educ* 2005; 69(5): 571-583.

Bayne SC, Thompson JY, Taylor DF. Dental Materials. In: *Sturdevant's Art&Science of Operative Dentistry*. Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ, Eds. 4th Ed., USA: Mosby, 2002: p. 190-207.

Bedran-de-Castro AKB, Pereira PNR, Pimenta LAF, Thompson JY. Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. *Oper Dent* 2004; 29(2):150-156.

Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater* 2007; 23: 51-59.

Boaro LCC, Gonçalves F, Guimaraes TC, Ferracane JL, Versluis A, Braga RR. Polymerization stress, shrinkage and elastic modulus of current low-shrinkage restorative composites. *Dent Mater* 2010; 26(12): 1144-1152.

Braga RR, Boaro LCC, Kuroe T, Azevedo CLN, Singer JM. Influence of cavity dimensions and their derivatives (volume and 'C' factor) on shrinkage stress development and microleakage of composite restorations. *Dent Mater* 2006; 22: 818-823.

Calheiros FC, Sadek FT, Braga RR, Cardoso PEC. Polymerization contraction stress of low-shrinkage composites and its correlation with microleakage in class V restorations. *J Dent* 2004; 32: 407-412.

Campos P, Barceleiro MO, Sampaio-Filho HR, Martins LRM. Evaluation of the cervical integrity during occlusal loading of class II restorations. *Oper Dent* 2008; 33(1): 59-64.

Cavalcante LMA, Peris AR, Ambrosano GMB, Ritter AV, Pimenta LAF. Effect of photoactivation systems and resin composite on the microleakage of esthetic restorations. *J Contemp Dent Pract* 2007; 8(2): 70-79.

Craig RG. Polymers and Polymerization. In: *Restorative Dental Materials*. Craig RG, Ward ML, Eds. 10th Ed., USA: Mosby, 1996: p. 127-136.

Davis N. A nanotechnology composite. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24: 662-667.

Dauvillier BS, Aarnts MP, Feilzer AJ. Developments in shrinkage control of adhesive restoratives. *J Esthet Dent* 2000; 12(6): 291-299.

De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Suzuki K, Lambrechts P, Vanherle G. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. *J Dent Res* 2003; 82(2): 136-140.

De Munck J, Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Suzuki K, Lambrechts P. Four-year water degradation of a resin-modified glass-ionomer adhesive bonded to dentin. *Eur J Oral Sci* 2004; 112(1): 73-83.

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *J Dent Res* 2005; 84(2): 118-132.

Duarte S, Dinelli W, Carmona da Silva MH. Influence of resin composite insertion technique in preparations with a high c-factor. *Quintessence Int* 2007; 38: 829-835.

Duarte S, Botta AC, Phark J, Sadan A. Selected mechanical and physical properties and clinical application of a new low-shrinkage composite restoration. *Quintessence Int* 2009; 40(8): 631-638.

Eick JD, Smith RE, Pinzino CS, Kostoryz EL. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. *J Dent* 2006; 34: 405-410.

Erdilek D, Dörter C, Koray F, Kunzelman KH, Efes BG, Gomec Y. Effect of thermo-mechanical load cycling on microleakage in class II ormocer restorations. *Eur J Dent* 2009; 3: 200-206.

Ernst CP, Galler P, Willershausen B, Haller B. Marginal integrity of class V restorations: SEM versus dye penetration. *Dent Mater* 2008; 24: 319-327.

Eroğlu E, Baydır A. Diş hekimliğinde termal siklus uygulamaları. *Akademik Dental Dişhekimliği Dergisi* 2010; 11(1-2): 54-63.

Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations. *Dent Mater* 1990; 6(3): 167-171.

Ferracane JL. Current trends in dental composites. *Crit Rev Oral Biol Med* 1995; 6(4): 302-318.

Frankerberger R, Tay FR. Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: Effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dent Mater* 2005; 21: 397-412.

Fortin D, Vargas MA. The spectrum of composites: New techniques and materials. *J Am Dent Assoc* 2000; 131: 26-30.

Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999; 27: 89-99.

Garcia AH, Lozano MAM, Vila JC, Escribano AB, Galve PF. Composite resins. A review of the materials and clinical indications. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2006; 11: 215-220.

Gerdolle DA, Mortier E, Droz D. Mikroleakage and polimerization shrinkage of various polymer restorative materials. *J Dent Child* 2008; 75: 125-133.

Gjorgievska E, Nicholson JW, Iljovska S, Slipper IJ. Marginal adaptation and performance of bioactive dental restorative materials in deciduous and young permanent teeth. *J Appl Oral Sci* 2008; 16(1): 1-6.

Gürmen S, Ebin B. Nanopatiküller ve üretim yöntemleri-1. *Metallurji* 2008; 150: 31-38.

Haak R, Wicht MJ, Noack MJ. Marginal and internal adaptation of extended class I restorations lined with flowable composites. *J Dent* 2003; 31: 231-239.

Hashimoto M, Ohno H, Sano H, Kaga M, Oguchi H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. *Biomaterials* 2003; 24(21): 3795-3803.

Hakimeh S, Vaidyanathan J, Houpt ML, Vaidyanathan TK, Von Hagen S. Microleakage of compomer class V restorations: Effect of load cycling, thermal cycling and cavity shape differences. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 194-203.

Hegde MN, Vyapaka P, Shetty S. A comparative evaluation of micoleakage of three different newer direct composite resins using a self etching primer in class V cavities: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2009; 12(4): 160-163.

Heintze SD. Systematic Reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *J Adhes Dent* 2007; 9: 77-106.

- Heintze S, Forjanic M, Cavalleri A. Mikroleakage of class II restorations with different tracers – comparison with sem quantitative analysis. *J Adhes Dent* 2008; 10(4): 259-267.
- Hilton TJ. Direct Posterior Esthetic Restorations. In: *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, Eds. 2nd Ed., Singapore: Quintessence Publishing, 2001: p. 261-271.
- Idriss S, Abduljabbar T, Habib C, Omar R. Factors associated with microleakage in class II resin composite restorations. *Oper Dent* 2007; 32(1): 60-66.
- Ilie N, Jelen E, Clementino-Luedemann T, Hickel R. Low-shrinkage composite for dental application. *Dent Mater J* 2007; 26(2): 149-155.
- Ilie N, Hickel R. Silorane-based dental composite: Behavior and abilities. *Dent Mater J* 2006; 25(3): 445-454.
- Jang KT, Chung DH, Shin D, Garcia-Godoy F. Effect of eccentric load cycling on microleakage of class V flowable and packable composite resin restorations. *Oper Dent* 2001; 26: 603-608.
- Jung M, Eichelberger K, Klimek J. Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after one-step and multi-step polishing. *Oper Dent* 2007; 32(4): 347-355.
- Kakaboura A, Rahiotis C, Watts D, Silikas N, Eliades G. 3D-marginal adaptation versus setting shrinkage in light-cured microhybrid resin composites. *Dent Mater* 2007; 23: 272-278.
- Karadağ S. Mikrosızıntı araştırma teknikleri ve mikrosızıntıyı etkileyen faktörler. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak.* 2005; 15(2): 80-87.
- Kim JW, Kim LU, Kim CK. Size control of silica nanoparticles and their surface treatment for fabrication of dental nanocomposites. *Biomacromolecules* 2007; 8(1): 215-222.
- Koray F, Yücel T. Kompozitin ön dişlerde kullanımı. *TDBD* 2002; 71: 16-23.
- Korkmaz Y, Ozel E, Attar N. Effect of flowable composite lining on microleakage and internal voids in class II composite restorations. *J Adhes Dent* 2007; 9: 189-194.
- Korkmaz Y, Ozel E, Attar N, Bicer CO, Firatli E. Microleakage and scanning electron microscopy evaluation of all-in-one self-etch adhesives and their respective nanocomposites prepared by erbium:yttrium-aluminum-garnet laser and bur. *Lasers Med Sci* 2010; 25: 493-502.

- Koyutürk AE, Kusgoz A, Ulker M, Yeşilyurt C. Effects of mechanical and thermal aging on microleakage of different fissure sealants. *Dent Mater* 2008; 27(6): 795-801.
- Kramer N, Reinelt C, Godoy FG, Taschner M, Petschelt A, Frankerberger R. Nanohybrid composite vs fine hybrid composite in extended class II cavities: Clinical and microscopic results after 2 years. *Am J Dent* 2009; 22(4): 228-234.
- Krejci I, Häusler T, Sägesser D, Lutz F. New adhesives in Class V restorations under combined load and simulated dentinal fluid. *Dent Mater* 1994; 10(5): 331-335.
- Kubo S, Yokota H, Sata Y, Hayashi Y. The effect of flexural load cycling on the microleakage of cervical resin composites. *Oper Dent* 2001; 26: 451-459.
- Kubo S, Yokota H, Yokota H, Hayashi Y. Microleakage of cervical cavities restored with flowable composites. *Am J Dent* 2004; 17(1): 33-37.
- Kurokawa R, Finger WJ, Hoffmann M, Endo T, Kanehira M, Komatsu M, Manabe A. Interactions of self-etch adhesives with resin composites. *J Dent* 2007; 35: 923-929.
- Leprince J, Palin WM, Mullier T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Investigating filler morphology and mechanical properties of new low-shrinkage resin composite types. *J Oral Rehabil* 2010; 37: 364-376.
- Li Q, Jepsen S, Albers HK, Eberhard J. Flowable materials as an intermediate layer could improve the marginal and internal adaptation of composite restorations in class V cavities. *Dent Mater* 2006; 22: 250-257.
- Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dent Mater* 2010; 26: 337-344.
- Loguercio AD, Bauer JRO, Reis A, Grande RHM. In vitro microleakage of packable composites in class II restorations. *Quintessence Int* 2004; 35: 29-34.
- Majeed A, Osman YI, Al-Omari T. Microleakage of four composite resin systems in class II restorations. *SADJ* 2009; 64(10): 484-488.
- Manhart J, Chen HY, Mehl A, Weber K, Hickel R. Marginal quality and microleakage of adhesive class V restorations. *J Dent* 2001a; 29: 123-130.
- Manhart J, Schmidt M, Chen HY, Kunzelmann K-H, Hickel R. Marginal quality of tooth-colored restorations in class II cavities after artificial aging. *Oper Dent* 2001b; 26: 357-366.
- Manhart J, Trumm C. Microleakage of XP Bond in class II cavities after artificial aging. *J Adhes Dent* 2007; 9(2): 261-264.

McCabe JF, Walls AWG. Resin Based Filling Materials. In: *Applied Dental Materials*. 8th Ed., USA: Blackwell Publishing, 1998: p. 169-188.

McCabe JF. Sentetik Polimerler. İçinde: *Dişhekimliği Maddeler Bilgisi*. Çeviren Emine Nayır, 7. Baskı, İstanbul: 1999: s: 71-79.

Mine A, De Munck J, Van Ende A, Cardoso MV, Kuboki T, Yoshida Y, Van Meerbeek B. TEM characterization of a silorane composite bonded to enamel/dentin. *Dent Mater* 2010; 26: 524-532.

Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An Application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 1382-1390.

Moreira da Silva E, Dos Santos GO, Guimaraes JGA, Barcellos AAL, Sampaio EM. The influence of C-factor, flexural modulus and viscous flow on gap formation in resin composite restorations. *Oper Dent* 2007; 32(4): 356-362.

Moszner N, Salz U. New developments of polymeric dental composites. *Prog. Polym. Sci.* 2001; 26: 535-576.

Moszner N, Klapdohr S. Nanotechnology for dental composites. *Int J of Nanotechnology* 2004; 1: 130-156.

Murchison DF, Chan DC, Cooley RL. Direct Anterior Restorations. In: *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, Eds. 2nd Ed., Singapore: Quintessence Publishing, 2001: p. 236-238.

Nalçacı A, Bağış B. Nano-hibrit bir kompozit rezinin yüzey sertliğinin invitro olarak incelenmesi. *A. Ü. Diş Hek. Fak. Derg.* 2005; 32(2): 91-98.

O'Brien WJ. Polymeric Restorative Dental Materials. In: *Dental Materials and Their Selection*. 3rd Ed., Illinois: Quintessence Publishing, 2002: p. 113-131.

Ozel E, Korkmaz Y, Attar N. Influence of location of the gingival margin on the microleakage and internal voids of nanocomposites. *J Contemp Dent Pract* 2008; 9(7): 65-72.

Palin WM, Fleming GJP. Low-shrink monomers for dental restorations. *Dent Update* 2003; 30(3): 118-122.

Papadogiannis D, Kakaboura A, Palaghias G, Eliades G. Setting characteristics and cavity adaptation of low shrinking resin composites. *Dent Mater* 2009; 25: 1509-1516.

Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt KL, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005; 21: 864-881.

Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. A 13-year clinical evaluation of two three-step etch-and-rinse adhesives in non-carious class-V lesions. *Clin Oral Investig* 2010; [Epub ahead of print].

Peutzfeldt A, Asmussen E. Determinants of in vitro gap formation of resin composites. *J Dent* 2004; 32: 109-115.

Piva E, Meinhardt L, Demarco FF, Powers JM. Dyes for caries detection: Influence on composite and compomer microleakage. *Clin Oral Investig* 2002; 6(4): 244-248.

Pongprueksa P, Kuphasuk W, Senawongse P. Effect of elastic cavity wall and occlusal loading on microleakage and dentin bond strength. *Oper Dent* 2007; 32(5): 466-475.

Ritter AV, Cavalcante LM, Swift EJ, Thompson JY, Pimenta LA. Effect of light-curing method on marginal adaptation, microleakage and microhardness of composite restorations. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 78(2): 302-311.

Roberson TM, Heymann HO, Ritter AV. Introduction to Composite Restorations. In: *Sturdevant's Art&Science of Operative Dentistry*. Roberson TM, Heymann HO, Swift EJ, Eds. 4th Ed., USA: Mosby, 2002: p. 473-499.

Rodrigues Junior SA, Zanchi CH, Carvalho RV, Demarco FF. Flexural strength and modulus of elasticity of different types of resin-based composites. *Braz Oral Res* 2007; 21(1): 16-21.

Rosales-Leal JI. Microleakage of class V composite restorations placed with etch-and-rinse and self-etching adhesives before and after thermocycling. *J Adhes Dent* 2007; 9: 255-259.

Saçak M. Koordinasyon, Halka-Açılma, Grup Transfer, Olefin Metatez, Atom Transfer ve Siklopolimerizasyon. İçinde: *Polimer Kimyası*. 4. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi, 2008: s. 372-385.

Sadeghi M. Influence of flowable materials on microleakage of nanofilled and hybrid class II composite restorations with LED and QTH LCUs. *Indian J Dent Res* 2009; 20(2):159-163.

Sadeghi M, Lynch CD. The effect of flowable materials on the microleakage of class II composite restorations that extend apical to the cemento-enamel junction. *Oper Dent* 2009; 34(3): 306-311.

Santini A, Milia E. Microleakage around a low-shrinkage composite cured with a high-performance light. *Am J Dent* 2004; 117: 118-122.

Schmidt M, Kirkevang LL, Bindslev PH, Poulsen S. Marginal adaptation of a low-shrinkage silorane based composite: 1-year randomized clinical trial. *Clin Oral Invest* 2010; July 20.

Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent* 2007; 19: 265-275.

SPSS Inc. SPSS for Windows. Version 17.00, Chicago, 2010.

Starr CB. Class 5 Restorations. In: *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, Eds. 2nd Ed., Singapore: Quintessence Publishing, 2001: p. 394-396.

Sun Z. Novel Sol-Gel Nanoporous Materials, Nanocomposites and Their Applications in Bioscience. Drexel University, Doctoral thesis, 2005.

Taylor MJ and Lynch E. Microleakage. *J Dent* 1992; 20: 3-10.

Taylor MJ and Lynch E. Marginal adaptation. *J Dent* 1993; 21: 265-273.

Teixeira ECN, Thompson JL, Piascik JR, Thompson JY. *In vitro* toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. *J Esthet Restor Dent* 2005; 17: 172-182.

Tredwin CJ, Stokes A, Moles DR. Influence of flowable liner and margin location on microleakage of conventional and packable class II resin composites. *Oper Dent* 2005; 30(1): 32-38.

Trushkowsky RD. Composite Resin: Fundamentals and Direct Technique Restorations. In: *Esthetic Dentistry: A Clinical Approach to Techniques and Materials*. Aschheim KW, Dale BG, Eds. 2nd Ed., USA: Mosby, 2001: p. 69-94.

Türkün ŞL, Ergücü Z. Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *GÜ Dişhek Fak Derg* 2004; 21(2): 143-151.

Ure D, Harris J. Nanotechnology in dentistry: Reduction to practice. *Dent Update* 2003; 30: 10-15.

Ünlü N, Çetin AR. Kompozit rezin materyallerin içeriklerindeki yeni gelişmeler. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2008; 14(3): 156-167.

Van Meerbeek B, Inoue S, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. Enamel and Dentin Adhesion. In: *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. Summitt JB, Robbins JW, Schwartz RS, Eds. 2nd Ed., Singapore: Quintessence Publishing, 2001: p. 186-190.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P et al. Adhesion to enamel and dentin: Current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28(3): 215-235.

Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P et al. Technique sensitivity of contemporary adhesives. *Dent Mater J* 2005; 24(1): 1-13.

Van Ende A, De Munck J, Mine A, Lambrechts P, Van Meerbeek. Does a low-shrinking composite induce less stress at the adhesive interface?. *Dent Mater* 2010; 26: 215-222.

Visuanathan A, Ilie N, Hickel R, Kunzelman KH. The influence of curing times and light curing methods on the polymerization shrinkage stress of a shrinkage-optimized composite with hybrid-type prepolymer fillers. *Dent Mater* 2007; 23: 777-784.

Yalcin F, Korkmaz Y, Başeren M. The effect of two different polishing techniques on microleakage of new composites in class V restorations. *J Contemp Dent Pract* 2006; 7(5): 18-25.

Yamazaki PC, Bedran-Russo AK, Pereira PN, Wsift EJ Jr. Microleakage evaluation of a new low-shrinkage composite restorative material. *Oper Dent* 2006; 31: 670-676.

Yap AUJ, Wang HB, Siow KS, Gan LM. Polymerization shrinkage of visible light cured composites. *Oper Dent* 2000; 25: 98-103.

Yap AUJ, Soh MS. Post-gel polymerization contraction of low shrinkage composite restoratives. *Oper Dent* 2004; 29(2): 182-187.

Yap AUJ, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Oper Dent* 2004a; 29: 100-104.

Yap AUJ, Tan CH, Chung SM. Wear behavior of new composite restorations. *Oper Dent* 2004b; 29: 269-274.

Wahab FK, Shaini FJ, Morgano SM. The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite class V restorations in vitro. *J Prosthet Dent* 2003; 90(2): 168-174.

Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater* 2005; 21: 68-74.

www.aku.edu.tr/~evcin/nanomaterials/fabrication.pdf, Erişim tarihi: 09.09.2010.

www.aku.edu.tr/~evcin/nanomaterials/nanosynnythesis.pdf, Erişim tarihi: 09.09.2010).

www.aku.edu.tr/~evcin/nanomaterials/solgel.pdf, Erişim tarihi: 09.09.2010.

www.polimernedir.com/polimer-kimyasi/halka-acilma-polimerizasyonu, Erişim tarihi: 15.09.2010.

ÖZGEÇMİŞ

Özgeçmiş

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad: Özge Kam

Doğum Tarihi ve Yeri: 30.11.1979, Antalya

Çalışmakta Olduğu Fakülte/Bölüm: SDÜ Diş hekimliği Fakültesi/Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı

Görevi: Araştırma Görevlisi

Eğitim Bilgileri:

İlköğretimimi Antalya Namık Kemal İlköğretim Okulunda, orta ve lise eğitimimi Metin Nuran Çakallıklı Anadolu Lisesinde tamamladım. 1998 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde lisans eğitimime başlayarak, 2003 yılında mezun oldum. 2004 yılında aynı fakültede Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı'nda doktora başladım. Halen Diş Hastalıkları ve Tedavisi Bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktayım.