



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI YÜZEY HAZIRLIK İŞLEMLERİ UYGULANAN
İNDİREKT RESTORATİF MATERYALLERİN ÜNİVERSAL
RENK KOMPOZİTLERLE TAMİRİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

BÜŞRA KARABULUT GENÇER
DOKTORA TEZİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. BİLGE TARÇIN

İSTANBUL- 2022

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmemiş bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Büşra Karabulut Gençer

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince her zaman yol gösterici, destekleyici, ilgili ve samimi yaklaşımıyla yanımda olan, meslek ve hayata dair her konuda değerli bilgilerini paylaşan kıymetli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Bilge Tarçın'a,

Eğitimim süresince bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her zaman desteklerini hissettiğim değerli hocalarım Prof. Dr. Cafer Türkmen, Prof. Dr. Dilek Tağtekin, Doç. Dr. Pınar Yılmaz Atalı, Doç. Dr. Bora Korkut, Dr. Öğretim Üyesi Gülçin Bilgin Göçmen ve Dr. Öğretim Üyesi Ezgi Tüter Bayraktar'a,

Lisans ve Doktora eğitimim sürecinde değerli katkıları olan ve bugün burada jüri olarak bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Berna Tarım, Prof. Dr. Uğur Erdemir, Prof. Dr. Safa Tuncer'e,

Ayrıca bir dönem anabilim dalımızda hocalarım olan eğitime katkıları bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Nevin Kartal, Prof. Dr. Hale Cimilli, Prof. Dr. Funda Yanıkoğlu'na,

Doktora birlikte başladığım ve her süreci birlikte aştığımız değerli kidedmaşım Dt. Esin Ülper ve çalışma hayatımı güzelleştiren, her zaman desteklerini yanımda hissettiğim Dr. Öğr. Üyesi A. Aslı Şenol, Uzm. Dt. E. Betül Yavuz, Arş. Gör. Dt. Elif Alkan, Uzm. Dt. Merve Şeker, Dt. Ezgi Acar ve Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda birlikte çalıştığım asistan arkadaşlarıma,

Hayatımın her aşamasında destekleriyle yanımda olan ve güç veren kıymetli dostlarıma,

Bugünlere gelmemde en büyük emeğe sahip, her durumda koşulsuz desteklerini hissettiğim, değerli varlıklarıyla yanımda olan annem H. Asuman Karabulut, babam Süleyman Karabulut, eşim Ozan Gençer, kardeşlerim Bilal, Hatice ve Mükerrer Karabulut'a ve tüm aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez, TÜBİTAK-1002 Hızlı Destek Programı kapsamında 220S379 numaralı proje ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
RESİM LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
1. ÖZET	1
3. GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
4. GENEL BİLGİLER	6
4.1. CAD/CAM Teknolojisi.....	6
4.1.1. CAD/CAM sistemlerin tarihçesi	6
4.1.2. CAD/CAM sistemler	6
4.1.3. Diş hekimliğinde CAD/CAM sistemlerde kullanılan materyaller	8
4.2. Restorasyonlarda Başarısızlıklar.....	12
4.3. Restorasyon Tamiri.....	12
4.3.1. Restorasyon tamirine karar vermede hasta merkezli yaklaşım	13
4.3.2. Restorasyon tamirine karar vermede diş merkezli yaklaşım	14
4.3.3. Tamir endikasyon kriterleri	14
4.3.4. Restorasyon tamirinde yüzey hazırlık işlemleri	15
4.3.5. Silan uygulaması	19
4.3.6. Adeziv ajan uygulanması	21
4.3.7. Kompozit rezin uygulanması /Kompozit materyaller ile tamir	22
4.4. Kompozit rezinlerin yapısı.....	23
4.4.1. Organik polimer matriks	23
4.4.3. İnorganik doldurucu faz	24
4.4.4. Ara bağlayıcılar	25
4.4.5. Başlatıcılar	25
4.4.6. Renk pigmentleri ve diğer bileşenler.....	26
4.4.7. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması	26
4.5. Tamir Restorasyonlarında Başarıyı Değerlendirme	28

4.5.1. Isısal çevrim işlemi (Termalsiklus)	28
4.5.2. Renk ölçümü.....	29
4.5.3. Bağlanma dayanımı test yöntemleri	32
4.5.4. Mikrosızıntı	33
4.5.5. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi (profilometre analizi)	35
4.5.6. SEM analizi (taramalı elektron mikroskobu analizi).....	36
5. GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
5.1. Örneklerin Hazırlanması.....	44
5.2. İlk Renk Ölçümü Uygulaması	46
5.3. Yüzey Hazırlık İşlemlerinin Uygulanması	47
5.4. Kompozit ile tamir işlemi	48
5.5. İkinci Renk Ölçümü.....	51
5.6. Örneklerin Yaşlandırılması.....	51
5.7. Üçüncü Renk Ölçümü.....	52
5.8. Mikrosızıntı.....	52
5.9. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi	53
5.10. Kırılma Tiplerinin İncelenmesi.....	53
5.11. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü.....	54
5.12. SEM görüntülemesi	55
5.13. İstatistiksel Analiz.....	55
6. BULGULAR.....	56
6.1. Makaslama Bağlanma Testi Bulguları.....	56
6.2. Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi	58
6.3. Renk Uyumunun Değerlendirilmesi	61
6.4. Mikrosızıntı Testi Bulguları.....	66
6.5. Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları	70
6.6. SEM Bulguları	72
7. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	77
8. KAYNAKLAR	94
9. ÖZGEÇMİŞ	118

KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

°: Derece

°C: Santigrat derece

Ba: Baryum

BAC: Biyoaktif cam

Bis-EMA: Etoksilat bisfenol A dimetakrilat

Bis-GMA: Bisfenol-A glisildimetakrilat

Bis-MEPP: Bisfenol A etoksilat dimetakrilat

C Faktör: Konfigürasyon faktörü

C¹⁴: Karbon izotop

Ca⁴⁵: Kalsiyum izotop

CAD/CAM: Bilgisayar destekli dizayn/ Bilgisayar destekli üretim

HEMA: Hidroksiletil metakrilat

HT: Yüksek translusensi

I¹³¹: İyot izotop

ISO: Uluslararası standartlar organizasyonu

LED: Işık yayan diyot

LT: Düşük translusensi

MDP: Metakriloloksidesil dihidrojen fosfat

META: Metiloksi etil trimetil anhidrid

mm: Milimetre

MMA: Metil metakrilat

MPa: Megapaskal

MPTS: 3- metakriloksi propil trimetoksi

N: Newton

Na²²: Sodyum izotop

nm: Nanometre

P³²: Fosfor izotop

Ra: Raketin sertlik derecesi

Rb⁸⁶: Rubidyum izotop

RGB: Kırmızı, yeşil, mavi

S³⁵: Kükürt izotop

SEM: Taramalı elektron mikroskobu

Si: Silisyum

SiO₂: Silisyum dioksit

sn: Saniye

SPSS: Sosyal bilimler için istatistik paketi

Sr: Stronsiyum

TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat

UDMA: Üretan dimetakrilat

DMA: Dimetakrilat

Zr: Zirkonyum

ZrO₂: Zirkonyum dioksit

ΔE: Renk farkı

μm: Mikrometre

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Restorasyon tamirinde izlenen adımlar.....	15
Şekil 2. Çalışmada renk ölçümü ve mikrosızıntı testlerinde izlenen iş akışı.....	41
Şekil 3. Çalışmada makaslama bağlanma ve kırılma testlerinde izlenen iş akışı.....	42
Şekil 4. Çalışmada pürüzlülük ölçümleri ve SEM görüntülemesinde izlenen iş akışı.....	42
Şekil 5. Yüzey hazırlık işlemine göre makaslama bağlanma dayanımı değerleri.....	57
Şekil 6. Kompozitlere göre makaslama bağlanma değerleri.....	58
Şekil 7. Yüzey hazırlık işlemine göre kırılma tipleri.....	60
Şekil 8. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_1 değerleri.....	62
Şekil 9. Kompozitlere göre ΔE_1 değerleri.....	63
Şekil 10. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_2 değerleri.....	64
Şekil 11. Kompozitlere göre ΔE_2 değerleri.....	65
Şekil 12. Yüzey hazırlık işlemine göre basamak bölgesi mikrosızıntı değerleri.....	67
Şekil 13. Yüzey hazırlık işlemine göre oklüzal bölge mikrosızıntı değerleri.....	68
Şekil 14. Bloklar ve yüzey hazırlık işlemine göre yüzey pürüzlülüğü değerleri.....	72

RESİM LİSTESİ

Resim 1. Hassas kesme cihazında örneklerin hazırlanması.....	44
Resim 2. Termal siklus cihazında örneklerin yaşlandırılması.....	45
Resim 3. Renk ölçümü için alt gruplara ayrılan örnekler ve ilk renk ölçümü.....	46
Resim 4. Blok kesitlerinde kavite açılması.....	47
Resim 5. Örneklere biyoaktif cam partikülleri (Sylc) uygulaması için kullanılan Aquacare cihazı.....	47
Resim 6. Tribokimyasal silika kaplama (Cojet) uygulaması.....	48
Resim 7. Makaslama bağlanma örneklerinde Tokuyama Universal bond ve Omnicroma kompozit uygulaması.....	49
Resim 8. Makaslama bağlanma örneklerinde GC Multiprimer, G-Premio bond ve Essentia Universal kompozit uygulaması.....	49
Resim 9. Renk ölçüm örneklerinde Tokuyama Universal bond ve Omnicroma kompozit uygulaması.....	50
Resim 10. Renk ölçüm örneklerinde GC Multiprimer, G-Premio bond ve Essentia Universal kompozit uygulaması.....	51
Resim 11. Soflex diskler; İnceden kalın grene cilalanmış örnekler; Cila sonrası örnek görünümü.....	51
Resim 12. Mikrosızıntı değerlendirmek üzere bazik fuksinde bekletilen örnekler...	52
Resim 13. Üniversal test cihazında makaslama bağlanma değerlerinin ölçümü.....	53
Resim 14. Makaslama bağlanma dayanımı testleri sonrasında örneklerde kırılma tiplerinin incelenmesi.....	54
Resim 15. Pürüzlülük değerlerinin profilometre ile ölçülmesi.....	54
Resim 16. Adeziv kopma, koheziv kopma, miks kopma.....	58
Resim 17. Skorlamada değerlendirilen basamak ve oklüzal bölgeler	66

Resim 18. Cerasmart; yüzey hazırlık işlemi uygulanmamış yüzey.....	73
Resim 19. Cerasmart; Al ₂ O ₃ uygulaması sonrası yüzey.....	73
Resim 20. Cerasmart; Cojet uygulaması sonrası yüzey.....	74
Resim 21. Cerasmart; Sylc uygulaması sonrası yüzey.....	74
Resim 22. Empress; yüzey hazırlık işlemi uygulanmamış yüzey.....	75
Resim 23. Empress; Al ₂ O ₃ uygulaması sonrası yüzey.....	75
Resim 24. Empress; Cojet uygulaması sonrası yüzey.....	76
Resim 25. Empress; Sylc uygulaması sonrası yüzey.....	76



TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller.....	43
Tablo 2. Çalışmada kullanılan cihazlar.....	44
Tablo 3. Yüzey hazırlık işlemine göre makaslama bağlanma kuvvetlerinin değerlendirilmesi.....	56
Tablo 4. Kompozitlere göre tamir işleminde makaslama bağlanma kuvvetlerinin değerlendirilmesi.....	57
Tablo 5. Yüzey hazırlık işlemine göre kırılma tiplerinin değerlendirilmesi.....	59
Tablo 6. Kompozitlere göre kırılma tiplerinin değerlendirilmesi.....	61
Tablo 7. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_1 değerlerinin karşılaştırması.....	62
Tablo 8. Kompozitlere göre ΔE_1 değerlerinin karşılaştırması.....	63
Tablo 9. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırması.....	64
Tablo 10. Kompozitlere göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırması.....	65
Tablo 11. Yüzey hazırlık işlemine göre basamak bölgesi mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması.....	67
Tablo 12. Yüzey hazırlık işlemine göre oklüzal bölge mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması.....	68
Tablo 13. Kompozitlere göre basamak bölgesi mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması.....	69
Tablo 14. Kompozitlere göre oklüzal bölge mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması.....	70
Tablo 15. Materyal ve yüzey hazırlığı faktörlerinin pürüzlülük üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi.....	71
Tablo 16. Bloklar ve yüzey hazırlık işlemine göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi.....	71

1. ÖZET

Farklı Yüzey Hazırlık İşlemleri Uygulanan İndirekt Restoratif Materyallerin Üniversal Renk Kompozitlerle Tamirinin Değerlendirilmesi

Öğrencinin Adı, Soyadı: Büşra Karabulut Gençer

Danışmanın Adı, Soyadı: Doç. Dr. Bilge Tarçın

Anabilim Dalı: Restoratif Diş Tedavisi

Amaç: Bu çalışmanın amacı seramik ve rezin nanoseramik esaslı CAD/CAM restorasyonların farklı yüzey işlemlerini takiben üniversal renk kompozitlerle tamirinde bağlanma kuvvetlerinin ve renk uyumunun değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Empress ve Cerasmart270 CAD/CAM bloklardan numuneler hazırlanarak, termal döngüde yaşlandırıldı. Numunelere Al_2O_3 , Cojet ve biyoaktif cam partikülleri (BAC) uygulanması sonrası Tokuyama Universal Bond/Omnichroma ve G-Multiprimer/G-Premio Bond/Essentia Universal ile tamir restorasyonları yapılarak makaslama bağlanma değerleri ölçüldü ve yüzeyleri mikroskop altında incelendi. Kontakt profilometrede pürüzlülük değerleri ölçüldü ve yüzeyler SEM’de görüntüldü. Spektrofotometre ile renk ölçülerek CIELab’e göre ΔE renk farkı hesaplandı. Mikrosızıntı değerlendirmesi için numuneler bazik fuksinde bekletilip skorlandı. Veriler 3-yönlü ANOVA, Tukey HSD testleri ile anlamlılık $p<0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

Bulgular: Empress yüzeylerinde BAC, Cojet ve Al_2O_3 işlemlerinde elde edilen makaslama bağlanma kuvvetleri arasında anlamlı fark bulunamadı. Omnichroma, Essentia’dan daha yüksek bağlanma değerleri gösterdi ($p<0,05$). Yaşlandırma öncesi ΔE değerleri klinik kabul edilebilir eşikten yüksek, yaşlandırma sonrası ise eşik değerinin kısmen altındadır. Al_2O_3 , BAC ve Cojet yöntemlerinden daha yüksek pürüzlülüğe neden oldu ($p<0,05$). Yüzey hazırlık işlemleri arasında mikrosızıntı açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmedi.

Sonuç: Restorasyon tamirinin minimal invaziv yüzey hazırlığı ve maksimum bağlanma değerleri ile gerçekleştirilmesi yolunda BAC, tribokimyasal silika kaplama yöntemine benzer sonuçlar sağlandı. Bu çalışmanın sınırları dahilinde üniversal tek renk kompozitlerin kullanımı renk uyumu açısından kabul edilebilir sınırlara yakındır.

Anahtar kelimeler: Restorasyon tamiri, minimal invaziv diş hekimliği, üniversal renk kompozit, renk uyumu, yüzey hazırlık işlemi

2. SUMMARY

Evaluation of the Repair of Indirect Restorative Materials with Different Surface Treatments and Universal Shade Composites

Student Name, Surname: Büşra Karabulut Gençer

Supervisor Name: Doç. Dr. Bilge Tarçın

Department: Restorative Dentistry

Objective: To evaluate bond strengths and color-match in repair of indirect ceramic and resin-nanoceramic CAD/CAM blocks with two universal shade composites after three different surface preparations.

Material and Methods: Samples were prepared from Empress and Cerasmart270 CAD/CAM blocks and thermocycled. After applying Al₂O₃, Cojet, and bioactive glass particles (BAG) repair restorations were performed with Tokuyama Universal Bond/Omnichroma and G-Multiprimer/G-Premio Bond/Essentia Universal, shear bond test was conducted and fractured surfaces were examined under microscope. Roughness values were measured using contact profilometer and were examined in SEM. Color difference ΔE was calculated according to CIELab formula by using spectrophotometer. For microleakage evaluation, samples were kept in basic fuchsin and scored. Data were evaluated with 3-way ANOVA and Tukey HSD tests at $p < 0.05$.

Results: No significant difference was found between the shear bond strengths obtained in BAG, Cojet and Al₂O₃ on Empress surfaces. Omnichroma showed higher bond strength values than Essentia in all surface treatments ($p < 0.05$). ΔE values before aging are higher than clinically acceptable threshold and partially below the threshold after aging. Al₂O₃ caused higher roughness than BAG and Cojet ($p < 0.05$). There was no significant difference between surface treatments in terms of microleakage.

Conclusion: BAG provided similar results to Cojet method in performing restoration repair with minimally invasive surface preparation and maximum bond strength. Within the limits of this study, the use of universal shade composites in repair of ceramic and resin-nanoceramic indirect restorations were found to be close to acceptable limits in terms of color match.

Keywords: Restoration repair, minimally invasive dentistry, universal shade composite, color match, surface preparation

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemleri restorasyon üretimini basitleştirmesi, zamandan sağladığı tasarruf ve maliyetleri düşürmesi nedeniyle son 30 yılda popüler hale gelmiştir (Davidowitz ve ark., 2011; Al-Shatti ve ark., 2019). CAD/CAM sistemlerde kullanılmak üzere akrilik, seramik, rezin kompozit esaslı veya hibrit olarak adlandırılan çeşitli malzemeler piyasaya sürülmektedir. Restorasyon başarısı genel olarak restorasyonun beklenen performansı göstermesi olarak düşünülür. Ancak materyallerin sınırlı bir klinik ömürleri bulunmaktadır. Resin nano seramik ya da hibrit seramik olarak adlandırılan CAD/CAM materyaller ise seramiklerin ve kompozit rezinlerin avantajlarını koruyup dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik geliştirilmiş materyallerdir (Fasbinder ve ark., 2019). Kırılma, çatlaklar, sekonder çürük oluşumu seramik ve kompozit restorasyonlarda en sık görülen başarısızlıklar arasındadır (Opdam ve ark., 2014, Tokar ve ark., 2019).

Restorasyon tamiri yenilemeye alternatif olarak karşımıza çıkan bir tedavi seçeneğidir. Her bir yenileme preparasyonun daha da genişlemesine neden olurken tamir, restorasyon yenilenme döngüsünü yavaşlatmaktadır (Elderton, 1990; Özcan, 2017). Tamirde sadece defektli kısmın onarılıp kalan yapının korunması hedeflenmektedir. Böylece restorasyonun ömrünün uzatılması, maliyetinin düşürülmesi, komplikasyon riskinin azaltılması ve hekim koltuğunda geçen sürenin kısaltılması sağlanmaktadır (Kanzow ve ark., 2018; Celik ve ark., 2016). Öte yandan restorasyon yenilemede kullanılacak materyaller fazladan ekonomik yüke neden olurken bir yandan da atık madde oluşumuna yol açmaktadır. Geri dönüşüme katkı sağlayan, doğa dostu yaklaşımlar hayatın her alanında olduğu gibi diş hekimliği uygulamalarında da önem arz etmektedir. Yoğun hasta talebi olan fakülte kliniklerinde ve ağız diş sağlığı merkezlerinde hasta döngüsünü hızlandırmak, minimal invaziv tedavi yaklaşımıyla hastayı korumak, restorasyon yenilemenin meydana getirdiği ekonomik yükü azaltmak, atık malzeme sorununu azaltarak geri dönüşüme katkı sağlamak amaçlarını hayata geçirmek için restorasyon tamirine öncelik verilmesinin gerekliliği görülmektedir.

Restorasyon tamirinde de kullanılan kompozit rezinler doğal dişleri en iyi şekilde taklit etmek amacıyla her geçen gün yeni formlarda karşımıza çıkmaktadır. Renk uyumu ile ilgili sorunların üstesinden gelmek, estetik beklentiler, azalan teknik hassasiyet ile malzeme ve zamandan tasarruf gibi hedefler universal renk kompozitlerin tedavi rutinine girmesini sağlamıştır.

Bu çalışmanın amacı CAD/CAM rezin nano seramik adlandırılan rezin matriks esaslı seramik ve seramik restorasyonların farklı yüzey işlemleri sonucu universal renk kompozitlerle tamirinde bağlanma değerlerinin ve renk uyumunun değerlendirilmesidir. CAD/CAM seramik ve rezin nano seramik blokların tamirinde üç farklı yüzey hazırlık yöntemi kullanılarak en iyi bağlanma değerlerini ortaya koyan ve minimal invaziv bir girişim olan yöntemi bulmak amaçlandı. Bunun yanı sıra tamirde kullanılacak kompozitin tamir edilecek yüzey ile renk uyumunun başarılı olması sağlanarak hasta ve hekimin estetik açıdan tatmini de çalışmada amaçlanan noktalardan diğeridir. Tamir edilen örneklere yaşlandırma uygulanarak tamir yüzeyindeki bağlantının ve renk uyumunun nasıl etkilendiği, tamir kompozitlerinin renk değişikliklerinde farklı yüzey hazırlıklarının nasıl rol oynadığı ortaya konmak istendi.

CAD/CAM seramik ve rezin nano seramik restorasyonların kırık gibi tamir ihtiyacı duyulan başarısızlıklarında restorasyonu yenilemek yerine tamir etme seçeneğinin ilk akla gelen yöntem olması hedeflendi.

Bu çalışmanın sıfır hipotezleri;

1. Biyoaktif cam partikülleri, tribokimyasal silika kaplama ve Al_2O_3 ile muamele edilen yüzeylerin tamirinde elde edilen makaslama bağlanma kuvvetleri arasında fark yoktur.
2. Her üç yüzey hazırlık işleminde blokların yüzey pürüzlülük değerleri arasında fark yoktur.
3. Yüzey hazırlık işlemlerine göre kırılma tipleri açısından fark yoktur.
4. Restorasyon tamirinde kullanılan universal renk kompozitler tamir yüzeyi ile renk farkı göstermez.

5. Üniversal renk kompozit ile tamir edilmiş yüzeyde yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma sonrası renk farkı yoktur.
6. Biyoaktif cam partikülleri, tribokimyasal silika kaplama ve Al_2O_3 uygulanan tamir yüzeyi ile kompozit arasındaki mikrosızıntı değerleri arasında fark yoktur.



4. GENEL BİLGİLER

4.1. CAD/CAM Teknolojisi

4.1.1. CAD/CAM sistemlerin tarihçesi

Diş hekimliğinde ilk bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim sistemleri (CAD/CAM) ile restorasyon üretimi 1971’de Dr Duret tarafından gerçekleştirilmiştir. 1985 yılında Dr Mörmann ve Dr Brandestini tarafından optik tarayıcı ve şekillendirici parçaları bulunan ilk hasta başı sistem geliştirilmiştir ve bilgisayar destekli seramik rekonstrüksiyonunun kısaltması olan CEREC (Ceramic Reconstruction) ismini vermişlerdir (Mormann, 2006; Miyazaki ve ark. 2009). Dr Andersson, 1983 yılında yüksek hassasiyetli kuronlar üretmek için Procera (Nobel Procera, Nobel Biocare, İsviçre) sistemini geliştirmekle birlikte kompozit viner restorasyonlar için CAD/CAM kullanan ilk kişidir (Andersson ve ark., 1996). Gelişen teknolojik imkanlar materyallerin, tedavi seçeneklerinin ve hastaların beklentilerinin farklılaşmasına ve var olan sistemlerde gelişmelerin kaçınılmaz olmasına neden olmaktadır.

4.1.2. CAD/CAM sistemler

CAD/CAM sistemler son 30 yılda diş hekimliğinin önemli bir parçası haline gelmiştir. Dental laboratuvarlarda ve kliniklerde kullanılabilen bu sistemler inley, onley, viner, kuron, sabit ve hareketli protezler, implant dayanakları ve ortodontik tedaviler gibi pek çok alanda tercih edilmektedir (Davidowitz ve Kotick, 2011).

Dental CAD/CAM sistemler üç aşama içermektedir (Fasbinder ve Neiva, 2019). İntraoral tarayıcı ya da kamera, ağız içi sert ve yumuşak dokuları kaydeden ilk aşamadır. İkinci aşamada tarayıcının elde ettiği verileri toplayan, sanal bir restorasyon oluşturmaya yarayan bir dijital yazılım programı mevcuttur. Yazılım sayesinde restorasyona ait diş eti çıkış profili, proksimal kontakt, oklüzal ilişkiler gibi parametrelerin kontrolü ve düzenlenmesi sağlanmaktadır. Programda oluşturulan dijital dosya bir bulut sistemine yüklenerek laboratuvara ya da üretim merkezine gönderilebilmektedir (Sulaiman, 2020). Üçüncü aşamada restorasyon tasarımı tamamlandıktan sonra veriler doğrultusunda ürünü ortaya çıkaran bilgisayar kontrollü bir üretim sistemi bulunmaktadır. Bu dijital iş akışı geleneksel yöntemlerini elimine ederek zamandan kazanca ve birçok vakada aynı seansta tedavinin tamamlanmasına

olanak sağlamaktadır (Sulaiman, 2020; Fasbinder ve Neiva, 2019). Ayrıca dayanıklı, doğal forma uygun, hızlı, kolay ve dişe yüksek uyumlu üretilen restorasyonlar elde edilmektedir.

Üretim sistemi ekleme ya da eksiltme (aşındırma) olmak üzere iki farklı çalışma prensibiyle karşımıza çıkmaktadır. Aşındırıcı sistemler kullanılacak materyalin dijital ortamdaki tasarımına uygun olacak şekilde eksiltme, kazıma yöntemi uygulanarak restorasyonun elde edilmesi prensibiyle çalışmaktadır. Ekleme yönteminde ise aşındırma yerine materyaller kademeli olarak eklenerek malzeme ve enerji israfının engellenmesi öne çıkmaktadır (Sulaiman, 2020).

CAD/CAM sistemler üretim metotlarına göre:

Direkt klinikte kullanılan sistemler; hasta ağzında intraoral tarama yapılarak elde edilen veriler doğrultusunda restorasyon tasarlanıp klinikte üretilmektedir.

Laboratuvarda kullanılan sistemler; alçı modelden ya da ölçüden tarama yapılmaktadır. Alt yapı üretilerek sonrasında teknisyen tarafından eklemeler yapılabilir.

Üretim merkezli sistemler; model laboratuvarda taranıp veriler ana üretim merkezine üretilmek üzere gönderilmektedir. Alt yapı merkezde üretildikten sonra laboratuvara geri gönderilip teknisyen tarafından ekleme yapılabilir (Çelik ve ark., 2013; Tokgöz Çetindağ ve Meşe, 2016).

Geleneksel yöntemlere kıyasla CAD/CAM sistemlerin hız, kullanım kolaylığı ve kalite gibi pek çok avantajı bulunmaktadır. Dijital tarayıcı sayesinde hasta başında hızlı bir şekilde görüntü elde edilerek konvansiyonel ölçü tekniklerinin zaman kaybına neden olabilen aşamaları ortadan kaldırılmış olur (Tokgöz Çetindağ ve Meşe, 2016). Hasta ağzında elde edilen görüntü ve sonrasında kullanılan yazılım sayesinde dijital ortamda yönetilen üretim süreci restorasyon diş uyumunun oldukça yüksek olmasına neden olmaktadır. Tasarlanan restorasyon doğal anatomik forma uygun, komşu ve karşıt dişlerle ilişkisi kontrol edilebilir, estetik beklentileri tatmin edecek düzeydedir. Ayrıca klinikte yürütülebilen fabrikasyon aşaması sayesinde hastaların ikinci bir randevuya ihtiyaç duymadan tedavilerinin tamamlanması mümkün olabilmektedir (Davidowitz ve Kotick, 2011).

CAD/CAM sistemlerin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da mevcuttur. Sistemin pahalı olması, yazılımın kavranabilmesi için eğitim gerektirmesi, tıpkı konvansiyonel yöntemlerde olduğu gibi işlem yapılacak alanın izolasyonunun sağlanması gibi dezavantajlar sıralanabilmektedir (Davidowitz ve Kotick, 2011). Ölçü aşamasında hasta başında geçirilen süre kısalmasına rağmen dijital düzenlenmelerin zaman alması dezavantaja dönüşebilmektedir.

4.1.3. Diş hekimliğinde CAD/CAM sistemlerde kullanılan materyaller

Başarılı bir restorasyon marjinal adaptasyon, mekanik dayanım, biyouyumluluk ve estetik özelliklere sahip olmalıdır (Papadiochou ve Pissiotis, 2018). Bilgisayarlı sistemlerde ortaya çıkan gelişmeler başarılı tedaviler yapmak adına restoratif malzemelerde de seçeneklerin gün geçtikçe iyileşip çoğalmasını sağlamaktadır. Materyaller klinik beklentileri karşılamaının yanı sıra bilgisayarlı sistemlerde kullanımı da kolay olmalıdır. Kullanılacak malzemenin endikasyonu koyulurken restorasyonun ağız içindeki konumu ve fonksiyonu, hastanın ekonomik durumu, estetik beklentileri ve malzeme tipi birlikte düşünülerek karar verilmelidir. Günümüzde CAD/CAM sistemlerde kullanılabilecek farklı özelliklere sahip pek çok kompozit ve seramik blok materyalleri mevcuttur.

4.1.3.1. Feldspatik seramik bloklar

Feldspatik seramik bloklar, CAD/CAM sistemlerde kullanılan en eski bloklardandır. Cam matriks içerisinde %30 oranında homojen dağılmış feldspar partikülleri bulunmaktadır (Fasbinder, 2012). Bloklar; vener, inley, onley, parsiyel kuron ve tam kuron restorasyonlarda kullanılabilmektedir. Doğal diş ile renk ve translüsensi bakımından iyi bir eşleşme sağlamaktadır. Klinik araştırmalar feldspatik seramiklerin kabul edilebilir başarılarının olduğunu göstermektedir (Otto ve Schneider; 2008; Sulaiman, 2020).

4.1.3.2. Lössitle güçlendirilmiş cam seramik bloklar

Lössitle güçlendirilmiş cam partiküllerden oluşurlar. %55-70 oranlarında cam faz içerirler. Lössit ilave edilmesinin iki faydası mevcuttur; feldspatik seramiklere yakın refraktif indeksi sayesinde benzer translüsensi görülmesi ve asitleme sonrası daha hızlı poröz yapı ortaya çıkararak mikromekanik bağlantıyı arttırmasıdır (Kelly ve Benetti, 2011). Lössit kristalleri çatlak oluşumunda çatlağın yön değiştirmesini sağlayarak

fırınlarda sinterleme yapılarak kristalizasyon tamamlanmakta ve materyalde optimum translüsensi elde edilmektedir.

Dayanım ve translüsensi özellikleriyle öne çıkmaktadırlar. Üç farklı ışık geçirgenliğine sahip blok bulunmaktadır. Yüksek translüsensiye sahip bloklar diş dokusuyla sağladığı yüksek uyum sayesinde ön diş vener, inley ve onleyler gibi estetik beklentinin yüksek olduğu durumlarda tercih edilebilmektedir. Düşük translüsensi bloklar ön diş tek kuronlar, üç üyeli köprüler ve posterior restorasyonlarda kullanılabilir. Multi blok olarak adlandırılan tabakalı bloklar ise endikasyona göre farklı renk ihtiyaçlarının ortaya çıktığı durumlarda kullanılabilir. Var olan diş dokusunun rengi ve estetik beklenti blokların farklı endikasyonlarda kullanımına yön vermektedir.

Lityum disilikat bloklar ile ilgili pek çok klinik ve laboratuvar çalışması mevcuttur. Ortalama 4,7 yıl sonunda sınırlı biyolojik ve teknik komplikasyonlarla birlikte %93 oranında sağ kalım görülmüştür (Reich ve ark., 2014). Rauch ve ark., lityum disilikat kuron restorasyonlarda 10 yıl sonunda %83 başarı gözlemlemişlerdir (Rauch ve ark., 2018).

4.1.3.4. Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum disilikat bloklar

Seramik ve lityum disilikat ve lityum metasilikat partikülleri bulunan cam matriks faz içerisinde çözünmüş zirkonyum dioksit bulunmaktadır. Parsiyel kristalize olmuş veya tam kristalize halleri mevcuttur. Tam kristalize formun frezelenmesi diğerine göre zordur, bitim işlemlerinden sonra sinterlenmesine gerek yoktur. Geleneksel lösitle güçlendirilmiş cam seramiklerden yaklaşık üç kat daha iyi mekanik özelliklere sahiptir. Yüksek camsı matriks oranı ve çok ince mikroyapısı yüksek bükülme mukavemetine izin vermektedir. Ayrıca bu yapı sayesinde iyi optik özelliklere ve yüksek cilalanabilme kapasitesine sahiptir (Rinke ve ark., 2015; Lambert ve ark., 2017). Vener, inley, onley, ön ve arka diş kuronları ve endokuronlarda kullanılabilir.

4.1.3.5. Zirkonya bloklar

Zirkonyanın bükülme mukavemeti ve kırılma direnci cam seramik materyallerden yaklaşık üç kat daha fazladır. Zirkonya stres altında kristal formunu değiştirme özelliğine sahiptir. Dış kaynaklı stresler tetragonal fazdan monolitik faza geçişe neden olmaktadır ve hacimce %4 oranında bir genişleme meydana gelmektedir. Bu materyal

yüzeyinde ya da çatlak yakınında baskılayıcı strese neden olmaktadır. Baskılayıcı stres sayesinde ortaya çıkan kenetlenme çatlağın yayılmasının önüne geçebilmektedir ve bu da zirkonyayı kırılma direnci açısından diğer materyallerden öne çıkaran bir özelliktir (Guazzato ve ark., 2004).

4.1.3.6. Rezin matriks seramik bloklar

Dijital dental gereçlerin hızlı gelişimi ile çok çeşitli CAD/CAM seramik blokların yanı sıra kompozit ya da rezin nano seramik, hibrit seramik, polimer infiltre seramik gibi farklı isim ve içeriklerle üretilmiş ürünler karşımıza çıkmaktadır (Yoshihara ve ark., 2017). Tanımlamalardaki karışıklıklara karşın üreticiler geleneksel seramiklere kıyasla dentine yakın elastik modülüse sahip, cam seramik ve polikristalin seramiklerden daha kolay frezelenebilecek, kompozitle tamir ve modifikasyonu sağlayabilecek materyal geliştirmek üzere rezin matriks seramikleri ortaya çıkarmışlardır (Gracis ve ark., 2015).

Rezin matrikse seramik ilavesiyle polimerlerin yüksek kırılma direnci, düşük kırılganlık, düşük aşındırıcılık ve kolay cilalanabilirlik avantajlarını, seramiklerin dayanıklılık, renk stabilitesi ve mine benzeri yüzey bitimi gibi estetik özelliklerini bir araya getirmişlerdir (Coldea ve ark., 2013; Schlichting ve ark., 2011; Fasbinder ve ark., 2019). Makul kırılganlık indeksi sayesinde CAD/CAM sistemlerde kullanımı uygun, kısmen sinterlenmiş CAD/CAM materyallerin aksine final ürünün tek aşamada yüksek uyuma sahip olacak şekilde üretilmesi sağlanır. Düşük sertlik değerleri sayesinde karşı dişte aşınma problemlerinin önüne geçilebilmektedir. Ayrıca diğer CAD/CAM materyallerden daha hızlı bir şekilde frezeleme sağlanabilmektedir (He ve Swain, 2011). İnley, onley, vener, kuron ve tek üye implant destekli restorasyonlarda kullanımları endikedir.

Rezin nano seramikler polimerize rezin matriks içerisine nanopartiküller ve nano kümelerden oluşan doldurucuların ilavesiyle üretilmişlerdir. Lava Ultimate 3M firması tarafından üretilmiş bir rezin nano seramiktir. GC Cerasmart bloklar da nano doldurucu partiküller içeren bloklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Üretici firma tarafından esnek nano seramik olarak sınıflandırılmaktadır. Ağırlıkça %71 oranında doldurucu partikül içerirler (Awada ve Nathanson, 2015). Doldurucu içeriğine bakıldığında 20 nm silika, 300 nm baryum cam gözlenmektedir. Monomer içeriği

bisfenol A etoksilat dimetakrilat (Bis-MEPP), üretan dimetakrilat (UDMA) ve dimetakrilattan (DMA) oluşmaktadır. Bükülme mukavemeti 231 Megapaskal (MPa)'dır. Cerasmart taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizinde küçük ve eşit dağılmış alümina baryum silikat partikülleri gözlenmektedir (Lauvahutanon ve ark., 2014). Full kuron, inley, onlay, implant üstü kuron ve venerlerde kullanımı endikedir (https://www.gcindiadental.com/wpcontent/uploads/brochures/CERASMART_270_BROCHURE.pdf, Erişim Tarihi: 10 Ağustos 2021).

Polimer infiltre seramik Vita tarafından Enamic ürünüyle piyasaya sürülmüştür. Baskın seramik ağ polimer infiltrasyonu ile güçlendirilmiştir. Kompozit esaslı bloklara göre yüksek kırılma dayanımına sahiptirler (He ve Swain, 2011).

4.2. Restorasyonlarda Başarısızlıklar

Restorasyon başarısı genel olarak restorasyonun beklenen performansı göstermesi olarak düşünülür (Anusavice, 2012). Ancak materyallerin sınırlı bir klinik ömürleri bulunmaktadır. Chadwick ve ark.'a göre restorasyonun sağ kalımı dentisyon tipi, restorasyonun konumu, boyutu, tedavi nedeni, hastanın çürük indeksi, yaşı, cinsiyeti, sosyoekonomik durumu, ağız hijyeni, hekim değiştirme sıklığı ve hekimin yaşı gibi faktörlerden etkilenebilmektedir (Chadwick ve ark., 2001). Bu süreçte restorasyonun başarısını etkileyen kırık, çatlak, sekonder çürük, kenar adaptasyonunun bozulması, renk uyumsuzluğu, anatomik form gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir (de Carvalho Martins ve ark., 2018). Seramik restorasyonlarda kırık, çatlak ve sekonder çürük en sık görülen problemlerken kompozit restorasyonlarda kırık ve sekonder çürük sıklıkla karşılaşılan sorunlardır (Frankenberger ve ark., 2000; Sailer ve ark., 2007; Anusavice, 2012; Demarco ve ark., 2015; Ástvaldsdóttir ve ark., 2015).

4.3. Restorasyon Tamiri

Kusurlu restorasyonlar genel diş hekimliği uygulamalarında sıklıkla karşılan sorunlardandır. Kısmen kusurlu restorasyonların tamamen dokudan uzaklaştırılıp yenilenmesi yıllarca hekimler tarafından benimsenen bir yaklaşım olmuştur. Restorasyonu yenilemek zaman alıcı olmasının yanı sıra, daha büyük bir restorasyona dönüşme riski, sağlam diş dokusunda gereksiz kayba neden olması ve pulpa hasarına neden olma gibi dezavantajlara sahiptir (Fernandez ve ark., 2015). Restorasyonların değiştirilme nedeni mevcut restorasyonun materyaline ve dişe özgü diğer faktörlere

göre değişebilmektedir. Restorasyon tamiri, yeniden cilalama ve marjinal kaplama (sealing) yöntemleri son yıllarda yenilemeye alternatif olan tedavi şekilleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Marjinal kaplama adaptasyonda tatmin edici sonuçlar sağlayabilmektedir ancak tamirden daha az klinik ömür göstermektedir. Cilalama sistemleri ya da frez kullanılarak yapılan yeniden cilalama, restorasyonun küçük kusurlarını yok ederek hızlı bir şekilde tatmin edici görünüme kavuşmasını sağlamakta ve yenileme seçeneğini ortadan kaldırabilmektedir (de Carvalho Martins ve ark., 2018; Moncada ve ark., 2009; Fernandez ve ark., 2015). Klinik şartlar, kullanılan restoratif materyal ve fiyat performans ilişkisi yenileme ya da tamire karar vermekte önemli rol oynamaktadır (Hickel ve ark., 2013).

Adeziv diş hekimliğinde yaşanan gelişmeler sayesinde restorasyon tamiri minimal invaziv diş hekimliği yaklaşımını tamamlayan bir tedavi biçimi olmuştur. FDI 2019 Restorasyon Tamiri bildirisinde tamir, klinik olarak kabul edilemez bir restorasyonu restoratif materyal eklenmesiyle klinik olarak kabul edilebilir bir duruma getiren minimal invaziv yaklaşım olarak tanımlanmıştır (<https://www.fdiworldddental.org/repair-restorations> , Erişim Tarihi: 1 Eylül 2022). Tamir tatmin edici klinik performans gösteren basit ve hızlı bir alternatif tedavi olarak görülmektedir (Fernandez ve ark., 2015; de Carvalho Martins ve ark., 2018). Her bir yenileme preparasyonun daha da genişlemesine neden olurken tamir, restorasyon döngüsünü yavaşlatmaktadır (Elderton, 1990; Özcan, 2017).

4.3.1. Restorasyon tamirine karar vermede hasta merkezli yaklaşım

Ağız hijyeni iyi olan, düzenli dental bakım yaptıran ve bilinç düzeyi yüksek hastalar restorasyon tamiri için ideal adaylardır. Bunun yanında kompleks tıbbi öyküleri olan veya geniş kapsamlı tedaviler için sınırlı kooperasyon gösteren hastalarda da restorasyon tamiri hekimler tarafından tercih edilen tedavi seçeneğidir. Bazı durumlarda lokal anesteziye gerek duymadan restorasyonu tamir edebilme avantajı restorasyon yenilemeye kıyasla hastalarda daha az strese neden olan bir yaklaşım olarak avantaj sunmaktadır. Hastalar tamir işleminin doğasını anlamalı ve yenilemeyle arasındaki farklar konusunda yeterince bilgilendirilmelidir. Restorasyon tamirinin minimal girişimsel, var olan dokuyu korumaya yönelik yaklaşım ve zaman, maliyet konusunda sağlayabileceği tasarruf hakkında görüş bildirilerek hastanın rızası

sağlanmalıdır (Sharif ve ark., 2014; Blum ve Özcan, 2018). Mevcut restorasyonun başarısızlığına neden olan faktörlerin tamir edilen restorasyonda da aynı soruna neden olmaması için etiyolojik faktör tespit edilerek mümkünse ortadan kaldırılmalıdır.

4.3.2. Restorasyon tamirine karar vermede diş merkezli yaklaşım

Hasta merkezli kriterler sağlandıktan sonra diş odaklı kriterlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Dişe özgü değerlendirme esnasında gerekli bilgiyi sağlamak için tek bir yöntem olmadığından uygun yöntemi kullanmak önemlidir. Uygun radyografik görüntüler ve görsel muayene için büyütme araçları klinik değerlendirmenin özgünlüğünü ve duyarlılığını sağlamada öne çıkmaktadır (Blum ve Özcan, 2018).

4.3.3. Tamir endikasyon kriterleri

Bir restorasyonun kusuru ve tamir edilip edilmeyeceğine karar vermede görsel, dokusal ve radyografik muayene yol gösterici olmaktadır. Klinik teşhiste en sık karşılaşılan restorasyon problemleri; sekonder çürükler, kenar defektleri, kenar renklemeleri ve lekelenmeler, restorasyon ve diş dokusu rengi uyumsuzlukları, restorasyon gövdesi renklemesi, restorasyon gövdesinde kırılmalar, bağlantılı diş dokusunda kırılmalar ve restorasyon aşınmalarıdır (Blum ve Özcan, 2018).

Hekimin bir restorasyonun tamir ya da yenileme ihtiyacına karar vermesinde USPHS kriterleri yol gösterici olabilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü, retansiyon, renk uyumu, kenar uyumu, kenar renklemesi, anatomik form, sekonder çürük oluşumu, postoperatif hassasiyet gibi özelliklerin değerlendirildiği kriterlerde Alfa (A), Bravo (B) ve Charlie (C) skorlaması kullanılmaktadır. Alfa, uzun süre dayanması beklenen; Bravo, idealden uzaklaşmış bir veya daha fazla özellik içeren; Charlie restorasyona müdahale edilmediği sürece dişte veya çevre dokularda gelecekte hasar oluşması muhtemel durumdakileri temsil etmektedir (Gordan ve ark., 2009).

Kusurlu restorasyonların değerlendirilebileceği dört genel seçenek vardır (Hickel ve ark., 2013):

1-Tedavi ihtiyacı yok: Renk değişimleri ya da lekelenmeler, standart dışı marjinler gibi tedavi edilmediğinde klinik dezavantaja neden olmayacak küçük bulgulara tercih edilebilmektedir.

2- Düzeltme (Refurbishment): Dişe zarar vermeden ve yeni restoratif materyal eklenmesine ihtiyaç duyulmadan yüzeyin yeniden şekillendirilmesi, taşkınlıkların uzaklaştırılması, renk değişikliklerinin giderilmesi gibi uygulamalar bu kapsamdadır.

3- Tamir (Repair): Klinik olarak yetersiz ve kabul edilemez durumdaki lokal eksikliklerin yeni restoratif materyal eklenerek, diş sert dokusunda/restorasyonda preparasyonlu ya da preparasyonsuz giderilmesini kapsayan minimal invaziv bir tedavi yaklaşımıdır (Hickel ve ark., 2010).

4- Değişirme (Replacement): Onarımın uygun olmadığı geniş ve ciddi sorunlarda restorasyonun tamamının kaldırılmasını içeren ve genellikle sağlam diş dokusunda daha fazla kayıp ortaya çıkan tedavi seçeneğidir.

4.3.4. Restorasyon tamirinde yüzey hazırlık işlemleri

Seramik, metal, kompozit veya rezin seramikler gibi farklı restorasyon türlerinin tamirinde mekanik ve kimyasal tutunmaya ön hazırlık sayılabilen yüzeyin pürüzlendirilmesini sağlayacak işlemler yapmak pek çok araştırmacının önerdiği bir yaklaşımdır. Frezle pürüzlendirme, asit ile pürüzlendirme, alüminyum oksit ile pürüzlendirme, tribokimyasal silika kaplama, biyoaktif cam partikülleri ile pürüzlendirme ve lazer bu yüzey hazırlık işlemlerini oluşturmaktadır. Restorasyon tamirinde izlenecek basamaklar yüzey hazırlık işlemlerini takiben, silan uygulaması, adeziv ajan uygulaması ve kompozit rezin ile tamir olarak sıralanabilir (Şekil 1.)



Şekil 1. Restorasyon tamirinde izlenen adımlar

4.3.4.1. Elmas frez ile pürüzlendirme

Frez ile restorasyon yüzeyinde makro mekanik tutunma alanlarının oluşması sağlanabilmektedir (Loomans ve ark., 2011a). Ancak agresif bir çalışma yöntemi

olduğundan gereksiz madde kaybına neden olabilmektedir. Ayrıca frez ile pürüzlendirme sırasında seramik yüzeylerde çatlaklar oluşabilmektedir. Valente ve ark.'ın kompozit tamirinde farklı boyutlarda aşındırıcı partiküllere sahip elmas frezleri değerlendirdikleri çalışmalarında yeni ya da yaşlanmış restorasyonların tamirinde frezle aşındırmanın iyi bir tutunma alanı sağladığı ve tamir bağlanma direncinde ince grenli frezlerin orta grenli ve ekstra ince grenli daha iyi performans gösterdiği belirtilmiştir (Valente ve ark., 2015).

4.3.4.2. Asit ile pürüzlendirme

Asit ile pürüzlendirme materyal yüzeyinde temizlik sağlamaktadır ve bağlanma gücünü artıran mikro tutucu alanların oluşmasına yol açmaktadır. Yüzeylerin dağlanması genel olarak fosforik asit ve hidroflorik asitle gerçekleştirilmektedir.

1- Fosforik asit (H_3PO_4): Mine ve dentin üzerinde direkt etkiye sahip olan fosforik asit kompozit, seramik ve metal yüzeylerinde direkt etkiye sahip değildir. Seramik morfolojisinde değişikliğe neden olmazlar, yüzey temizliğini sağlamada kullanılabilirler (Loomans ve Özcan, 2016; Loomans ve ark., 2011a).

2- Hidroflorik asit (HF): Seramik ve kompozit restorasyonların tamirinde yüzey pürüzlendirme yöntemlerinden biri olan HF uygulama hassasiyeti bulundurmasının yanı sıra kolay erişilebilirliği, hızlı uygulama seçenekleriyle sık kullanılan yöntemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. HF seramiğin cam matriksini selektif olarak çözerek gözenekli düzensiz bir yüzey meydana getirip mikrotutucu alanların oluşmasına olanak tanımaktadır. HF ile pürüzlendirmenin sadece silika (SiO_2) esaslı seramiklerde veya camlarda etkili olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Ozcan ve Vallitu, 2003; Dong ve Oh, 1998). Feldspatik ve cam seramiklerin yüzey hazırlığında tutucu alanların oluşmasını sağlayarak başarılı sonuçlar verirken, Procera Inceram gibi kristalin oranı yüksek seramiklerde yetersiz tutucu alanlar oluşmasına neden olup, zirkonyum oksit seramiklerde etkisiz görülmektedir (Kumbuloglu ve ark., 2005; Wolfart ve Uphaus, 2007).

HF'nin kompozit yüzeyindeki aşındırma gücü rezin içeriğindeki doldurucu partikül cinsine ve miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ozcan ve ark., 2005; Loomans ve ark., 2011a). Zirkonyum parçacıklar ya da kuartz partiküller içerenler, baryum cam doldurucu partiküller içerenlere göre HF ile asitleme işleminden daha az

etkilenmektedir (Loomans ve ark., 2011b). %3, %5, %9,6, %10 gibi farklı konsantrasyonlarda HF içeren ürünler bulunmaktadır. %4-%10 aralığındaki konsantrasyonlara sahip ürünlerin ağız içinde kullanımı güvenli olarak bildirilmektedir (Gupta ve ark., 2015). Yapılan çalışmalarda en uygun konsantrasyon ve uygulama süresi hakkında bir ortak protokole varılamamıştır (Loomans ve Özcan, 2016). HF ağız içerisinde direkt olarak kullanılacaksa diş dokusu, diş eti ve ağız mukozasına temasından kaçınılmalıdır. Dentin ve minenin HF ile kontaminasyonunda bir CaF_2 (kalsiyum florür) çökeltisi oluşur ve bu daha sonra dentin tübüllerine ve mineye adeziv rezin infiltrasyonunu engelleyerek tamirin sonraki aşamalarında sağlıklı bir bağlanmanın önüne geçebilmektedir (Saracoglu ve ark., 2011). HF uygulamaları risklerine karşın bariyer uygulamaları yapılarak ve dikkatle gözlemleyerek hasarın önlenebildiği şekilde kullanılabilir.

4.3.4.3. Alüminyum oksit ile pürüzlendirme

Farklı boyutlara sahip alüminyum oksit partiküllerinin basınç altında yüzeye uygulanması temeline dayanan yöntem kumlama olarak da anılmaktadır. Alüminyum oksit ile kumlama sık kullanılan yüzey pürüzlendirme yöntemlerinden birisidir. Restorasyon yüzeyinde mikro tutunma alanları oluşturarak yüzey enerjisini ve dolayısıyla bağlantıyı artıran bir uygulama olarak tercih edilmektedir (Yoshihara ve ark., 2017). Air abrazyon olarak da bilinen bu uygulama, 30-250 μm arasında değişen partikül büyüklükleri olan aşındırıcılar ile gerçekleştirilir. Klinik ortamında ya da laboratuvar şartlarında gerçekleştirilebilmektedir. Metal, seramik, kompozit ve amalgam yüzeylerde 2-3 bar basınç ile farklı uygulama süreleri ve uzaklıklardan uygulanarak yüzeyde temizlik ve pürüzlülük sağlanmaktadır. Zirkonya materyaller için daha uzun uygulama süresi gerekebilmektedir (Ozcan ve ark., 2013). Kumlamanın yüzeyde oluşturacağı etki materyalin bileşimi ve mikroyapısından etkilenmektedir (Rodrigues ve ark., 2009).

Air abrazyonun en büyük dezavantajı, restorasyonun uzun dönem performansını etkileyebilecek şekilde yüzey hasarı oluşturma ihtimalidir (Kimmich ve Stappert, 2013). Yüksek basınçta ve uzun süreli restorasyon yüzeyine çarpan partiküller çatlaklara neden olabilmektedir.

4.3.4.4. Biyoaktif cam partikülleri ile pürüzlendirme

Biyoaktif camlar (BAC) 1969 yılında Hench ve arkadaşları tarafından hasarlı dokuların onarımında ve yeniden yapılandırılmasında birçok uygulama ile keşfedilmiştir. BAC, 45S5 de denilen bu tozda ağırlıkça %45 SiO₂, %24,4 CaO, %24,5 NaO ve %6 P₂O₅ bulunmaktadır (Milly ve ark., 2014). Güvenlikleri kapsamlı bir şekilde Wilson ve ark. tarafından araştırılmış ve gözden geçirilmiştir. Biyoaktif camların hem *in vivo* hem de *in vitro* testlerde güvenli malzemeler olduğu gösterilmektedir. Biyoaktif camların kullanımı geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Periodontal defekt ve kemik sırtını büyütme, maksillofasiyal rekonstrüksiyon ve kırık fiksasyonu dahil olmak üzere klinik uygulamalarda kullanılmaktadır (Hench, 1991).

Biyoaktif cam partiküllerinin air abrazyon işleminde alüminyum oksit partiküllerine alternatif olabileceği düşünülmektedir. Alüminyum oksit partiküllerinden daha düşük Young modülü ve Vickers sertlik değerine sahiptir. BAC parçacıkları yuvarlak, kübik bir şekle sahipken, alümina parçacıkları daha keskin, köşeli kenarlara sahiptir dolayısıyla bu alüminanın fiziksel aşındırıcılığını arttırmaktadır (Milly ve ark., 2014). Bu da BAC air abrazyonu ile agresif olmayan, koruyucu, minimal invaziv bir aşındırmanın elde edilebileceğini göstermektedir (Banerjee ve ark., 2008; Milly ve ark., 2014).

BAC air abrazyonu yüzeydeki lekeler, debrisler ve demineralize mine dokusunu seçici olarak kaldırabilmektedirler. Sağlam diş dokusunu minimum etkileyerek gereksiz madde kaybına neden olmamaktadır (Banerjee ve ark., 2011). Ayrıca hassasiyet giderici olarak diş macunu içeriğine eklenip piyasaya sürülmüş formları mevcuttur (Baino ve ark., 2018). Son yıllarda diş hekimliğinde BAC materyallerine dair pek çok çalışma yayınlanmıştır. Bu yüzden restoratif materyallerin gelişiminde geleneksel doldurucuların yerini remineralizasyon enzimlerinin inhibisyonu, bakteri büyümesinin önlenmesi ve pH kontrolünü destekleyen BAC partikülleri almaktadır (Bauer ve ark., 2019).

4.3.4.5. Tribokimyasal silika kaplama

Tribokimyasal silika sistemi hasta başında uygulamaya uygun olup silika kaplı alümina parçacıklarının kimyasal olarak daha reaktif bir yüzey elde etmek için basınç altında yüzeye püskürtülmesidir. 30-50 µm büyüklüğündeki alüminyum oksit

partiküllerin silisyum oksit ile modifiyesi ile ticari ismi Cojet olan kumlama partikülleri elde edilmektedir. 30 µm boyutunda silika kaplı Al₂O₃ tozu (CoJet Kum, 3M ESPE, Almanya) 2-3 bar basınç altında uygulanmaktadır. Cojet yüzey işleme sistemi tamir kompozitinin seramik, rezin nanoseramik veya rezin yüzeylere bağlantısını artırabilmektedir (Attia, 2010). Tribokimyasal silika kaplama uygulaması sadece yüzey pürüzlendirmesine neden olmayıp aynı zamanda yüzeyin kimyasal olarak aktive olmasına da neden olmaktadır. Alümina veya silika parçacıkları, yüzeyi kaplar ve daha sonra siloksan tabakası aracılığıyla silan bağlama maddesi ile kovalent bağlar oluşturur (Özcan, 2017).

4.3.4.6. Lazer

Restorasyon tamirinde yüzey hazırlık işlemlerinde kullanılan yöntemlerden biri de lazerdir. Er;Cr:YSGG, Er:YAG ve Nd:YAG lazerler yüzey pürüzlendirmede kullanılmaktadır.

Kompozit rezinlerde Erbiyum lazerin kullanımı sırasında su ile lazer enerjisinin yüzeye aktarılmasını takiben vaporizasyon (buharlaşıma) ve ablasyon oluşmaktadır. Bu işlem sırasında, hızlı bir erime meydana gelir ve eriyen materyalin hacmindeki ani değişiklik ile güçlü genleşme kuvvetleri üretilmektedir. Oluşan kuvvetler ve kompozit rezin yapısı arasındaki etkileşimin sonucunda, erimiş materyal yüzeyden damlacıklar halinde uzaklaşmakta ve yüzeyde çıkıntılar oluşmaktadır (Alizadeh ve ark., 2013).

Laboratuvar araştırmaları ve klinik çalışmalar sonucunda Er:YAG ve Nd:YAG lazerlerin pulpa ve çevre dokulara zarar vermedikleri, diş sert dokularını minimum zararlar kaldırdıkları görülmüştür (Mirzaie ve ark., 2013).

4.3.5. Silan uygulaması

Silan bağlayıcı ajanlar seramik ve kompozit restorasyonların ağız içi tamirinde sıklıkla restorasyon protokolünün bir parçası olarak kullanılmaktadır (Thompson ve ark., 2011). Hidrolize ve hidrolize olmayan olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Hidrolize olanlar aktive olmuş şekildedir ve direkt kullanıma hazırdır. Adeziv rezin uygulamasından önce ayrı aşamada kullanılabilirler ya da alternatif olarak bazı universal adezivlerin içerisinde tek şişede bulunurlar. Hidrolize silan solüsyonları nispeten daha kısa raf ömrüne sahip olabilmektedirler. Şişe açıldıktan sonra kademeli olarak silanın aktifliği azalarak optimum bağlanmadan uzaklaşabileceği

düşünülmektedir. Başlangıç reaktivitesini artırmak ve raf ömrünü yükseltmek amacıyla iki şişeden oluşan silan sistemleri geliştirilmiştir. Hidrolize olmamış silanlar ise aktive olmak için asit ya da 10-MDP gibi (10- metakriloksidetil di hidrojen fosfat) asidik monomerlere ihtiyaç duymaktadır. Adeziv sisteme bağlı olarak silan ajan primer ya da adeziv rezin ile karıştırılabilmektedir (Loomans ve Özcan, 2016; Mendes ve ark., 2020; Matinlinna ve ark., 2018).

Mikro mekanik bağlanmanın yanı sıra kimyasal bağlanma da tamir kompozitinin bağlanma mukavemetini artırmak için istenmektedir. Silan ve adeziv uygulamaları kimyasal bağlanmayı sağlayan aşamalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dental kompozitler çeşitli türlerde doldurucu partiküller içermektedir. Silan ajanının uygulanması bu doldurucular ve organik matriks arasındaki bağlantıyı artırmaktadır (Fornazari ve ark., 2017). Silan, seramiklerin silika fazları ve kompozit rezinler arasında siloksan bağlarıyla kimyasal bağlanma sağlamak için kullanılmaktadır (Söderholm ve Shang, 1993; Queiroz ve ark., 2012). Kompozitte silika içerikli doldurucu partikülleri açığa çıkmış tamir yüzeyi ile yeni kompozitin rezin matriksi arasında siloksan bağlarıyla kimyasal bağlanmayı güçlendirmek amacıyla silan uygulaması gerçekleştirilmektedir (Altinci ve ark., 2017).

Silan sadece seramiğin ıslanabilirliğini artırmak için yüzey enerjisini yükseltmekle kalmaz indirgenebilir fonksiyonel gruplar ve polimerize olabilen C=C karbon çift bağları üzerinden silikon dioksit ve metakrilata bağlanır (Sun ve ark., 2000; May ve ark., 2010; Sakai ve ark., 2011).

Literatürde silan uygulamasının bağlanmaya etkisine dair farklı görüşler mevcuttur. Farklı markalar ürettikleri universal bonding ajanların içeriklerinde bulunan silandan ötürü restorasyon tamirinde kullanımını önermektedir. Restorasyon tamirinde universal adeziv ajanların kullanımına ilave olarak ayrı silan uygulamasını öneren üretici firmaların yanı sıra, ilave silan uygulamasını önermeyen sadece universal adeziv ajanı uygulamayı yeterli gören üreticiler de mevcuttur. Silan içeren universal adezivlerin yanına ilave silan uygulamasını öneren ve önermeyen çalışmalar bulunmaktadır. Silan uygulamasını bağlanmayı artırmadığını söyleyen çalışmaların yanı sıra (Rodrigues ve ark., 2009; Cho ve ark., 2013; Kaneko ve ark., 2015) silan

uygulamasının restorasyon tamirine olumlu etkisi olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Tezvergil ve ark., 2003; Loomans ve Özcan, 2016).

4.3.6. Adeziv ajan uygulanması

Adeziv sistemler diş-restorasyon, restorasyon-siman, restorasyon-restorasyon arasında mikromekanik bağlanmayı sağlayarak ağız sıvılarının, çeşitli mikroorganizma ve artıklarının geçişini önlemekte ve sekonder çürük, marjinal renkleşme, post operatif hassasiyet gibi problemlerin oluşmasını önlemektedir. Adeziv sistemler tamir kompozitinin bağlanma mukavemeti üzerinde de etkiye sahiptirler. Mekanik olarak hazırlanmış ve silanlanmış yüzeyin ıslanabilirliğini arttırmaktadırlar.

Son dönemde geleneksel adeziv sistemlerin olumsuzluklarını ortadan kaldırmak ve materyal uygulama kolaylığı sağlamak adına multimod ya da universal olarak adlandırılan adezivlerin üretimi ve kullanımı yaygınlaşmıştır (Fornazari ve ark., 2017). Bu ürünler adeziv sistemleri basitleştirerek tek basamaklı adeziv sistemler gibi tüm kimyasal içeriğin tek bir şişede toplanmasına imkan sağlamaktadır. Universal adezivler klinik uygulama prosedürlerini basitleştirerek klinisyenlere uygulama kolaylığı sağlamaktadır (Zaghloul ve ark., 2014). Etch and rinse modunda, self etch modunda veya selektif etch modunda kullanıma uygundur.

Universal adezivlerin matriksinde hidrofobik (hidroksietil metakrilat, HEMA), hidrofilik ve nötr (Bisfenol-A glisildimetakrilat, Bis-GMA) yapıya sahip monomerlerin kombinasyonu bulunmaktadır. Geleneksel tek aşamalı self etch ajanlardan farklı olarak spesifik karboksilat ya da fosfat monomerleri içerirler, bu gruplar da bağlanma etkinliğine hidroksiapatit içindeki kalsiyuma iyonik olarak bağlanarak tesir edebilmektedir.

Bazı universal adezivler içeriğinde silan bulundurlar ve cam seramik ve rezin kompozitlerin bağlantısında silanizasyon aşamasını potansiyel olarak ortadan kaldırmaktadırlar (Sofan ve ark., 2017). Böylece restorasyon tamirinde hasta başında geçen sürenin azaltılması, uygulama prosedürünün basitleştirilmesi ve operatöre bağlı hataların elimine edilmesi sağlanmaktadır. Restorasyon tamirinde universal adezivin tek ve universal adeziv ile ilave silan uygulamasının bağlantıya etkisine dair farklı sonuçlar veren çalışmalar bulunmaktadır (Şişmanoğlu ve ark., 2020; Isolan ve ark., 2014).

4.3.7. Kompozit rezin uygulanması /Kompozit materyaller ile tamir

The Dental Practice-Based Research Network (DPBRN)'ün klinisyenlerin katılımıyla ortaya koyduğu çalışmada diş renginde direkt restoratif materyaller klinisyenler tarafından tamir ya da yenileme tedavilerinde ilk seçenek olarak ortaya çıkmıştır. Bunun en önemli nedenlerinden biri hastaların estetik beklentilerinin son yıllarda daha da artmış olmasıdır.

Rezin içerikli kompozitler mekanik, mekanik-kimyasal veya kimyasal adezyon yöntemleri ile ufak yüzeylere dahi tutunma sağlayarak defektli ya da başarısız restorasyonların tamirinde ön plana çıkmaktadır (Gordan ve ark., 2012; Özcan, 2017).

Tamir restorasyonunun başarısı çoğunlukla kompozit materyal ve defektli restorasyon arasında gerçekleşen bağlantıya bağlıdır (Gordan ve ark., 2003). Restorasyon yüzeyinde gerçekleştirilen çeşitli pürüzlendirme yöntemleriyle bağlanmaya uygun bir alan oluşturulması hedeflenmektedir. Mekanik bağlantıyı sağlamak için air abrazyon partikülleriyle, elmas frezlerle, lazerle veya fosforik asit, asidüle fosfat florid, hidroflorik asit gibi ajanlarla pürüzlendirme tercih edilmektedir.

Retansiyon olukları, andırkatlar veya elmas frezle pürüzlendirme ile eski restorasyon yüzeyine makro mekanik bağlantı sağlanabilir. Materyal içerisindeki cam fazın çözülmesini sağlayan asitleme yöntemi ve çeşitli partiküller kullanılarak gerçekleştirilebilen air abrazyon yöntemi mikro mekanik bağlantı ortaya çıkarabilmektedir. Adeziv ve silan uygulaması ise bir kimyasal bağlantı oluşmasını sağlamaktadır (Loomans ve ark., 2011).

Brosh ve arkadaşlarına göre tamir uygulamalarında eski ve yeni kompozit arasında üç farklı mekanizma ile bağlantı gerçekleşebilmektedir: 1) organik matriks ile kimyasal bağlanma, 2) açığa çıkan doldurucu partiküller ile kimyasal bağlanma, 3) yüzey işlemleri sonrası mikromekanik bağlanma. Rezin matriks ile bağlanma eski kompozit yüzeyinde bulunan eşleşmemiş karbon çift bağları sayesinde gerçekleşebilmektedir (Brosh ve ark., 1997; Rodrigues ve ark., 2009).

Klinik pratiğinde, kompozit atmosferik oksijene maruz bırakılarak, polimerize edilmemiş halde kalan oksijenle zenginleştirilmiş bir yüzey tabakası oluşturmaktadır. Oksijen inhibisyon tabakası visközdür ve eşleşmemiş karbon bağları içermektedir. Polimerize matriksin yüzeyindeki fonksiyonel grupların eşleşmemiş karbon bağları,

tamir rezin kompozitinin monomerinin bağlanmasına izin verecek ve böylece bağlanmayı geliştirecektir (Rinastiti ve ark., 2010).

Tamir prosedürünün başarısı eski restoratif materyalin özelliklerine, yeni restoratif materyale ve yüzeye uygulanan prosedürlere bağlıdır. Normalde iki kompozit tabakası arasındaki bağlantı polimerize olmamış oksijen inhibisyon tabakası ile gerçekleşmektedir. Materyalde oluşan yaşlanma ve su absorpsiyonu oksijen inhibisyon tabakasını kaldırarak ve eşleşmemiş karbon çift bağlarını azaltarak bağlanmayı negatif etkilemektedir (Oho ve Morioka, 1990; Papacchini ve ark., 2007; Eren ve ark., 2019).

Arka ve ön dişlerin restorasyonunda tercih edilen kompozit rezinler sürekli gelişerek ve iyileşerek uzun bir yol kat etmiştir. Resin esaslı kompozitler ilk olarak 1960'ların başında geliştirilmiştir. Akriliklere ve silikatlara göre daha yüksek mekanik özelliklere, daha düşük termal genleşme katsayısına, daha düşük boyutsal değişikliğe ve aşınmaya karşı daha yüksek dirence sahip malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadırlar.

4.4. Kompozit rezinlerin yapısı

Kompozit materyaller, farklı yapılara ve özelliklere sahip, birbiri içinde çözünmeyen, bir arada genellikle daha iyi özellikler gösteren en az iki farklı fazdan oluşan ürünlerdir. Kompozit rezinler üç temel bileşenden oluşmaktadır; organik resin matrisi, resin matrisi içinde dağılmış inorganik doldurucu partiküller ve doldurucu partiküllerin resin matrisine kimyasal bağlanmasını sağlayan silan bağlayıcı ajanı. Ayrıca polimerizasyonun başlamasını sağlayan foto başlatıcı, bileşenlerin kendiliğinden polimerize olmasını önleyen inhibitör ve renk pigmentleri bulunmaktadır (Miletic, 2018; Sakaguchi ve Mitra, 2012).

4.4.1. Organik polimer matrisi

Günümüzde çoğu kompozit rezinde organik polimer matrisini metakrilat monomerlerin çapraz bağlı bir matrisi oluşturmaktadır. En yaygın monomerler Bis-GMA ve UDMA'dır. Bis-GMA gibi yüksek yoğunluklu monomerler klinik uygulanabilir kıvama gelmesi için yoğunluk azaltıcı ilave bileşiklere ihtiyaç duymaktadırlar. Karbon çift bağları içeren düşük molekül ağırlıklı trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) ya da etoksilat bisfenol A dimetakrilat (Bis-EMA6) ilave

edilerek kompozit bileşiminin viskozitesi azaltılıp ve kontrol edilebilmektedir (Kumar ve ark., 2016). Monomerler her iki uçta, serbest radikal başlatıcılar tarafından başlatılan ilave polimerizasyona maruz kalabilen reaktif karbon çift bağları ihtiva etmektedir (Sakaguchi ve Mitra, 2012; McCabe ve Walls, 2008). Bis-GMA düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek viskozite ve düşük uçuculuk özelliklerine sahiptir. Bis-GMA'nın kullanımını avantajlı hale getiren metil metakrilat gibi diğer küçük boyutlu monomerlerden daha az büzülme göstermesi, doku difüzyonu ve uçuculuğunun az olması nedeniyle toksisitesinin az olmasıdır. Ayrıca diğer monomerlerden daha yüksek refraktif indekse sahip olması iyi bir seçenek olmasını sağlamaktadır.

UDMA fenol halkası içermediği için Bis-GMA'dan yüksek esneklik ve dayanım gösterir. Viskozitesi Bis-GMA'dan daha düşük, TEGDMA ve Bis-EMA'dan yüksektir. UDMA esaslı kompozit rezinler Bis-GMA esaslı kompozitlere kıyasla daha iyi polimerizasyon oranına ve dönüşüm derecesine sahiptir. Bis-GMA'ya kıyasla düşük viskozitesine rağmen, UDMA, Bis-EMA ile karıştırıldığında daha düşük hareketlilik, düşük reaktivite ve düşük dönüşüm derecesi gösterir (Polydorou ve ark., 2009; Alshali ve ark., 2013; Yaday ve Kumar, 2019).

Polimerizasyon kaynaklı büzülme ve iç stresi azaltmak amacıyla siloran isimli monomer geliştirilmiştir. Siloranların polimerizasyonu için özel başlatıcılar gerekmektedir.

Kompozit rezinlerin klinik uygulama prosedürlerini basitleştirme isteği dokuya kendinden bağlanabilen self adeziv kompozitlerin geliştirilmesine sebep olmuştur. *In vivo* ve *in vitro* çalışmalar self adeziv kompozitlerin başarı ve başarısızlıklarını değerlendirmeye devam etmektedir (Miletic, 2018).

4.4.3. İnorganik doldurucu faz

İlk üretilen kompozitler %60-80 oranında 1–50 µm boyutlarında kuartz ya da cam doldurucular içermektedir. Zamanla kompozit materyaller içerisinde kullanılan doldurucu boyutları da değişiklik göstermiştir.

İnorganik doldurucu faz materyalin mekanik özelliklerini arttırmaktadır. Resin matrisi güçlendirir, polimerizasyon esnasında büzülme hacmini kontrol eder (Sakaguchi ve Mitra, 2012). Radyoopasite, translüsensi, yüzey pürüzlülüğü ve

cilalanabilirlik gibi estetik ve uygulama kolaylığı sağlayan özelliklerinin iyileştirilmesine katkıda bulunur. Kuartz, lityum alüminyum silikat, borosilikat cam, baryum, stronsiyum, çinko, yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucular matriks içinde dağılmış halde bulunurlar. Yaygın olarak kullanılan doldurucu maddeler kuartz, erimiş silika, silikatlar, borosilikatlar ve baryum oksit ve çinko içeriklidir. Baryum ve çinko gibi ağır metaller içeren camlar yüksek radyoopasite sağlamaktadır.

Doldurucu partiküller boyutlarına göre sınıflandırılmaktadır. Materyalin yapısındaki partiküller ne kadar küçükse, kompozit rezin daha iyi cilalanabilme özelliğine sahiptir (Ferracane, 2011). Bununla birlikte, doldurucu partikül boyutları materyalin mekanik özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmemesi için belli bir oranda küçültülebilmektedir.

4.4.4. Ara bağlayıcılar

Kompozit materyallerin başarılı bir performans sergileyebilmesi için organik matriks ve inorganik doldurucular arasında iyi bir bağlantı olması gerekmektedir. Bunun için bağlayıcı ajanlar kullanılmaktadır. Silikon bileşik içeren silan bağlayıcı ajan en sık kullanılanlardandır.

Silan ajan hidrofobik bir ortam oluşturarak su emilimini düşürmektedir. Kompozitin mekanik direncini arttırmaktadırlar ve klinik yıpranma esnasında doldurucu ve matriksin ayrılmasını minimize etmektedirler. Oluşan arayüz faz sayesinde matriks ve doldurucu arasında stres dağılım ortamı meydana gelmektedir (Sakaguchi ve ark., 2012; Nihei, 2016).

4.4.5. Başlatıcılar

Kompozit rezinlerin sertleşmesi ışık veya kimyasal bir reaksiyonla tetiklenir. Işıkla sertleşen kompozitler yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Geçmişte ve günümüzde üretilen malzemelerde tip II fotobaşlatıcı kamforokinon ve tersiyer amin gibi bir yardımcı başlatıcı kullanılır. Karşılık gelen fotonların emilmesi üzerine, fotobaşlatıcı sistemi bir serbest radikal polimerizasyon işlemi başlatır. Işıkla aktivasyon kompozit bileşiminin içerisinde 0,1%-1,0% oranlarında bulunan kamforokinon tarafından yaklaşık 400-500 nm dalga boyu aralığında 465 nm’de pik absorbe edilen mavi ışık sayesinde gerçekleştirilmektedir. Amin ve kamforokinon kompozit rezin oda sıcaklığında ve ışığa maruz kalmadığı sürece stabildir. Daha düşük dalga boylarında

ışık absorbe eden fosfin oksitler veya germanyum bazlı moleküller gibi alternatif ve daha basit tip I fotobaşlatıcı moleküller de önerilmektedir.

Kamforokinon sertleşmemiş kompozitte sarımsı bir görünüme neden olmaktadır. Kompozit sertleştirildikten sonra bu etki kaybolur. Dolayısıyla özellikle renk seçerken kullanılacak kompozitin ışıkla sertleştirildikten sonra renge karar verilmesi tavsiye edilmektedir (Korkut ve ark., 2022). Abzorsiyon spektrumunun yanı sıra başlatıcının kimyasal özelliği de kompozitin rengini etkilemektedir. Pigmentsiz kompozit rezinlerde fosfin oksit kamforokinondan daha iyi renk stabilitesi göstermiştir, fosfin oksit içeren kompozitlerde daha fazla çapraz bağ içeren polimer ağı oluşabilmektedir (Randolph ve ark., 2016; Palin ve ark., 2014).

Polimerizasyonu ışıkla değil de iki bileşimin karıştırılmasıyla başlayan sonrasında hem ışıkla hem de kendiliğinden polimerizasyonu devam eden otopolimerizan kompozit rezinler de mevcuttur. Bu materyaller indirekt restorasyonların simantasyonu ya da kor yapımı gibi ışık yayılımının problem yaratabileceği durumlarda kullanılmaktadır (Randolph ve ark., 2018).

4.4.6. Renk pigmentleri ve diğer bileşenler

İnorganik oksitler diş dokusunun rengiyle uyum sağlayabilmesi adına kompozit materyallere eklenmektedir. Demir oksitler sıklıkla kullanılmaktadır. Kompozitin doğal diş başarılı bir şekilde taklit etmesi için floresans ajanlar da kullanılabilmektedir (Sakaguchi ve ark., 2012).

4.4.7. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması

Kompozit rezinler doldurucu tipi, partikül boyutu, partikül dağılımı, polimerizasyon yöntemi, viskozite, uygulama biçimi gibi farklı özelliklerine göre sınıflandırılabilir (Randolph ve ark., 2018).

Doldurucu partikül boyutuna göre;

Makrofil kompozit rezinler, 20-30 µm çapında sferik ya da düzensiz şekilli partiküller içeren kompozitlerdir. İlk üretilen kompozitler makrofil tipte olup düşük aşınma direncine ve opak görünüme sahiptirler.

Mikrofil kompozitler, 0,01-0,1 µm partikül büyüklüğünde homojen ya da heterojen dağılım gösterebilirler. Genellikle %50 veya daha az doldurucu ihtiva ederler.

Hibrit kompozitler, farklı büyüklükte doldurucu partiküller içerirler.

Mikrohibrit kompozitler, 0,01-1 μm büyüklüğünde partiküller içerirler. Hacimce %60-70, ağırlıkça %77-84 oranında doldurucuya sahiptirler. İyi klinik aşınma direncine sahiptirler. Stres oluşan alanlarda kullanıma uygundur. Zamanla cilalı yüzeylerini kaybederler.

Nanofil kompozitler, doldurucu nanomerik partikül boyutları görünür ışık dalga boylarının (400-800 nm) aşağısındadır. Böylelikle yüksek translüsensi sağlama şansına sahiptir. Işığın kırılması ve saçılması azalır, böylelikle polimerizasyon derinliği artar (Randolph ve ark., 2016). İki farklı türde partikül karşımıza çıkar. İlk tipi kümeleşmemiş nanomerik partiküllerden, ikinci tip ise silika veya zirkon ile kümelenmiş partiküllerden oluşur. Nano kümeler, nano boyutlu parçacıkların gevşek bağlanmasıyla ortaya çıkmaktadır. Kümeleşme sayesinde tek bir parça şeklinde davranarak yüksek mukavemet sağlarlar. Küçültülmüş parçacık boyutları ve geniş yüzey dağılımı sayesinde polimerizasyon büzülmesinin azalması, gerilme mukavemeti ve kırılma mukavemeti gibi mekanik özelliklerin artırılması mümkün olmuştur. Nanofil kompozitler en az mikrohibritler kadar dirençli ve mikrofiller kadar pürüzsüz yüzeyler sağlayabilmektedirler. Düşük opasiteleri sayesinde pigment içermeyen kompozitlerde tercih edilmektedirler. Yüksek translüsensi sayesinde doğal diş görünümünde estetik beklentilere cevap verebilmektedirler (Condon ve Ferracane, 2002; Mitra ve ark., 2003; Yap ve ark., 2004; Beun ve ark., 2007; de Andrade ve ark., 2011; Sakaguchi ve ark., 2012).

Nanohibrit kompozitler, çoğunluğu nano partiküller (<100 nm) olmak üzere submikron ($\leq 1 \mu\text{m}$) partiküller de içerirler (Randolph ve ark., 2016). Nanohibrit kompozitler silika ve zirkonya nanopartiküller, 0,6–1 μm 'dan büyük cam/zirkonya/silika nano partiküller, ön polimerizasyon yapılmış rezin doldurucular ve nano kümeler içerebilmektedirler (Randolph ve ark., 2018). Eğilme mukavemeti ve modülü mikrohibritle benzerdir (Ferracane, 2011).

Son yıllarda doldurucu içeriği güçlendirmek adına nano boyutta partiküller ve hibrit organik-inorganik dolduruculara yönelim mevcuttur. Polimer nano fiber, cam fiber ve titanyum nano partiküller kullanılarak materyal özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır (Chen, 2010; Ferracane, 2011). Kompozit rezinlere eklenecek bu

gibi partiküller sayesinde polimerizasyon büzülmesini azaltma, remineralizasyon özelliği sağlama, antibakteriyel etki gösterme, mekanik özellikleri güçlendirme gibi farklı fonksiyonların sağlanması beklenmektedir. Yeni bulunan her bileşim laboratuvar şartlarında umut verici olsa da klinik araştırmalarda da başarı göstermelidir.

Omnichroma, uniform supranano sferik doldurucu partiküller içeren, renk adaptasyonu özelliği ile ortaya çıkan bir kompozittir. Ağırlıkça %79 hacimce %68 doldurucu içeriğine sahiptir. ZrO_2 , SiO_2 partiküller içermektedir.

Pek çok malzeme pigmentasyonlarından değil kompleks yapılarından (yapısal renkler) dolayı farklı renkler sergilerler. Renk fotonik kristallerden gelir. Bir kristal, atomların veya moleküllerin uzayda tekrarlandığı modeli ifade eder (kristal kafes). Üreticiye göre Omnichroma pigment içermez ve renk özellikleri, rezin kompozitin optik özelliklerini kontrol etmek amacıyla akıllı bir kromatik teknoloji olan yapısal renklere dayanır. Bu yaklaşım, diş rengi içindeki belirli bir dalga boyunu mükemmel şekilde yansıtarak, ışık dalgalarına belirli bir frekansta yanıt veren ve böylece VITA Klasik skalasındaki tüm renkleri, tek bir renkle eşleştiren bir kompozit rezinin mühendisliğini mümkün kılmıştır (Paravina ve ark., 2007; Pereira Sanchez ve ark., 2019).

GC Essentia Universal hacimce %81 ağırlıkça %65 doldurucu miktarına sahiptir. Yüksek renk eşleşme kapasitesinde sahip body kompozit olarak tanıtılmaktadır (https://europe.gc.dental/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/essentiauniversal/leaflet/LFL_Essentia_Universal_shade_lt.pdf ; Erişim Tarihi: 20 Ekim 2021).

4.5. Tamir Restorasyonlarında Başarıyı Değerlendirme

4.5.1. Isısal çevrim işlemi (Termalsiklus)

Dental restorasyonların başarısı sağ kalımı ile tanımlanmaktadır. Restorasyonun sağ kalımı şüphesiz ağız şartlarından etkilenmektedir (Almeida, 2010). Ağız içinde fizyolojik olarak salgılanan tükürük ile ıslak bir ortama maruz kalmış olurlar. Rutinde nefes alırken, yemek yerken ve içerken dinamik bir sıcaklık dalgalanması ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık değişimleri genel olarak katı materyallerde rezidüel stres birikimine neden olmaktadır (Morresi ve ark., 2014). Bu durumlar da materyallerde yaşlanma olarak karşımıza çıkmaktadır. Restorasyonların farklı mekanik özelliklerinin yaşlanmaya duyarlılığı araştırılmaktadır. Çalışmalar göstermektedir ki mekanik

özelliklerin bükülme mukavemeti, sertliği ve Young modülüsü gibi çoğu parametresi nemli ve ıslak ortamlarda azalmaktadır (Morresi ve ark., 2014; Zhou ve ark., 2018).

Termalsiklus restoratif materyalin yaşlanmasını hızlandıran geçerli bir *in vitro* yöntem olarak görülmektedir (Cenci ve ark., 2008). Dental malzeme özelliklerini test etmek için termalsiklus kullanan birçok deneysel çalışma yayınlanmıştır (Doerr ve ark., 1996; Bedran-de-Castro ve ark., 2004; D'Amario ve ark., 2010). Termalsiklus uluslararası literatürde kabul edilmiş en yaygın kullanılan prosedürlerden biridir. Ağız ortamındaki sıcaklık değişimleri taklit edilerek klinik olarak restoratif materyaller üzerindeki etkilerin gözlenmesi istenmektedir (Chen ve ark., 2014).

Materyaller maruz kaldıkları ısı değişimlerinden ötürü suda saklama ve termalsiklus farklı materyallerin yaşlanmasında farklı etkiler gösterebilmektedir. Termalsiklus sonucu materyalde oluşan stresler, kullanılan adeziv sisteme de bağlı olarak, rezin ve diş dokusu arasındaki bağlanma kuvvetini etkileyebilmekte dolayısıyla restorasyonun marjinal bütünlüğünün bozulmasına neden olarak mikro sızıntının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Helvatjoglu-Antoniades ve ark., 2004).

Restorasyonunun klinik şartlarda uzun vadeli stabilitesinin iyi bir şekilde ön görülebilmesi için, yapay yaşlandırma testleri termalsiklusu içermelidir. Restoratif materyalleri yaşlandırmak için sıklıkla kullanılan termalsiklus protokolünde döngü sayısı, bekleme süresi ve sıcaklık için standardizasyon eksikliği mevcuttur. 55°C ve 5°C sıcaklıklarında sularda 5000 döngü ve her banyo işlemi için 30 s bekleme süresi çalışmalarda ağız ortamını taklit ettiği düşünülmekte kullanılmaktadır. 30 000 döngünün yaklaşık 3 yıllık bir yaşlandırmaya denk geldiğini, yani 10 000 döngünün yaklaşık 1 yıllık yaşlandırmayı temsil ettiğini tahmin eden çalışmalar mevcuttur (Gale ve Darvell, 1999; Morresi ve ark., 2014; Hampe ve ark., 2018).

4.5.2. Renk ölçümü

İnsanın renk algısı göze giren ve retinada üç tip renk reseptörünü stimüle eden optik sinirler aracılığıyla beyne iletilen görünür ışık spektrumunu kapsamaktadır (Johnston, 2009).

Renk koordinatları ve diş veya restorasyonla ilgili diğer optik özellikler gözle ve enstrümantal ölçümle değerlendirilebilmektedir (Lee ve ark., 2010). Görsel renk değerlendirmeleri radyant enerji stimülasyonuna fizyolojik ve psikolojik yanıtların bir

sonucudur. Yorgunluk, yaşlanma, duygular, ışık koşulları ve metamerizm gibi etkiler sonucu algıda değişiklikler ortaya çıkabilmektedir (Seghi ve ark., 1989). Enstrümantal ölçümler objektif ve nicel değerlerin elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Enstrümantal renk koordinatları; numune ve arka plan koşulları, enstrüman ayarları, aydınlatma gibi faktörlere göre değişiklik gösterebilmektedir (Lee ve ark., 2010; Johnston, 2009).

Kromatik farklılıkların değerlendirilmesinde genellikle 2 renk sistemi kullanılır: Munsell Renk Sistemi ve Uluslararası Aydınlatma Komisyonu Renk Sistemi (CIE Lab). Enstrümantal renk ölçümünde sıklıkla CIE Lab sistemi kullanılmaktadır (<https://cie.co.at/publications/colorimetry-3rd-edition>, Erişim Tarihi: 23 Kasım 2021). Amerikan Dişhekimleri Birliği, CIE Lab renk diferansiyel sisteminin kullanılmasını önermektedir. Bu sisteme göre, doğadaki tüm renkler, kırmızı, mavi ve yeşil olmak üzere 3 temel rengin çeşitli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir (Canay ve Cehreli, 2003).

Renk farklılıkları görsel olarak ya da renk ölçüm cihazları ile değerlendirilebilir. Renk ölçüm cihazlarında genellikle CIE Lab sistemi kullanılmaktadır. Renk farklılıklarının ya da değişiminin büyüklüğü CIE Lab sistemindeki ΔE sayısı ile temsil edilmektedir (<https://cie.co.at/publications/colorimetry-3rd-edition>, Erişim Tarihi: 23 Kasım 2021).

$$\Delta E = [(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

CIE L^* koordinatı 0-100 aralığında aydınlığı ifade etmektedir. CIE a^* koordinatı -90 ile 70 aralığındadır, yeşillik (pozitif a^*) ve kırmızılığı (negatif a^*) temsil etmekte, CIE b^* koordinatı -80 ile 100 arasındadır ve sarılık (pozitif b^*) ve maviliği (negatif b^*) temsil etmektedir (Leeve ark., 2010).

Yeni CIE2000 renk farkı formülü kullanıma sunulduğundan beri (yeni semboller: sırasıyla L^* , a^* , b^* , C^* , h^* ve E00) CIE tarafından resmi olarak da tavsiye edilmektedir. Yeni sistem için CIE Lab sistemi için mevcut olanlara benzer yeni eşikler ve standartlar sağlanmalıdır.

Diş hekimliğinde, renk farkının büyüklüğünü kabul edilebilirlik ve algılanabilirlik olan iki parametre tanımlar. Algılanabilirlik, bir diş ile bitişik restorasyon arasındaki

renk farkının saptanması anlamına gelirken, kabul edilebilirlik, o restorasyonun renginin kabulü anlamına gelir. Renk farklılıklarının pratik yorumu için şu eşikler kullanılmaktadır: $\Delta E > 1$ gözlemciler tarafından algılanabilir, $\Delta E < 3,3$ klinik olarak kabul edilebilir (Wee ve ark., 2007). Diş hekimliğinde, renk farklılıkları için kabul edilebilirlik eşikleri, algılanabilirlik eşiklerinden daha yüksektir. Literatürde kabul edilebilirlik eşikleri $\Delta E \leq 2,72$, $\Delta E \leq 3,7$ gibi farklı değerlerle de değerlendirilmektedir (Cengiz ve ark., 2018).

Geleneksel renk eşleştirmesinin kusurlarını ve tutarsızlıklarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için dental renk eşleştirme aletleri piyasaya sürülmüştür. Kolorimetreler, spektrofotometreler ve dijital görüntüleme sistemleri klinik renk eşleştirme sistemlerinin içeriğini oluşturmaktadır. Spektrofotometreler ve kolorimetreler dahili bir ışık kaynağı içeriyorlarsa ve temaslı ölçümler için kullanılabilirlerse, ortam ışığından büyük ölçüde etkilenmemektedirler (Sarafianou ve ark., 2012; Klotz ve ark., 2022).

Kolorimetreler; görünür renk spektrumunun kırmızı, yeşil ve mavi alanlarındaki ışığı filtrelemektedirler ve tristimulus değerlerini ölçmektedirler. Toplam görsel ışık spektral yansımaları ölçmedikleri için spektrofotometrelerden daha net sonuç veremezler (Ragain, 2016). *In vitro* ve *in vivo* çalışmalarda kullanılmaktadır.

Spektrofotometreler; diş hekimliğinde renk eşleştirmede en kullanışlı, güvenilir ve hareket kabiliyeti sağlayan araçlardır. (Paul ve ark., 2004) Görünür spektrum boyunca 1–25 nm aralıklarla bir nesneden yansıyan ışık enerjisi miktarını ölçerek verileri renk skalasında eş değer renk tonuna dönüştürmektedirler (Khurana ve ark., 2007; Kielbassa ve ark., 2009). Yüksek hassasiyete sahip ölçüm cihazlarıdır.

Vita Easyshade V elde tutulan bir birim ve ana ünitelerden oluşan spektrofotometredir. Ölçüm aralığı 400-700 nm arasındadır. Lab ve LCh değerlerini göstermektedir.

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin estetik performansları renk özellikleriyle yakından ilgilidir. Bundan ötürü üreticiler ve klinisyenler doğal dişleri taklit eden ürünler geliştirmek için yarış içindedirler (Pereira Sanchez ve ark., 2019). Ağız içi spektrofotometreler kullanılarak ürünlerin klinik renk performanslarını değerlendirmek mümkündür.

Taşınabilir cihazlarla renk ölçümlerinde olası endişeler kenar kaybı hatası ve ölçüm ucunun serbest elle konumlandırılmasıdır. Kenar kaybı hatası küçük boyuttaki ölçüm ucu ve dışın translüsensisi ile oluşabilmektedir. Dıştan yansıyan önemli miktarda ışık, ölçüm penceresinin dışındaki yüzeyde ortaya çıkar ve ölçümleri çok karanlık hale getirebilmektedir. Bu hatanın önüne geçmek için Vita Easysshade tasarımı ölçülen malzemeye göre farklı ölçüm modlarının kullanılmasını gerektirmektedir. Ölçüm modları dış ölçümü, restorasyon ölçümü ve renk skalası modları olarak bulunmaktadır. Renk skalası verileri, en yakın Vita Klasik ve Vita 3D Master tonları olarak rapor edilmektedir. Dış verileri genel bir ton veya dişeti, orta ve insizal üçlü alanları ile bir renk olabilir; dış verileri ayrıca L^* a^* b^* değerleri, kroma ve renk tonu olarak da mevcuttur. Restorasyon ölçümü verileri, seçilen ton ile fabrikasyon restorasyonlar arasındaki ΔE renk farkının eşlik ettiği İyi, Orta veya Ayarlanabilir olarak bir eşleşme değerlendirmesi oluşturmaktadır (Paravina ve ark., 2007; Yuan ve ark., 2007).

Dijital kamera ve görüntüleme sistemlerinde ise renkli görüntüler elde etmek için geniş bir renk dizisini yeniden oluşturmak amacıyla kırmızı, yeşil ve mavi ışığın çeşitli yollarla bir araya getirildiği RGB renk modeli kullanılmaktadır. Kamera kırmızı, mavi ve yeşil rengin her birini piksel konumuna kaydetmektedir. Elektronik renk seçimine basit bir yaklaşım sunar ancak yine de insan gözüyle belirli bir dereceye kadar öznel renk seçimi gerektirmektedir (Chu ve ark., 2010; Ragain, 2016). Hekimin işlerini pratikleştirmesinin yanı sıra, renk konusunda teknisyenle iletişimi ve iş birliğini kolaylaştırmaktadır.

4.5.3. Bağlanma dayanımı test yöntemleri

Dış hekimliğinde kullanılan materyallerin klinik performansını değerlendirme teknik ve etik olarak zorluklar içermektedir. Dolayısıyla laboratuvar çalışmaları tercih edilmektedir. Daha az maliyetlerle hızlı bir şekilde araştırma gerçekleştirebilmek laboratuvar çalışmalarının tercihi neden olmaktadır. Adeziv sistemler için yapılacak klinik çalışmaların maliyeti oldukça yüksektir ve uzun sürmektedir. Ayrıca üretilen ürünün piyasaya sürülüp sürülemediği de ilk aşamada belirsizdir ve bu da klinik çalışmaların önünde engel teşkil etmektedir. Bu sebeple laboratuvar çalışmaları üreticiler tarafından materyallerin klinik performanslarını değerlendirmede hala sık kullanılan yöntemlerdir (Burke ve ark., 2008; Tekçe, 2013).

Isısal değişimler, kuvvetler, tükürük ve mikroorganizmalardan oluşan ağız içindeki dinamik ortamı taklit etmek tam olarak mümkün olamamaktadır. Ayrıca diş dokularını standardize etmek de güçtür. Bu sebeplerle laboratuvar sonuçlarının materyalin klinik performansı hakkında kesin bilgi verdiği söylenemez (Pashley, 1991; Tekçe, 2013).

Adeziv sistemlerde görülen hızlı gelişimler ürünler hakkında çalışmalara ihtiyaç doğurmaktadır. *In vitro* testler materyallerin kontrolünü sağlayan ve gelişimine katkıda bulunan yöntemlerdir. Literatürde bağlanma dayanımını ölçmek için çeşitli test teknikleri tanımlanmıştır. Bu teknikler eğilme testi (flexure test), makaslama testi (shear test), gerilim bağlanma testi (tensile test), torsiyon testi (torsion test) ve çekme testi (pull-through test) olarak kategorize edilebilir.

Makaslama bağlanma testi örnek hazırlanmasının daha pratik olması ve klinik şartlardaki yük dağılımını iyi taklit etmesi sebebiyle en sık kullanılan yöntemdir. Diş yüzeyine paralel yönde kuvvet uygulanması ile birbirlerine adeziv ajan ile bağlı iki materyalin bağlanma bölgesinde kırık oluşana kadar ara yüze makaslama kuvveti uygulanması ilkesine dayanmaktadır (Cardoso ve ark., 1998; Versluis ve ark., 1997).

ISO 11405, makaslama testlerinde en uygun yaklaşma hızını $0,75 \pm 0,30$ mm/dk olarak belirtmektedir. Bu değer üstündeki yaklaşma hızlarının anormal stres dağılımına yol açarak koheziv kırıklara sebep olacağı söylenmektedir (<https://www.sis.se/api/document/preview/903457/>, Erişim Tarihi: 17 Şubat 2022).

Test sonrası kopma alanları görsel olarak ya da ışık mikroskobu altında incelenerek arayüzdeki başarısızlık tipleri tespit edilmektedir. Kopma tipleri oluşum şekillerine bağlı olarak, adeziv kopma, diş dokusu veya restoratif materyalde koheziv kopma ve bunların her ikisinin de beraber gerçekleştiği karışık kopma olarak gruplandırılmaktadır. Tamir yüzeyinde ortaya çıkan kopmalardan adeziv kopma kompozit rezinin örnek yüzeyinden tamamen ayrılması ile ortaya çıkmaktadır. Koheziv kopmada kompozit rezinde kopma hattı ortaya çıkmaktadır, karışık kopmada ise adeziv ve koheziv kopmalar birlikte görülmektedir (İşcan Yapar, 2015; Tantbirojn ve ark., 2015; Tokar ve ark., 2019).

4.5.4. Mikrosızıntı

Oral sıvıların, iyonların, bakteri toksinlerinin ve mikroorganizmaların diş ve restorasyon yüzeyi arasındaki boşluktan geçmesi mikrosızıntı olarak tanımlanmaktadır

(Kidd, 1976; Scotti ve ark., 2014). Pek çok sekonder çürüğün nedeni olarak görülen mikrosızıntı diş hekimliğinde restorasyonun uzun dönem başarısını etkileyen ciddi problemlerden birisidir. Sızıntı bağlantıya zarar vererek başarısızlıkların artmasına neden olmaktadır. Mikrosızıntı, açığa çıkmış dentin tübüllerinde sıvı akışına neden olarak keskin ağrı şeklinde ortaya çıkan ve hassasiyet adı verilen probleme yol açmaktadır (Bayne, 2012). İlerleyen durumlarda post-operatif hassasiyet ve geri dönüşümsüz pulpitis tabloları ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca arayüzde oluşan mikrosızıntı lekelenmelere neden olabilmekte bu da özellikle ön bölge dişlerde estetik problemlere neden olmaktadır. Ayrıca ön ve arka bölge dişlerde restorasyon tamiri ya da yenilenmelerine neden olabilmektedir (Cavalcanti ve ark., 2004).

Restoratif materyal, siman ve diş dokusu arasındaki termal genleşme katsayısı farkı, siman ya da restoratif materyalde oluşan polimerizasyon büzülmesi ve bundan kaynaklı stresler, ağız içinde restorasyonların maruz kaldığı mekanik, termal ve kimyasal stresler, restorasyon diş dokusu ya da diş dokusu siman arasında başarılı bir bağlanmanın sağlanamaması mikrosızıntıya neden olan etkenler olarak karşımıza çıkmaktadır (Aktuğ Karademir, 2020). Restorasyon yorgunluğu sonucu adeziv bağlantılar bozulurken mikro çatlaklar da ortaya çıkabilmektedir. Klinik olarak yeterli bir bağlanma arayüzde mikrosızıntı oluşmasını önlemektedir.

İn vitro koşullarda yapılan çalışmalar mikrosızıntıyı değerlendirmek için öncelikle materyalleri yaşlandırma testlerine tabi tutmaktadır. *İn vivo* ve *in vitro* koşullarda mikrosızıntıyı değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

İn vivo şartlarda; restorasyon marjinal sınırlarının gözlemlenmesi, sond ucuyla kenarların kontrol edilmesi, radyografik muayene ve kenar renkleşmesi incelenerek mikrosızıntı değerlendirmesi yapılabilmektedir (Akin, 2014).

İn vitro şartlarda; boyama yöntemi, radyoizotop yöntemi, basınçlı hava kullanımı, nötron aktivasyon yöntemi, elektrokimyasal analiz, SEM, bakteriyel sızıntı, kimyasal ajan kullanımı yöntemleri ile mikrosızıntı değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

Boyama yöntemi; uygulama kolaylığı ve düşük maliyeti ile mikrosızıntıyı değerlendirmede en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Dentin kanallarından geniş boyutlara sahip boya partikülleri içeren solüsyon veya süspansiyon karışımlar kullanılmaktadır. Çeşitli konsantrasyonlarda ve bekletme sürelerinde kullanılırlar. Bazik

fuksin (%0,5-2), metilen mavisi (%0,2-2 ya da %10), floresan (%20), toluidin mavisi (%0,25), anilin mavisi (%2), eritrosin (%2), kristal viyole (%0,05), gümüş nitrat (%50), Rodamin B (%0,2) ya da akrinin turuncu boyalar sık kullanılan boyalardır.

Apeksi tıkanmış çekilmiş dişlerde restorasyon yapıp restorasyon dışı tüm alanlar mum ya da cila ile izole edilerek boya solüsyonu içerisine atılmaktadır. Önerilen sürelerde boyada bekletilen örneklerden kesitler alınarak mikroskop altında boyanma miktarları skorlanmaktadır (Erdilek ve ark., 2009). Hatalı yorumlara neden olmaması açısından sızıntının birden fazla gözlemci tarafından değerlendirilmesi önerilmektedir. Skorum şu şekilde yapılabilir (Cavalcanti ve ark., 2004):

0 = boya penetrasyonu yok

1 = Yüzeyin ½ sine kadar penetrasyon

2 = Yüzeyin ½ sinden fazla penetrasyon, total boyanma yok

3 = tüm yüzeyinde penetrasyon

Radyoaktif izotop yöntemi; boya penetrasyonundan sonra en sık kullanılan mikrosızıntı değerlendirme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. C^{14} , Ca^{45} , I^{131} , Na^{22} , S^{35} , P^{32} ve Rb^{86} izotopları kullanılmaktadır. İzotopların boyutları (40 nm) boyalardan (120 nm) daha küçük olduğundan diş dokusu restoratif materyal arasında daha detaylı inceleme imkanı sunmaktadır (Taylor ve Lynch, 1992). Hazırlanan örnekler birkaç saat radyoaktif solüsyonda bekletilir ve çıkarılan örnekler iyice yıkanarak incelenecek bölgeden kesit alınır. Kesitlerin radyografisi alınarak incelenir. Detaylı değerlendirme sunması bir avantaj olurken uygulama hassasiyeti, maliyetinin yüksekliği ve radyoaktif materyal kullanımı dezavantajdır (Taylor ve Lynch, 1992; Ayyıldız ve ark., 2009).

4.5.5. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi (profilometre analizi)

Kompozit ve seramik restorasyonların yüzey pürüzlülüğünü ölçmek üzere çeşitli metodlar bulunmaktadır. Bunlar; optik ve taramalı elektron mikroskobu, kontakt profilometre, lazer kontaklı profilometre, atomik kuvvet mikroskobudur (Ereifej ve ark., 2013; Karataş ve ark., 2020).

Kontakt profilometrede, elmas tarayıcı bir uç, numune yüzeyinde gezdirilirken, elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri dijital olarak hesaplanıp kaydedilmektedir (Chappard ve ark., 2003).

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde pek çok bulgu bulunmaktadır. En sık kullanılan bulgular Ra, Rpm, Rz, ve Rz:Rpm oranıdır (Whitehead ve ark., 1999). Bu parametrelerden Ra, yüzeyin ortalama pürüzlülüğü olarak tanımlanmaktadır. Belirli bir ölçüm mesafesindeki bütün yüzey düzensizliklerinin mutlak toplamalarının aritmetik ortalamasıyla hesaplanmaktadır.

Optik profilometreler temasta olan tarayıcı bir uç olmadan lazerle tarama yapmaktadır. Lazer ışını yüzeydeki verileri toplayarak üç boyutlu görüntü ve nanometrik bir ölçüm sağlamaktadır. Optik profilometre, kontakt profilometreye göre daha açık yüzey analizi sunar ancak pahalı bir sistem olduğu için daha az kullanılmaktadır (Chappard ve ark. 2003; Kakaboura ve ark. 2007). Bir kontakt profilometre, restorasyonların marjinal farklılıklarının değerlendirilmesi gibi yüzey yüksekliğindeki değişikliklerin ölçülmesinde daha doğru sonuçlar sağlamaktadır. Lazer profilometresi yüzey dokusu ölçümleri için daha doğrudur (Whitehead ve ark., 1999). 3-Boyutlu optik profilometre, yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için optik bir görüntüleme tekniğidir (Larimer ve ark., 2016). Temaslı ve temassız profilometre arasındaki bir karşılaştırma, her iki yöntemin de güvenilir ölçüm sağladığını bildirmektedir (Paepegaey ve ark., 2013; Alnasser ve ark., 2019).

4.5.6. SEM analizi (taramalı elektron mikroskobu analizi)

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), yüzey topografisine kalitatif bir yaklaşım sağlar ve endüstriyel dünyada ve biyolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Chappard ve ark., 2003). Taramalı elektron mikroskopları (SEM), bir örneği yüksek kaliteli çözünürlük ve yoğun ayrıntılarla 20-130.000 kat büyütme yeteneğine sahiptir (Nguyen ve Harbison, 2017).

SEM, yüksek enerjili elektronların yüzeye gönderilmesi ve yüzeyle etkileşen düşük enerjili elektronların dedektör tarafından algılanıp toplanması sonucu bu sinyallerin ekran üzerinde görüntüye dönüştürmesi ilkesi ile çalışır (Goodhew ve ark., 2001). SEM, bir vakum gerektirmektedir, böylece elektron kaynağı elektronları fırlattığında

elektronlar topografik bir görüntü oluşturmak için elektromıknatıslarla odaklanabilmekte ve yönlendirilebilmektedir (Nguyen ve Harbison, 2017).

Kurutulmuş ve iletken olmayan numuneler, numuneyi aşırı ısınmadan korumak ve görüntü kalitesini iyileştirmek için iletken bir tabaka ile kaplanmalıdır.



5. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu *in vitro* çalışmada farklı yüzey hazırlık işlemleri uygulanan iki farklı CAD/CAM materyalin universal renk kompozitle tamiri değerlendirildi. Çalışmada kullanılan IPS Empress ve Cerasmart270 CAD/CAM bloklardan numunelerin hazırlanması, numunelerin cilalanma işlemi, termal siklus uygulaması, makaslama bağlanma değerleri ölçümü Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ar-Ge laboratuvarında gerçekleştirildi. Farklı yüzey hazırlık işlemlerine tabi tutulan numunelerin yüzey pürüzlülük ölçümleri İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi'nde yapıldı. SEM görüntülemeleri Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nde gerçekleştirildi.

Çalışmada kullanılacak iki farklı CAD/CAM blok materyal, üç farklı yüzey hazırlık işlemi ve iki farklı universal kompozit ile tamir işlemlerine göre 30 alt grup bulunmaktadır.

Makaslama bağlanma değerleri ölçümü;

Grup 1: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri

Grup 2: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri

Grup 3: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri

Grup 4: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri

Grup 5: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri

Grup 6: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri

Grup 7: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri

Grup 8: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri

Grup 9: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri

Grup 10: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri

Grup 11: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri

Grup 12: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri

Renk değerleri ölçümü;

Grup 13: Başlangıç renk ölçümü yapılan Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 14: Başlangıç renk ölçümü yapılan Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 15: Başlangıç renk ölçümü yapılan Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 16: Başlangıç renk ölçümü yapılan Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 17: Başlangıç renk ölçümü yapılan Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri

Grup 18: Başlangıç renk ölçümü yapılan Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri

Grup 19: Başlangıç renk ölçümü yapılan IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 20: Başlangıç renk ölçümü yapılan IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 21: Başlangıç renk ölçümü yapılan IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 22: Başlangıç renk ölçümü yapılan IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 23: Başlangıç renk ölçümü yapılan IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Omnichroma kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Grup 24: Başlangıç renk ölçümü yapılan IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı sonrası Essentia Universal kompozit ile tamiri ve sonrasında renk ölçümü

Mikrosızıntı değerlendirme;

Grup 13-24: Renk ölçümü gerçekleştirilen gruplar, renk ölçüm işlemleri tamamlandıktan sonra mikrosızıntı açısından değerlendirilmek üzere kullanıldı.

Yüzey pürüzlülüğü ve SEM incelemesi;

Grup 25: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı

Grup 26: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı

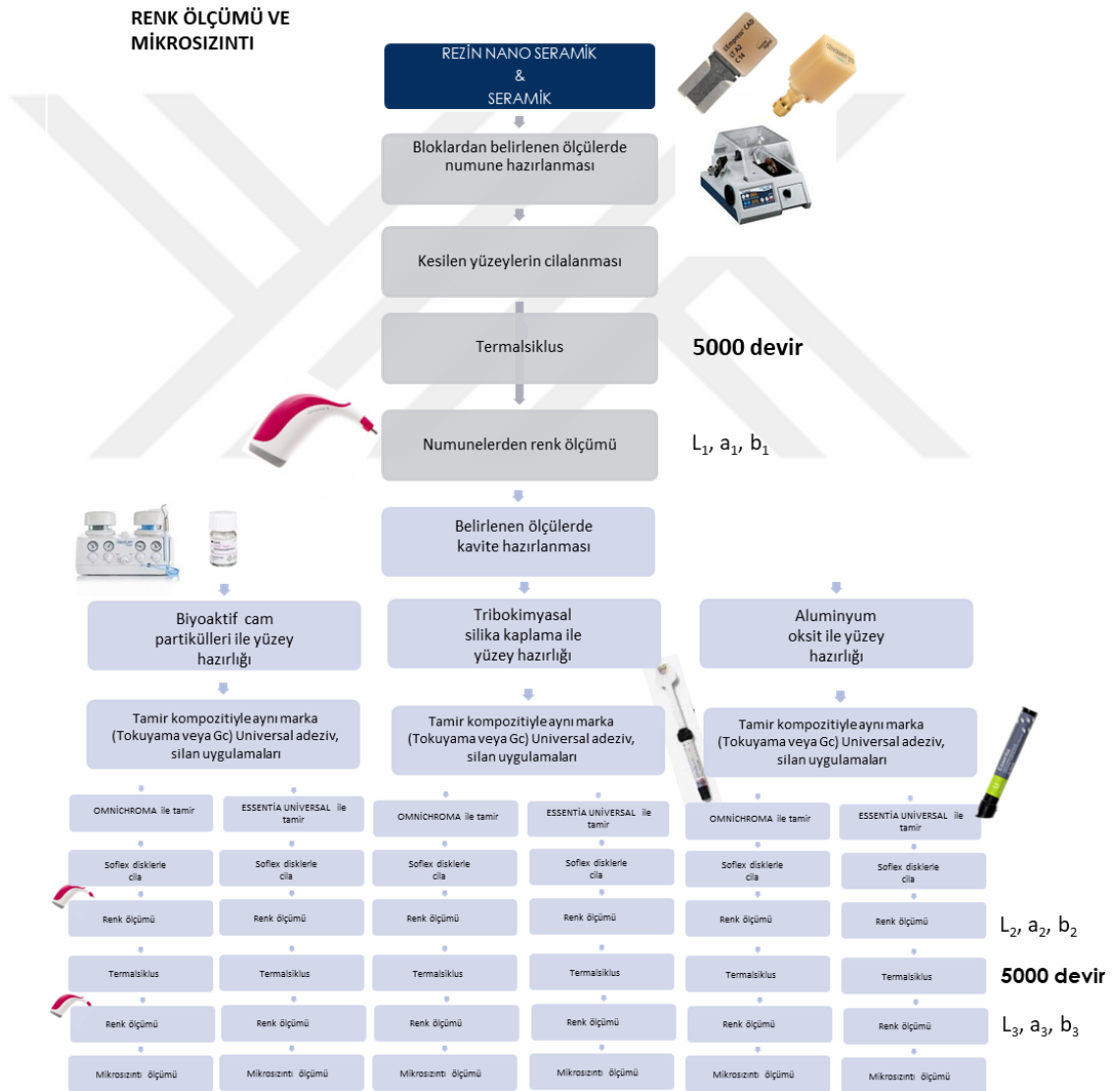
Grup 27: Cerasmart bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı

Grup 28: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı

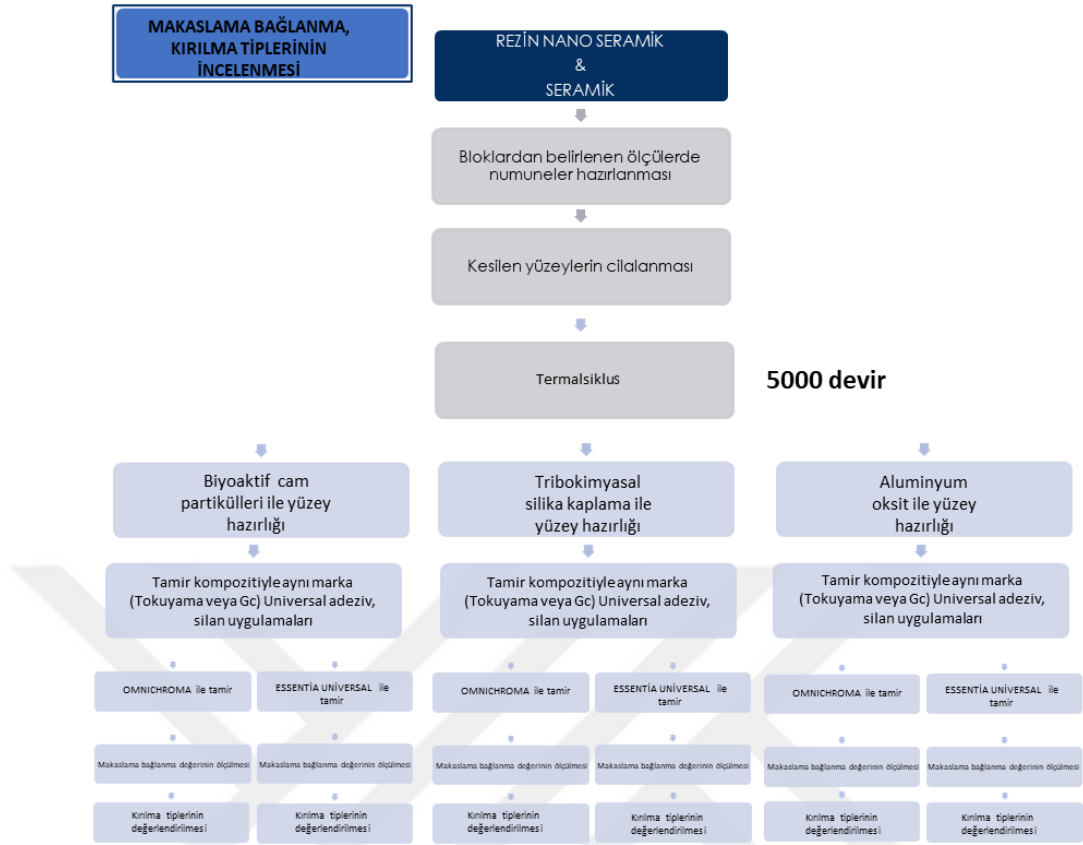
Grup 29: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin biyoaktif cam partikülleri ile yüzey hazırlığı

Grup 30: IPS Empress bloklardan hazırlanan numunelerin tribokimyasal silika kaplama ile yüzey hazırlığı

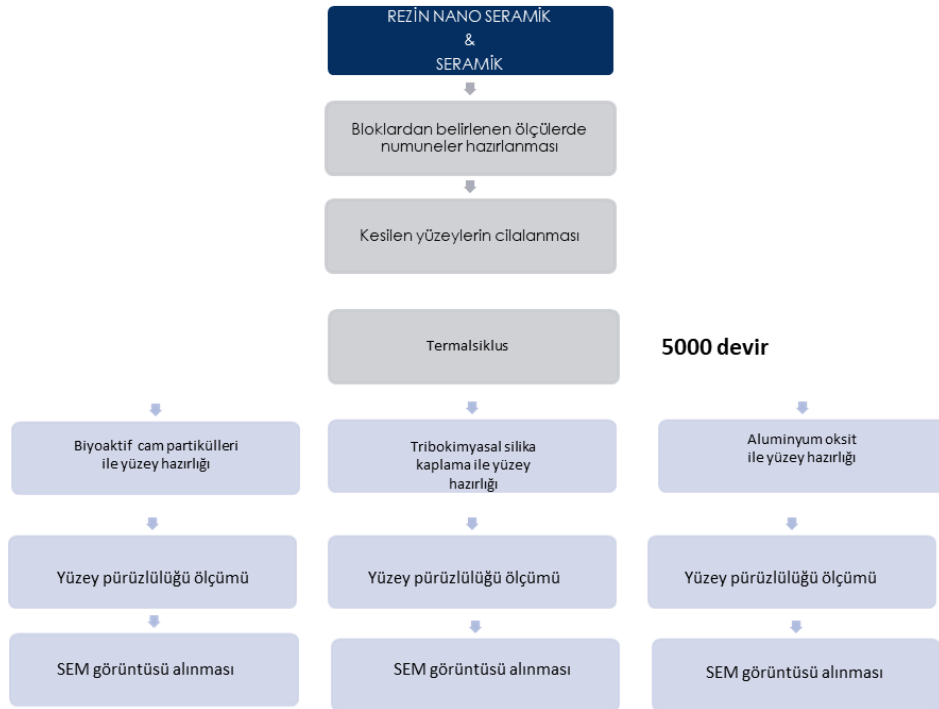
Çalışmada uygulanan testlerde izlenen iş akışı Şekil 2-3-4'te gösterildi.



Şekil 2. Çalışmada renk ölçümü ve mikrosızıntı testlerinde izlenen iş akışı



Şekil 3. Çalışmada makaslama bağlanma ve kırılma testlerinde izlenen iş akışı



Şekil 4. Çalışmada pürüzlülük ölçümleri ve SEM görüntülemesinde izlenen iş akışı

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller

Materyal Adı	Üretici Firma	İçerik
Cerasmart 270 LT A2	GC, Japonya	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , K ₂ O Monomer: BisMEPP, UDMA Doldurucu: SiO ₂ , Ba cam Doldurucu ağırlıkça: %: 78%
IPS Empress LT A2	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein	SiO ₂ 60,0 – 65,0 Al ₂ O ₃ 16,0 – 20,0 K ₂ O 10,0 – 14,0 Na ₂ O 3,5 – 6,5 Diğer oksitler 0,5 – 7,0 Pigmentler 0,2 – 1,0
Omnichroma	Tokuyama Dental, Japonya	Doldurucu: Ağırlıkça %79 üniform boyutta supra- nano sferik doldurucu (SiO ₂ -ZrO ₂ 260 nm), Baz monomer: UDMA, TEGDMA
Essentia Universal	GC, Japonya	Doldurucu: Ağırlıkça %81, hacimce %65 Baz monomer: Bis-EMA
Tokuyama Universal Bond	Tokuyama Dental, Japonya	A: Fosforik asit monomer (3D SR monomer), MTU- 6, BİSGMA, TEGDMA, aseton B: γ -MPTES, borat, peroksit, aseton, izopropil alkol, su
G Premio Bond	GC, Japonya	MDTP, 4-MET, MDP, aseton, başlatıcı, su, dimetakrilat monomerleri, silikon dioksit
G Multi Primer	GC, Japonya	Vinil silan, fosforik metakrilat monomer, tiyofosforik ester monomer, metakrilik asit ester, etil alkol
Aquacare Syc Kum	Velopex, Birleşik Krallık	% 46,1 SiO ₂ , %24,4 CaO, %26,9 P ₂ O ₅ , %2,6 CaF ₂ (mol)
Cojet Kum	3M Dental, ABD	Silika ile modifiye edilmiş 30- μ m alümina partiküllü tribokimyasal silika kaplama

Tablo 2. Çalışmada kullanılan cihazlar

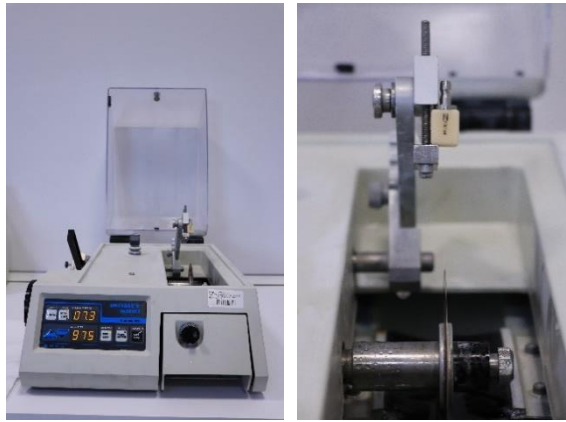
Valo Cordless	Ultradent, ABD	Dalga boyu: 395-480 nm Işık yoğunluğu Standart mod: 1000 mW/cm ² Yüksek güç modu: 1400 mW/cm ² Ekstra güç modu: 3200 mW/cm ²
Easyshade V	VITA Zahnfabrik, Almanya	Spektrofotometre

5.1. Örneklerin Hazırlanması

Tüm örnekler, M.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE laboratuvarında bulunan IsoMet (Buehler, ABD) hassas kesim cihazında 0,3 mm kalınlığındaki elmas disk ile su soğutması altında kesilerek hazırlandı. Makaslama bağlanma dayanımı ölçümü için IPS Empress ve Cerasmart 270 CAD/CAM bloklardan 7*12*2 mm boyutlarında örnekler hazırlandı (Resim 1.). Bloklar önce dikey kesiyle ikiye ayrılıp sonra yatay kesiler yapıldı. Her bir alt grup için 10'ar adet olacak şekilde seramik ve rezin seramik bloklardan toplamda 120 adet örnek elde edildi.

Renk ölçümü grupları için IPS Empress ve Cerasmart 270 CAD/CAM bloklardan aynı yöntemle 10*10*4 mm boyutlarında örnekler hazırlandı ve yine her bir alt grup için 10'ar adet olacak şekilde toplamda 120 adet örnek elde edildi (Resim 1.).

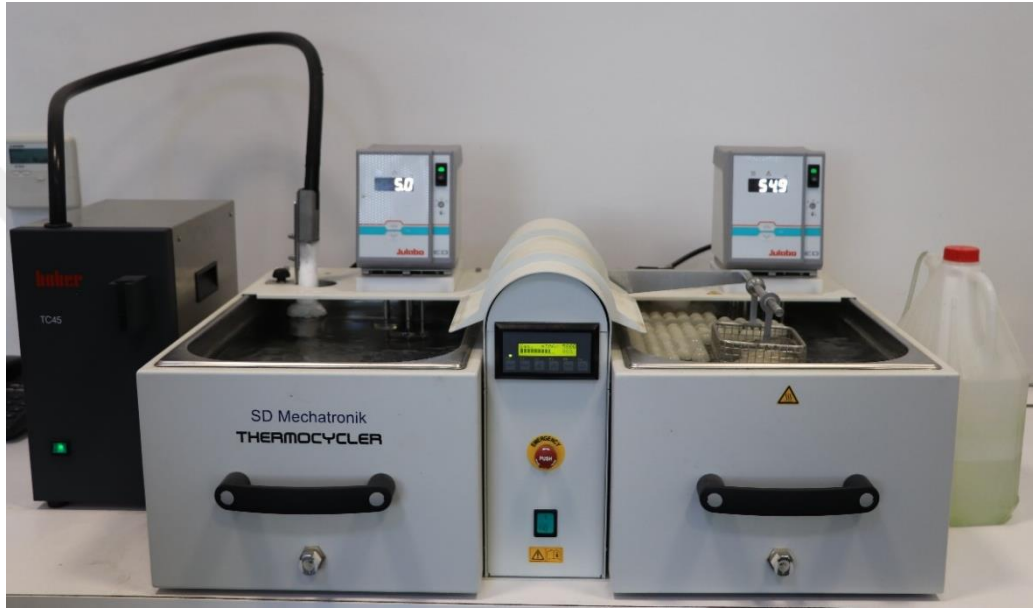
Yüzey pürüzlülük ve SEM incelemesi için IPS Empress ve Cerasmart 270 bloklardan hassas kesim cihazı ile su soğutması altında 5*5*3 mm boyutlarında örnekler elde edildi. Her bir alt grup için 10'ar adet örnek olacak şekilde toplamda 60 adet örnek hazırlandı.



Resim 1. Hassas kesme cihazında örneklerin hazırlanması

Hazırlanan tüm örneklerin ön ve arka yüzeyleri 600 grit silikon karbid kağıt ile akan su altında 20 sn süreyle cilalandıktan sonra distile su ile yıkanarak artıklardan arındırıldı.

Örneklerin tamir işlemine hazırlanmasını sağlamak üzere yaşlandırma gerçekleştirildi (Resim 2.). Yaşlandırma işlemi termal siklus uygulaması ile 5000 devirde 5°C ve 55°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) sıcaklığındaki banyolarda transfer süresi 10 sn ve bekleme süresi 30 sn olacak şekilde üzere gerçekleştirildi.



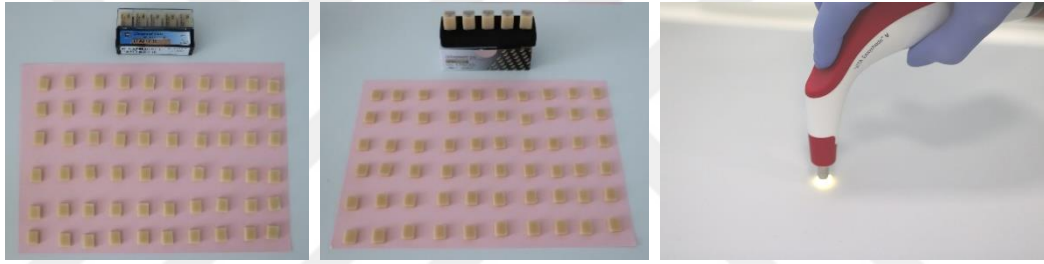
Resim 2. Termal siklus cihazında örneklerin yaşlandırılması

Yaşlandırma işleminin ardından örnekler deney gruplarında kullanılacak örnek boyutları dikkate alınarak rastgele alt gruplara ayrıldı. Renk ölçüm işlemlerini takip edebilmek ve ürün marka karışıklıklarını önlemek adına örneklerin arka yüzlerine sağ alt köşeye alev uçlu frezlerle marka, yüzey hazırlık işlemi, tamirde kullanılacak kompozit markası ve örnek numarası işlendi.

Makaslama bağlanma dayanımını ölçmek üzere hazırlanan 7*12*2 mm boyutlarındaki örnekler Universal Test Cihazında konumlandırılmayı sağlamak üzere soğuk akrilik bloklar içerisine gömüldü.

5.2. İlk Renk Ölçümü Uygulaması

Renk ölçümünün değerlendirileceği gruptaki 10*10*4 mm boyutlarında hazırlanan örneklerde seçilen yüzeyden spektrofotometre (Easyshade V, VITA, Almanya) ile renk ölçümü gerçekleştirildi (Resim 3.). Renk ölçümü sırasında spektrofotometre cihazının ucu örnek yüzeylerine dik olacak şekilde konumlandırıldı. Ölçümler gün ışığında, nötral gri zemin üzerinde yapılmış ve her bir numuneden üst üste üç defa ölçüm yapıp bu değerlerin ortalaması alınarak kaydedildi. Her bir ölçüm öncesinde cihaz şarj ünitesine oturtularak kalibrasyonu gerçekleştirildi. Üretici firmanın spektrofotometrenin ortam ışığından etkilenmediği tavsiyesi doğrultusunda ölçüm özel ışık kutusu kullanılmadan gerçekleştirildi. Elde edilen değerler L_1 , a_1 , b_1 olarak kayıt altına alındı.



Resim 3. Renk ölçümü için alt gruplara ayrılan örnekler ve ilk renk ölçümü

İlk renk ölçümünün ardından tamir sonrası renk uyumunun değerlendirilmesi amacıyla restore edilmek üzere örneklerin tek yüzeyine kırmızı bantlı silindirik frezler kullanılarak aeratör ile su soğutması altında 8*8*2 mm boyutlarında dikdörtgen prizma şeklinde kaviteLER açıldı. Kavite derinliği ve frez açısını muhafaza edebilmek amacıyla paralelometre düzeneği ile aeratör sabitlenerek çalışıldı. Her beş kaviteden sonra frez değiştirildi. Kavite derinlikleri bir periodontal sond yardımıyla ölçülerek kontrol edildi (Resim 4.).



Resim 4. Blok kesitlerinde kavite açılması

5.3. Yüzey Hazırlık İşlemlerinin Uygulanması

CAD/CAM bloklardan hassas kesimle elde edilen örnekler tamir işleminin ilk basamağı olan yüzey hazırlık işlemlerine tabi tutuldu. Yüzey hazırlık işlemleri esnasında örnek yüzeyi ve püskürtme ucu arasındaki mesafenin sabit kalmasına, uygulama süresinin ve basıncın eşit olmasına dikkat edildi. Tüm işlemler aynı operatör tarafından gerçekleştirildi.

Makaslama bağlanma dayanımı değerlendirilecek gruba ait 120 örnek, renk ölçümünün yapılacağı gruba ait 120 örnek, yüzey pürüzlülüğü ve SEM incelemesi yapılacak 60 örnek üç farklı yüzey hazırlık işlemi uygulanmak üzere Al_2O_3 , biyoaktif cam partikül (Sylc, Velopex, Aquacare, Birleşik Krallık) ve tribokimyasal silika kaplama (Cojet, 3M, ABD) alt gruplarına ayrıldı.

27 μm partikül büyüklüğüne sahip Sylc partikülleri ile pürüzlendirme 15 mm uzaklıktan 10 sn süreyle 2,5 bar basınç altında gerçekleştirildi (Resim 5.).



Resim 5. Örnekler biyoaktif cam partikülleri (Sylc) uygulaması için kullanılan Aquacare cihazı

30 µm partikül büyüklüğüne sahip Cojet kum (3M Espe) partikülleri ile pürüzlendirme 15 mm uzaklıktan 10 sn süreyle 2,5 bar basınç altında gerçekleştirildi (Resim 6.).



Resim 6. Tribokimyasal silika kaplama (Cojet) uygulaması

50 µm partikül büyüklüğüne sahip Al_2O_3 ile pürüzlendirme 15 mm uzaklıktan 10 sn süreyle 2,5 bar basınç altında gerçekleştirildi.

5.4. Kompozit ile tamir işlemi

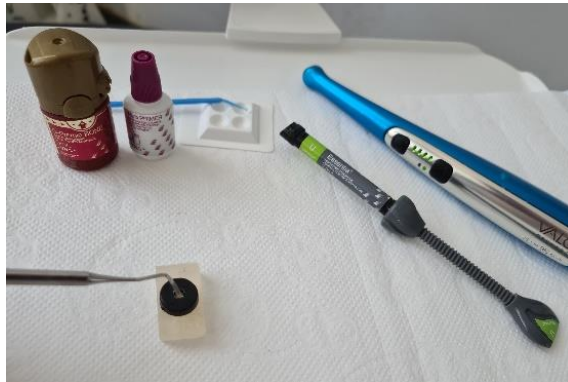
Yüzey hazırlık işlemleri uygulanan makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanacak örnekler yüzeyleri kurulandıktan sonra kendi içlerinde Omnichroma ve Essentia Universal markalı kompozitler uygulanmak üzere ikiye ayrıldı.

Omnichroma ile tamir edilecek grup örnekleri Tokuyama Universal bond ile adeziv uygulamasına tabi tutuldu. Tokuyama Universal Bond içeriğinde silan ihtiva ettiğinden üretici firma tarafından ilave silan kullanımı önerilmemektedir. İki farklı şişe içeriğinin farklı bir karıştırma kabında eşit ölçülerde karıştırılıp uygulanması prosedürüne sahip Tokuyama Universal Bond ışık uygulanmasına ihtiyaç duymadan polimerize olmaktadır. Karıştırılan içerik üretici talimatları doğrultusunda yüzeye uygulanıp orta şiddette kuru hava ile film kalınlığı inceltildi. Daha sonra numunelerin üzerinde 3 mm çapında 3 mm yüksekliğinde silindirik silikon kalıp kullanılarak Omnichroma kompozitlerden silindir restorasyonlar elde edildi. İlk olarak 2 mm konulan kompozit Valo Cordless ışık cihazı ile standart modda $1000mW/mm^2$ ışık yoğunluğunda 20 sn ışıklandı. Kalan kısma 1 mm daha kompozit yerleştirilip, üzerine şeffaf bant yerleştirilerek cam ile bastırıldı ve düz bir yüzey elde edildikten sonra 20 sn ışıklandı (Resim 7.).



Resim 7. Makaslama bağlanma örneklerinde Tokuyama Universal bond ve Omnicroma kompozit uygulaması

Essentia Universal ile tamir edilecek gruptaki örneklerin yüzeylerine üretici firma talimatları doğrultusunda GC Multiprimer uygulandı. Primer yüzeye sürüldükten sonra kuru hava ile kurutuldu. Ardından yüzeye üretici firma talimatları doğrultusunda G Premio Bond uygulandı. Üretici firma ışık kaynağının yüzeye 10 mm'den yakın olduğu durumlarda ve yüksek enerjili LED ışıkların kullanımında 5 sn süre ile ışıklaama önermektedir. Bu talimat doğrultusunda yüzeylere adeziv ajan uygulamasından sonra 5 sn Valo Cordless ile ışıklandı. Ardından Essentia Universal kompozitlerden yukarıda tarif edildiği şekilde silindir restorasyonlar elde edildi (Resim 8). İlk olarak 2 mm konulan kompozit Valo Cordless ışık cihazı ile 20 sn ışıklandı. Kalan kısma 1 mm kompozit yerleştirilmiş üzerine şeffaf bant yerleştirilerek cam ile bastırıldı ve düz bir yüzey elde edildikten sonra 20 sn ışıklandı.



Resim 8. Makaslama bağlanma örneklerinde GC Multiprimer, G-Premio bond ve Essentia Universal kompozit uygulaması

Yüzey hazırlık işlemlerini takiben renk ölçüm alt grupları yüzeyleri kurulandıktan sonra kendi içinde Omnichroma ve Essentia Universal kompozitler uygulanmak üzere ikiye ayrıldı. Renk ölçüm alt gruplarında bulunan tamir kaviteleri, yüzey hazırlık işlemleri uygulandıktan sonra Omnichroma kompozit ile restore edilecek örnekler ayrıldı. Tokuyama Universal Bond üretici talimatları doğrultusunda daha önce tarif edildiği şekilde karıştırılarak örnek yüzeylerine uygulandı. Ardından 2 mm derinliğindeki kaviteye tek seferde Omnichroma kompozit yerleştirildi, kompozitin üzerine şeffaf band koyulup lam ile bastırılarak düzgün yüzey elde edildi ve üzerinden Valo Cordless ışık cihazı ile standart modda 1000mW/mm^2 ışık yoğunluğunda 20 sn ışıklandı (Resim 9.). Tüm örnekler bu şekilde hazırlandıktan sonra Soflex diskler (3M, ABD) ile kalından ince grene olacak şekilde cilalandı (Resim 11.).

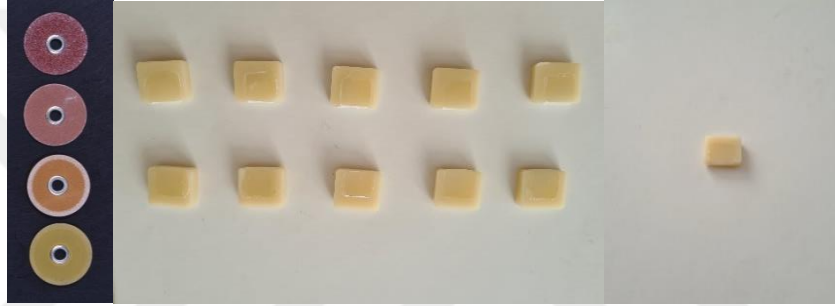


Resim 9. Renk ölçüm örneklerinde Tokuyama Universal bond ve Omnichroma kompozit uygulaması

Essentia Universal ile tamir ve restore edilecek olan diğer renk ölçüm numunelerinde hazırlanan kavitelere de yüzey hazırlık işlemleri uygulandıktan sonra üretici talimatlarına doğrultusunda GC Multiprimer uygulandı. Ardından G Premio Bond yine üretici talimatları çerçevesinde yüzeylere uygulandı. Adeziv uygulamasından sonra Essentia Universal 2 mm derinliğindeki kavitelere yerleştirildi. Düzgün bir yüzey elde etmek için şeffaf band üzerinden lam ile parmak basıncı uygulanarak Valo Cordless ışık cihazı ile 20 sn ışıklandı (Resim 10.). Tüm örnekler bu şekilde hazırlandıktan sonra Soflex diskler ile kalından ince grene olacak şekilde cilalandı (Resim 11.).



Resim 10. Renk ölçüm örneklerinde GC Multiprimer, G-Premio bond ve Essentia Universal kompozit uygulaması



Resim 11. Soflex diskler; İnceden kalın grene cilalanmış örnekler; Cila sonrası örnek görünümü

Cila sonrası kompozit artıklarından arındırılan tüm gruplara ait numuneler 24 saat distile suda bekletildi.

5.5. İkinci Renk Ölçümü

Kompozitlerin uygulandığı kavite yüzeylerinin merkezinden üç kere spektrofotometre ile ölçüm gerçekleştirildi. İlk ölçümde gerçekleştirilen prosedür aynı şekilde uygulanmış ve elde edilen üç değerın ortalaması alınarak L_2 , a_2 , b_2 olarak kaydedildi.

5.6. Örneklerin Yaşlandırılması

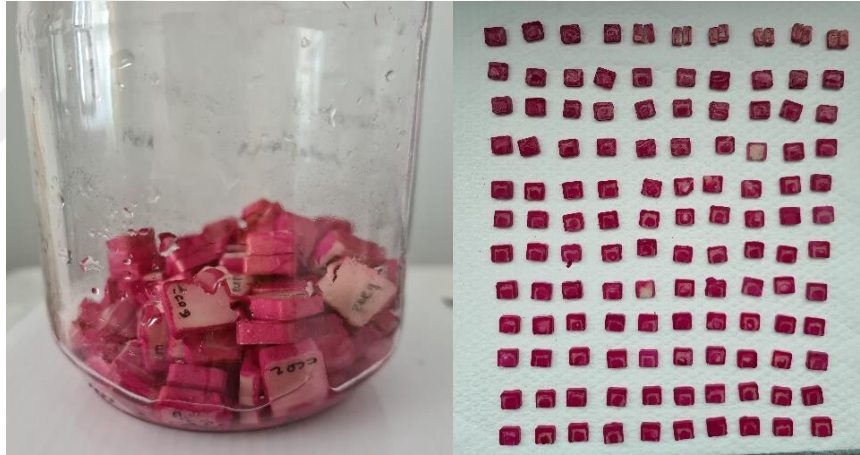
Yüzey hazırlık işlemleri yapıp kompozitlerle tamirleri gerçekleştirilen tüm örnekler 5000 devirde 5°C ve 55°C ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) sıcaklığındaki banyolarda transfer süresi 10 sn ve bekleme süresi 30 sn olacak şekilde tekrar yaşlandırmaya tabi tutuldu.

5.7. Üçüncü Renk Ölçümü

Yaşlandırma sonrası renk ölçüm grubunda bulunan tüm numunelerde tekrar spektrofotometre ile gün ışığında renk ölçümü gerçekleştirildi. Renk ölçümü kompozit ile tamir edilmiş kavite yüzeyinin merkezinden üç kez üst üste gerçekleştirildi. Elde edilen üç değerın ortalaması alınarak her bir örnek için L_3 , a_3 , b_3 değerleri olarak kaydedildi.

5.8. Mikrosızıntı

Mikrosızıntı değerlendirmesi amacıyla, renk ölçümü yapılan numuneler restorasyon sınırlarının 1 mm gerisinden olacak şekilde tırnak cilası ile boyanmalarını takiben %0,5'lik bazik fuksin çözeltisi içinde 24 saat bekletildi (Resim 12.). Ardından bol temiz su ile yıkanarak separe ile kesilmek üzere gruplandırıldı. Skorlama işlemi kesilen numunelerin ışık mikroskobu (Leica Microsystems GmbH, Almanya) ile X20 büyütme altında incelenmesiyle gerçekleştirildi.



Resim 12. Mikrosızıntı değerlendirmek üzere bazik fuksinde bekletilen örnekler

Mikrosızıntı skorlamasında aşağıdaki kriterler dikkate alınarak değerlendirme yapıldı:

0 = Boya penetrasyonu yok

1 = Yüzeyin $\frac{1}{2}$ 'sine kadar penetrasyon

2 = Yüzeyin $\frac{1}{2}$ 'sinden fazla penetrasyon, total boyanma yok

3 = Tüm yüzeyde penetrasyon

5.9. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi

Makaslama bağlanma dayanımını ölçmek üzere hazırlanan tüm alt gruplara ait seramik ve rezin seramik örnekler 10kg yük hücresi bulunan bir üniversal test cihazına (Zwick GmbH, Almanya) tabi tutuldu. Cihaz ucu, örneklerdeki blok-kompozit arayüzeyi ile 90° açı yapacak şekilde yerleştirildi ve örnekler 1 mm/dk yaklaşma hızında makaslama bağlanma dayanımı testine tabi tutuldu (Resim 13.). Üniversal test cihazında kaydedilen değerler Newton (N) cinsinden olup, daha sonra birim alana düşen yük miktarı, dönüşüm formülünden yararlanılarak MPa olarak elde edildi ve kaydedildi:

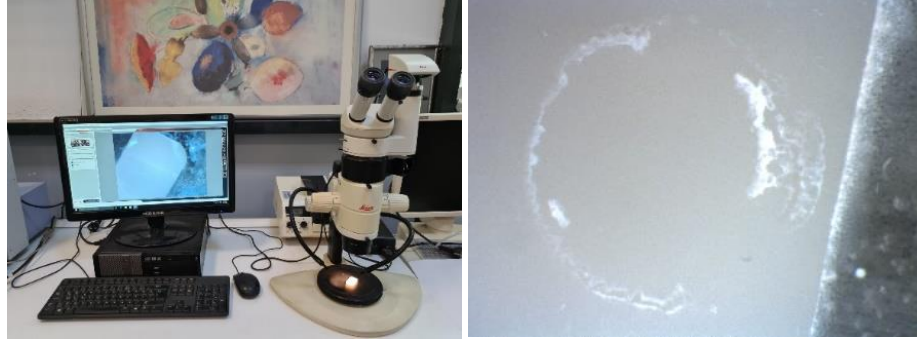
Makaslama bağlanma dayanımı (MPa) = Max. kuvvet (N) / Bağlanma alanı (mm²)



Resim 13. Üniversal test cihazında makaslama bağlanma değerlerinin ölçümü

5.10. Kırılma Tiplerinin İncelenmesi

Makaslama bağlanma dayanımı testleri tamamlandıktan sonra blok-kompozit arayüzeyinde gerçekleşen kırılma tipleri ışık mikroskobu (Leica Microsystems GmbH, Almanya) altında x20 büyütmede incelenip adeziv, koheziv ve karışık kopma çeşitlerine göre kaydedildi (Resim 14). Makaslama testinden sonra bağlanma alanının 2/3 'ünden fazlası blok içinde kırılmayı içerdiğinde koheziv kırılma, adeziv yüzeyin 2/3 veya daha fazlası blokların ve kompozitin bağlantı noktasından ayrılmasını içeriyorsa adeziv kopma, diğerleri miks kopma olarak sınıflandı (Nagasawa ve ark., 2022).



Resim 14. Makaslama bağlanma dayanımı testleri sonrasında örneklerde kırılma tiplerinin incelenmesi

5.11. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesi için üç farklı yüzey hazırlık işlemi uygulanmış 5*5*3 mm boyutlarında 60 adet seramik ve rezin seramik örnek kullanıldı. Yüzey pürüzlülük değerleri (Ra); aralık (range): 100 μm , değerlendirme uzunluğu (evaluation length): 1.25 mm, kesme uzunluğu (cut-off): 0.25 mm olarak kalibre edilerek Mitutoyo SJ 201P (Japonya) profilometre cihazı kullanılarak ölçüldü. Her bir yüzeyde 3 adet ölçüm yapılarak ortalaması alındı ve kaydedildi (Resim 15).



Resim 15. Pürüzlülük değerlerinin profilometre ile ölçülmesi

5.12. SEM görüntülemesi

Empress ve Cerasmart 270 CAD/CAM bloklardan hazırlanan 5*5*3 mm boyutlarında numuneler Al_2O_3 , Cojet ve Syc ile pürüzlendirilerek SEM görüntülemesi yapmak üzere hazırlandı. Örnekler Emitech SC 7620 Sputter Coater (Quorumtech, Birleşik Krallık) ile 13 mA altında 180 sn altın/paladyum (%20-80) kaplaması yapılarak Fei sirion ile 10 kV'da incelendi. Elde edilen görüntüler x2000 büyütmede incelenip kaydedildi.

5.13. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulguların değerlendirilmesinde istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılıma uygun olduğu saptandı. Materyal, yüzey hazırlığı, tamir kompoziti ve bonding ajan faktörlerinin makaslama bağlanma ve renk değişimi üzerindeki ortak etkisi Üç-yönlü ANOVA testi ile değerlendirildi, post hoc analizlerde grupların varyansları homojen olduğu Tukey HSD test kullanıldı. Materyal ve yüzey hazırlığı faktörlerinin pürüzlülük üzerindeki ortak etkisi İki-yönlü ANOVA testi ile değerlendirildi, post hoc analizlerde grupların varyansları homojen olduğu Tukey HSD test kullanıldı. Niteliksel olguların kıyaslanmasında ise Fisher's Exact Ki-Kare testi, Fisher Freeman Halton Exact testi ve Continuity (Yates) Düzeltmesi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

6. BULGULAR

6.1. Makaslama Bağlanma Testi Bulguları

Rezin nano seramik ve seramik numunelerin üç farklı yüzey hazırlık işlemi ve iki farklı kompozit ve adeziv ajanla gerçekleştirilen tamirinde makaslama bağlanma testi sonuçları Tablo 3 ve Şekil 5'te görülmektedir.

Cerasmart CAD/CAM blokların Tokuyama Universal bond ve Omnichroma kompozit ile tamirinde yüzey hazırlık işlemleri arasında makaslama bağlanma değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($p=0,009$; $p<0,05$, Tablo 3, Şekil 5). Anlamlılığın hangi yüzey hazırlık işlemlerinden kaynaklandığının tespiti için yapılan Tukey HSD test sonucunda; Al_2O_3 işlemi uygulandığındaki makaslama bağlanma dayanımı ortalaması, Cojet ve Sylc işlemlerinden anlamlı şekilde yüksek bulundu ($p<0,05$). Cojet ve Sylc işlemleri arasında makaslama bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$) Cerasmart bloklara GC Multiprimer, G-Premio bond ve Essentia Universal ile tamir uygulandığında yüzey hazırlık işlemleri arasında makaslama bağlanma değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı($p>0,05$).

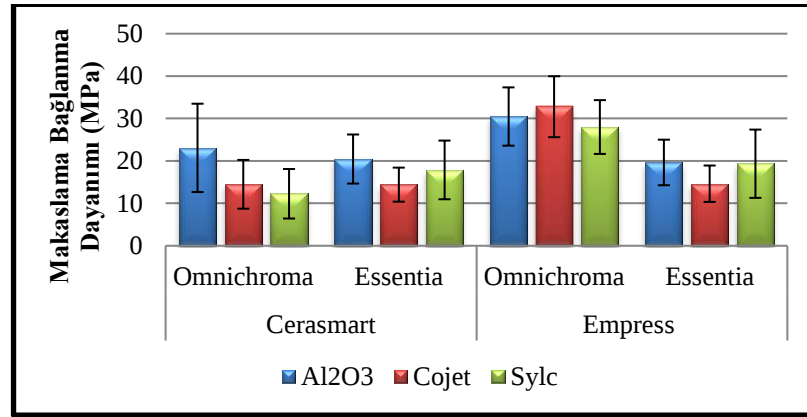
Tablo 3. Yüzey hazırlık işlemine göre makaslama bağlanma kuvvetlerinin değerlendirilmesi

		Yüzey Hazırlık İşlemi						
		Al_2O_3	Cojet	Sylc	Post Hoc p			
Materyal	Kompozit	Ort±SS (MPa)	Ort±SS (MPa)	Ort±SS (MPa)	p	A-C	A-S	S-C
Cerasmart	Omnichroma	23,08±10,41	14,49±5,75	12,26±5,84	0,009*	0,047*	0,010*	0,793
	Essentia	20,45±5,78	14,41±4,01	17,88±6,92	0,077	0,063	0,578	0,374
Empress	Omnichroma	30,47±6,87	32,78±7,19	27,99±6,34	0,306	0,731	0,697	0,274
	Essentia	19,64±5,37	14,63±4,29	19,34±8,05	0,140	0,178	0,994	0,214

3-yönlü ANOVA Testi Post Hoc: Tukey HSD Testi * $p<0.05$

Empress CAD/CAM bloklar ise Tokuyama Universal bond, Omnichroma ve G Premio bond, GC Multiprimer, Essentia Universal tamir yöntemi kullanıldığında yüzey

hazırlık işlemleri arasında makaslama bağlanma değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 3, Şekil 5).



Şekil 5. Yüzey hazırlık işlemine göre makaslama bağlanma dayanımı değerleri

Cerasmart CAD/CAM bloklara Al₂O₃, Cojet veya Sylc yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında; kompozitler arasında makaslama bağlanma değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$).

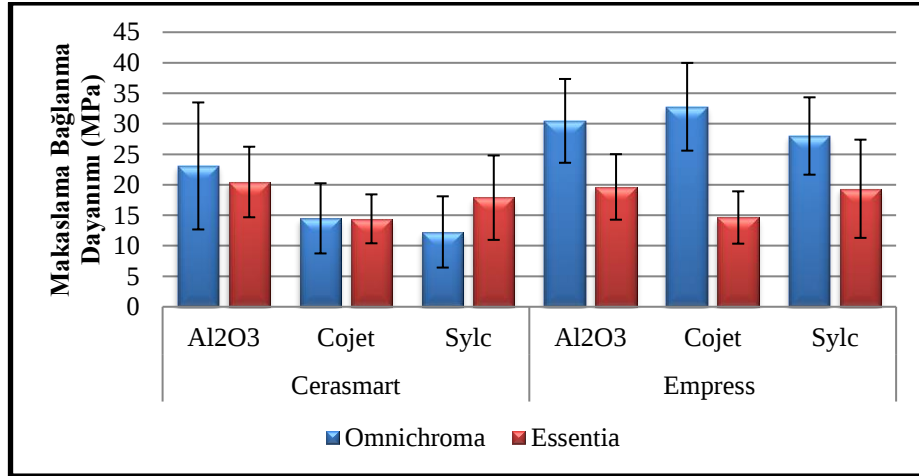
Empress bloklarda ise Al₂O₃, Cojet veya Sylc yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında; Omnichroma ile elde edilen makaslama bağlanma kuvveti ortalamaları Essentia'dan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$, Tablo 4, Şekil 6).

Tablo 4. Kompozitlere göre tamir işleminde makaslama bağlanma kuvvetlerinin değerlendirilmesi

Materyal	Yüzey hazırlık işlemi	Kompozit		p
		Omnichroma	Essentia	
		Ort±SS (MPa)	Ort±SS (MPa)	
Cerasmart	Al ₂ O ₃	23,08±10,41	20,45±5,78	0,495
	Cojet	14,49±5,75	14,41±4,01	0,973
	Sylc	12,26±5,84	17,88±6,92	0,065
Empress	Al ₂ O ₃	30,47±6,87	19,64±5,37	0,001*
	Cojet	32,78±7,19	14,63±4,29	0,000*
	Sylc	27,99±6,34	19,34±8,05	0,016*

3-yönlü ANOVA Testi

* $p<0,05$



Şekil 6. Kompozitlere göre makaslama bağlanma değerleri

6.2. Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi

Makaslama bağlanma testi uygulanan numuneler makaslama testinden sonra ışık mikroskobu altında incelenerek kırılma tipleri kaydedilmiş (Resim 16.) ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirildi.



Resim 16. Adeziv kopma, koheziv kopma, miks kopma

Cerasmart bloklarda Omnichroma ile tamir uygulandığında yüzey hazırlık işlemleri arasında kırılma tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p=0,010$; $p<0,05$, Tablo 5, Şekil 7). Farkın hangi yüzey hazırlık işlemlerinden kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Al_2O_3 uygulamasında koheziv kırılma görölme oranının (%80), Cojet (%10) ve Sylc (%20) uygulamalarından anlamlı şekilde yüksek olduğu tespit edildi ($p_1=0,03$; $p_2=0,005$; $p<0,05$). Cojet ve Sylc uygulamaları arasında kırılma tipleri açısından anlamlı bir farklılık görölmedi ($p>0,05$).

Cerasmart bloklar Essentia ile tamir edildiğinde yüzey hazırlık işlemleri arasında kırılma tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık görölde ($p=0,019$; $p<0,05$).

(Tablo 5). Anlamlılığın hangi yüzey hazırlık işlemlerinden kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalara göre; Al₂O₃ uygulandığında koheziv kırılma görülme oranı (%80), Sylc (%10) uygulamasından anlamlı şekilde yüksektir (p₁=0,009; p<0,05). Diğer yüzey hazırlık işlemleri arasında kırılma tipleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmadı (p>0,05)

Empress bloklarda ise Omnichroma ve Essentia ile tamir uygulamasında yüzey hazırlık işlemleri arasında kırılma tipleri açısından anlamlı bir farklılık bulunmadı (p>0,05, Tablo 5).

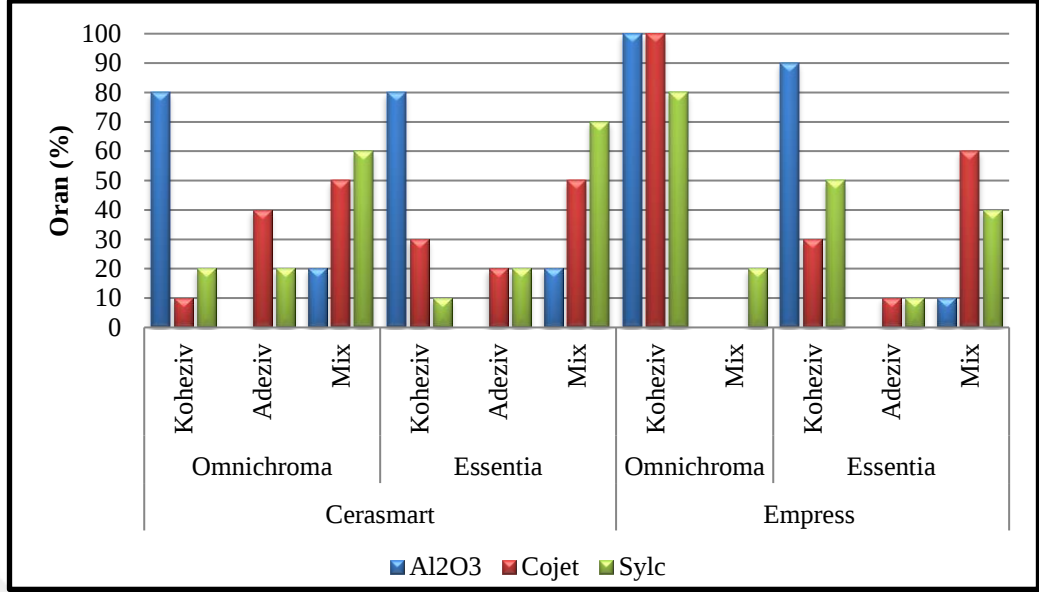
Tablo 5. Yüzey hazırlık işlemine göre kırılma tiplerinin değerlendirilmesi

Materyal	Kompozit	Kırılma Tipi	Yüzey hazırlık işlemi			p
			Al ₂ O ₃ n (%)	Cojet n (%)	Sylc n (%)	
Cerasmart	Omnichroma	Koheziv	8 (%80)	1 (%10)	2 (%20)	¹ 0,010*
		Adeziv	0 (%0)	4 (%40)	2 (%20)	
		Miks	2 (%20)	5 (%50)	6 (%60)	
	Essentia	Koheziv	8 (%80)	3 (%30)	1 (%10)	¹ 0,019*
		Adeziv	0 (%0)	2 (%20)	2 (%20)	
		Miks	2 (%20)	5 (%50)	7 (%70)	
	Empress	Koheziv	10 (%100)	10 (%100)	8 (%80)	² 0,310
		Adeziv	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	
		Miks	0 (%0)	0 (%0)	2 (%20)	
	Essentia	Koheziv	9 (%90)	3 (%30)	5 (%50)	¹ 0,057
		Adeziv	0 (%0)	1 (%10)	1 (%10)	
		Miks	1 (%10)	6 (%60)	4 (%40)	

¹Fisher's Exact Test

²Fisher Freeman Halton Exact Test

*p<0,05



Şekil 7. Yüzey hazırlık işlemine göre kırılma tipleri

Cerasmart CAD/CAM bloklara Al₂O₃, Cojet veya Sylc yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında kompozitler arasında kırılma tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$). Benzer şekilde Empress bloklarda Al₂O₃ ve Sylc yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında kompozitler arasında kırılma tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$). Ancak Empress blok yüzeylerine Cojet uygulandığında kompozitler arasında kırılma tipleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulundu ($p=0,003$; $p<0,05$). Empress yüzeylerinde Cojet uygulanması sonrasında Omnichroma ile tamir işleminde koheziv kırılma oranı (%100) daha yüksek, Essentia ile tamir işleminde ise miks kırılma oranı (%60) daha yüksek bulundu (Tablo 6.).

Tablo 6. Kompozitlere göre kırılma tiplerinin değerlendirilmesi

Materyal	Yüzey hazırlık işlemi	Kırılma tipi	Kompozit		p
			Omnichroma	Essentia	
			n (%)	n (%)	
Cerasmart	Al ₂ O ₃	Koheziv	8 (%80)	8 (%80)	1,000
		Miks	2 (%20)	2 (%20)	
	Cojet	Koheziv	1 (%10)	3 (%30)	0,450
		Adeziv	4 (%40)	2 (%20)	
		Miks	5 (%50)	5 (%50)	
	Sylc	Koheziv	2 (%20)	1 (%10)	1,000
		Adeziv	2 (%20)	2 (%20)	
		Miks	6 (%60)	7 (%70)	
Empress	Al ₂ O ₃	Koheziv	10 (%100)	9 (%90)	1,000
		Miks	0 (%0)	1 (%10)	
	Cojet	Koheziv	10 (%100)	3 (%30)	0,003*
		Adeziv	0 (%0)	1 (%10)	
		Miks	0 (%0)	6 (%60)	
	Sylc	Koheziv	8 (%80)	5 (%50)	0,350
		Adeziv	0 (%0)	1 (%10)	
		Miks	2 (%20)	4 (%40)	

Fisher Freeman Halton Exact Test

*p<0.05

6.3. Renk Uyumunun Değerlendirilmesi

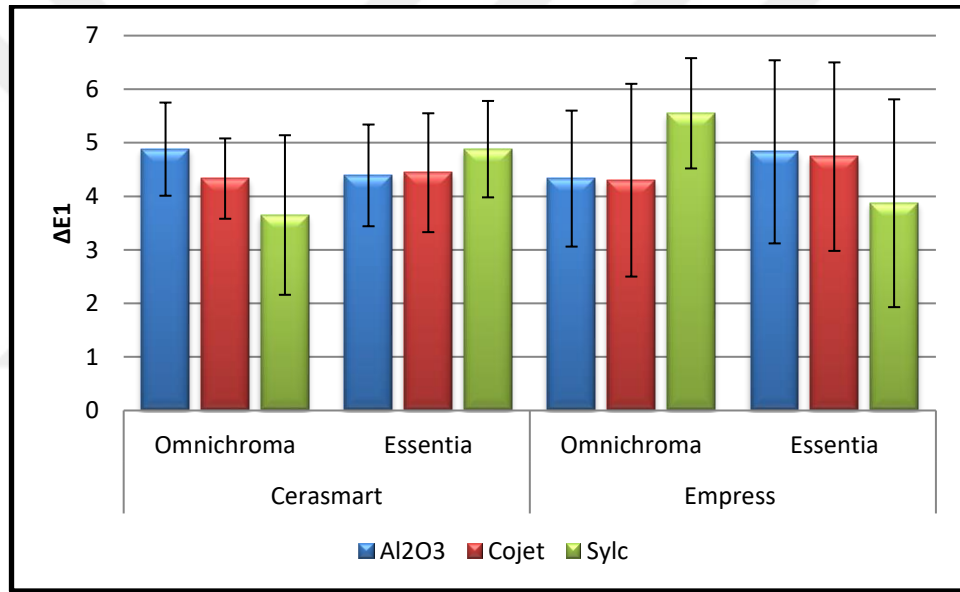
Rezin nano seramik ve seramik numunelerin ilk renk ölçüm değerleri ve üç farklı yüzey hazırlık işlemi sonrasında iki farklı kompozit ve bonding ajanla gerçekleştirilen tamirinden sonra elde edilen L, a, b değerleri farkı ΔE_1 olarak hesaplanarak elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak analiz edildi.

Tüm alt gruplara ait ΔE_1 değerlerinin klinik olarak kabul edilebilir eşiğin ($\Delta E < 3,3$) üzerinde olduğu görüldü. Hem Cerasmart hem de Empress bloklarda Omnichroma veya Essentia kompozitler ile tamir uygulandığında yüzey hazırlık işlemleri arasında ΔE_1 değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p > 0,05$, Tablo 7, Şekil 8).

Tablo 7. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_1 değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Kompozit	Yüzey Hazırlık İşlemi			p
		Al_2O_3	Cojet	Sylc	
		Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	
Cerasmart	Omnichroma	4,88 $\pm$ 0,87	4,33 $\pm$ 0,75	3,65 $\pm$ 1,49	0,056
	Essentia	4,39 $\pm$ 0,95	4,44 $\pm$ 1,11	4,88 $\pm$ 0,90	0,485
Empress	Omnichroma	4,33 $\pm$ 1,27	4,3 $\pm$ 1,8	5,55 $\pm$ 1,03	0,095
	Essentia	4,83 $\pm$ 1,71	4,74 $\pm$ 1,76	3,87 $\pm$ 1,94	0,436

3-yönlü ANOVA Testi



Şekil 8. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_1 değerleri

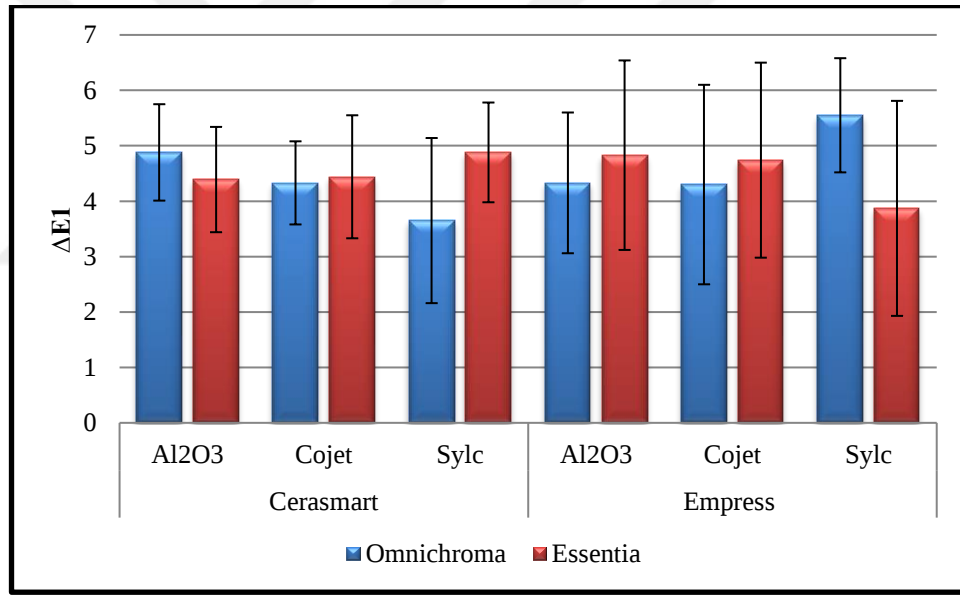
Cerasmart yüzeyine Al_2O_3 veya Cojet uygulandığında; kompozitler arasında ΔE_1 değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$). Ancak Cerasmart yüzeyine Sylc uygulandığında; Essentia ΔE_1 değerleri ortalaması, Omnichroma'dan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p=0,041$; $p<0,05$). Empress bloklarda Al_2O_3 veya Cojet yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında; kompozitler arasında ΔE_1 değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken ($p>0,05$), Sylc uygulandığında; Omnichroma ΔE_1 değerleri ortalaması, Essentia'dan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p=0,030$; $p<0,05$, Tablo 8, Şekil 9).

Tablo 8. Kompozitlere göre ΔE_1 değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Yüzey hazırlık işlemi	Kompozit		p
		Omnichroma	Essentia	
		Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	
Cerasmart	Al ₂ O ₃	4,88 $\pm$ 0,87	4,39 $\pm$ 0,95	0,247
	Cojet	4,33 $\pm$ 0,75	4,44 $\pm$ 1,11	0,795
	Sylc	3,65 $\pm$ 1,49	4,88 $\pm$ 0,90	0,041*
Empress	Al ₂ O ₃	4,33 $\pm$ 1,27	4,83 $\pm$ 1,71	0,470
	Cojet	4,30 $\pm$ 1,80	4,74 $\pm$ 1,76	0,590
	Sylc	5,55 $\pm$ 1,03	3,87 $\pm$ 1,94	0,030*

3-yönlü ANOVA Testi

*p<0.05



Şekil 9. Kompozitlere göre ΔE_1 değerleri

Tamir sonrası renk ölçümleri sonucu elde edilen L_2 , a_2 , b_2 ile yaşlandırma sonrası elde edilen L_3 , a_3 , b_3 değerleri farkı ΔE_2 olarak hesaplandı. ΔE_2 değerleri Tablo 9. ve Şekil 10'de yer almaktadır.

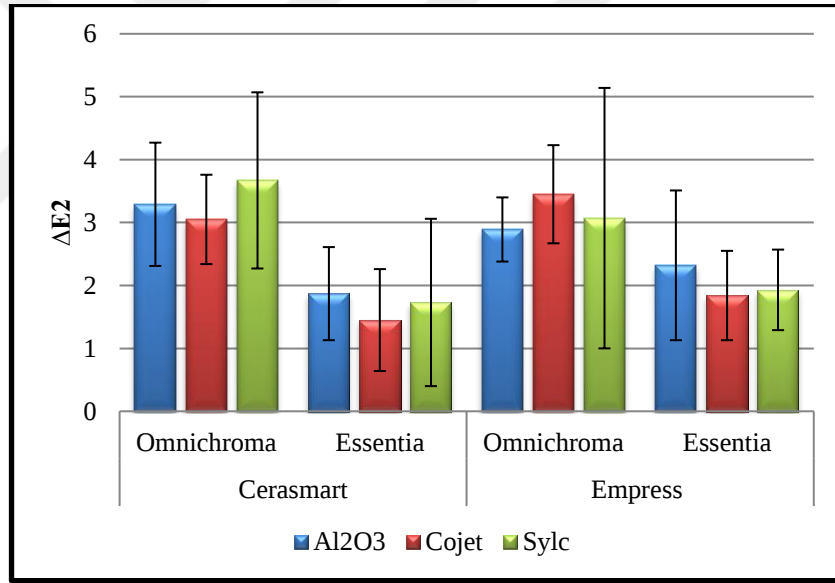
Hem Cerasmart hem de Empress CAD/CAM bloklarda Omnichroma veya Essentia kompozitler ile tamir uygulamasında yüzey hazırlık işlemleri arasında ΔE_2 değerleri

açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$, Şekil 10, Tablo 9.).

Tablo 9. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Kompozit	Yüzey Hazırlık İşlemi			p
		Al ₂ O ₃	Cojet	Sylc	
		Ort±SS	Ort±SS	Ort±SS	
Cerasmart	Omnichroma	3,29±0,98	3,05±0,71	3,67±1,40	0,434
	Essentia	1,87±0,74	1,45±0,81	1,73±1,33	0,640
Empress	Omnichroma	2,89±0,51	3,45±0,78	3,07±2,07	0,620
	Essentia	2,32±1,19	1,84±0,71	1,93±0,64	0,435

3-yönlü ANOVA Testi



Şekil 10. Yüzey hazırlık işlemine göre ΔE_2 değerleri

Elde edilen ΔE_2 değerleri tamir için kullanılan kompozitlere göre kıyaslandığında; Cerasmart bloklara Al₂O₃, Sylc veya Cojet yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında Omnichroma ile elde edilen ΔE_2 değerleri ortalaması Essentia'dan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p<0,05$). Öte yandan Empress yüzeylerine Al₂O₃ veya Sylc uygulandığında; kompozitler arasında ΔE_2 değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken ($p>0,05$), Cojet uygulandığında Omnichroma

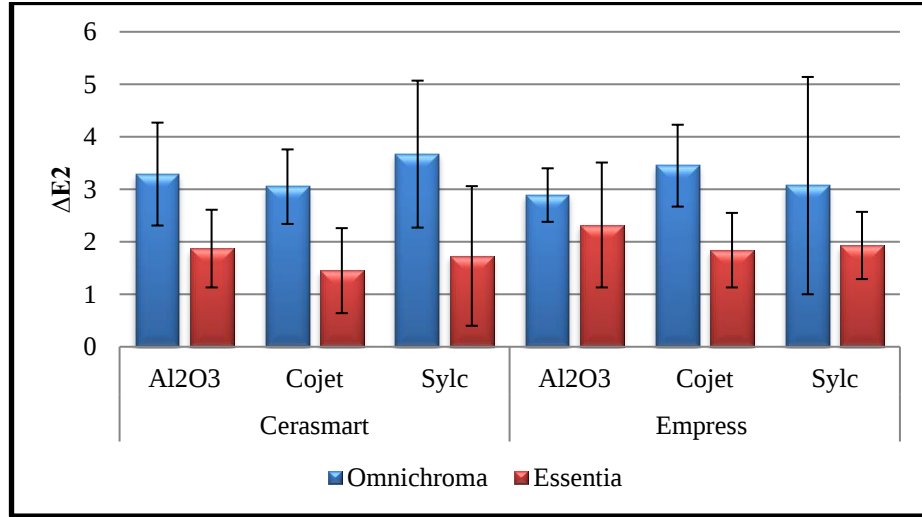
ΔE_2 değerleri ortalaması Essentia'dan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulundu ($p=0,000$; $p<0,05$, Tablo 10, Şekil 11).

Tablo 10. Kompozitlere göre ΔE_2 değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Yüzey hazırlık işlemi	Kompozit		p
		Omnichroma	Essentia	
		Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	
Cerasmart	Al ₂ O ₃	3,29 $\pm$ 0,98	1,87 $\pm$ 0,74	0,002*
	Cojet	3,05 $\pm$ 0,71	1,45 $\pm$ 0,81	0,000*
	Sylc	3,67 $\pm$ 1,40	1,73 $\pm$ 1,33	0,005*
Empress	Al ₂ O ₃	2,89 $\pm$ 0,51	2,32 $\pm$ 1,19	0,180
	Cojet	3,45 $\pm$ 0,78	1,84 $\pm$ 0,71	0,000*
	Sylc	3,07 $\pm$ 2,07	1,93 $\pm$ 0,64	0,106

3-yönlü ANOVA Testi

* $p<0.05$



Şekil 11. Kompozitlere göre ΔE_2 değerleri

6.4. Mikrosızıntı Testi Bulguları

Mikrosızıntı değerdendirmesi amacıyla %0,5'lik bazık fuksin çözültisi içerisinde bekletilen örneklerin ışıık mikroskobu altında incelenmesinde elde edilen skorlar Tablo 11. ve 12.'de yer almaktadır.



Resim 17. Skorlamada değerdendirilen basamak ve oklüzal bölgeler

Hem Cerasmart hem de Empress CAD/CAM bloklarda Omnichroma veya Essentia kompozitler ile tamir uygulamasında yüzey hazırlık işlemleri arasında basamak bölgesi (Resim 17.) mikrosızıntı değerdeleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$, Tablo 11., Şekil 12.).

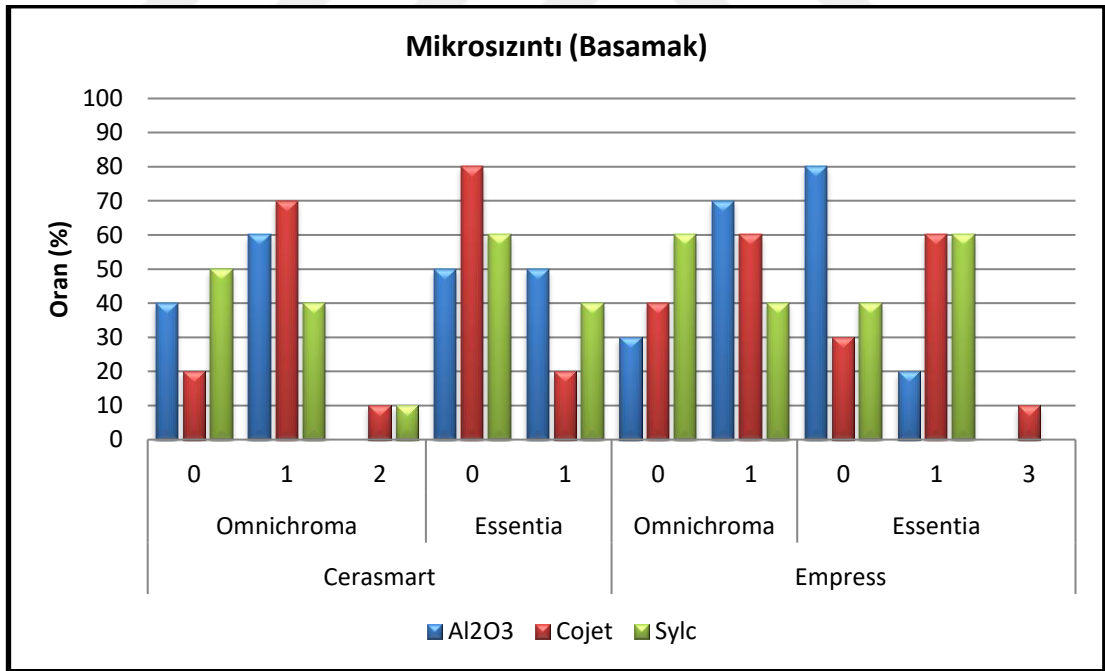
Benzer şekilde oklüzal (Resim 17.) bölge mikrosızıntı değerdeleri arasında da Cerasmart ve Empress yüzeylerinde her iki kompozit ile tamir işleminde yüzey hazırlık işlemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 12., Şekil 13.).

Tablo 11. Yüzey hazırlık işlemine göre basamak bölgesi mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Kompozit	Mikrosızıntı miktarı (Basamak)	Yüzey hazırlık işlemi			p
			Al ₂ O ₃ n (%)	Cojet n (%)	Sylc n (%)	
Cerasmart	Omnichroma	0	4 (%40)	2 (%20)	5 (%50)	¹ 0,548
		1	6 (%60)	7 (%70)	4 (%40)	
		2	0 (%0)	1 (%10)	1 (%10)	
	Essentia	0	5 (%50)	8 (%80)	6 (%60)	² 0,510
		1	5 (%50)	2 (%20)	4 (%40)	
Empress	Omnichroma	0	3 (%30)	4 (%40)	6 (%60)	² 0,531
		1	7 (%70)	6 (%60)	4 (%40)	
	Essentia	0	8 (%80)	3 (%30)	4 (%40)	¹ 0,099
		1	2 (%20)	6 (%60)	6 (%60)	
		3	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)	

¹Fisher's Exact Test

²Fisher Freeman Halton Exact Test



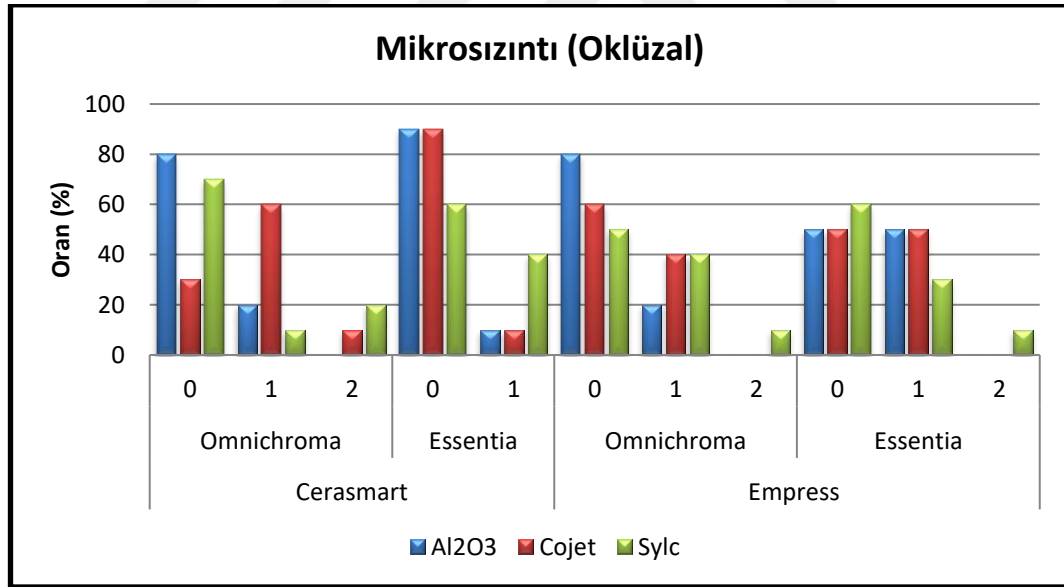
Şekil 12. Yüzey hazırlık işlemine göre basamak bölgesi mikrosızıntı değerleri

Tablo 12. Yüzey hazırlık işlemine göre oklüzal bölge mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Kompozit	Mikrosızıntı miktarı (Oklüzal)	Yüzey hazırlık işlemi			p
			Al ₂ O ₃	Cojet	Sylc	
			n (%)	n (%)	n (%)	
Cerasmart	Omnichroma	0	8 (%80)	3 (%30)	7 (%70)	¹ 0,051
		1	2 (%20)	6 (%60)	1 (%10)	
		2	0 (%0)	1 (%10)	2 (%20)	
	Essentia	0	9 (%90)	9 (%90)	6 (%60)	² 0,301
		1	1 (%10)	1 (%10)	4 (%40)	
		2	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	
Empress	Omnichroma	0	8 (%80)	6 (%60)	5 (%50)	¹ 0,619
		1	2 (%20)	4 (%40)	4 (%40)	
		2	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	
	Essentia	0	5 (%50)	5 (%50)	6 (%60)	¹ 0,722
		1	5 (%50)	5 (%50)	3 (%30)	
		2	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	

¹Fisher's Exact Test

²Fisher Freeman Halton Exact Test



Şekil 13. Yüzey hazırlık işlemine göre oklüzal bölge mikrosızıntı değerleri

Mikrosızıntı değerleri tamir amacıyla uygulanan kompozitler açısından değerlendirildiğinde; Cerasmart bloklara Al₂O₃ veya Sylc yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında kompozitler arasında basamak mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken (p>0,05), Cojet uygulandığında

basamak mikrosızıntı düzeyleri açısından anlamlı farklılıklar tespit edildi ($p=0,023$; $p<0,05$). Omnichroma'da kavite derinliğinin 1/3'üne kadar sızıntı görülme oranı yüksekken (%70), Essentia'da sızıntı görülmemesi oranı daha yüksek bulundu (%80).

Empress yüzeylerine Al_2O_3 , Cojet veya Sylc uygulandığında ise kompozitler arasında basamak mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 13.).

Cerasmart yüzeyine Al_2O_3 veya Sylc uygulandığında oklüzal kenar mikrosızıntı düzeyleri açısından kompozitler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$). Ancak Cerasmart bloklar Cojet ile muamele edildiğinde oklüzal mikrosızıntı düzeyleri açısından anlamlı farklılıklar görüldü ($p=0,020$; $p<0,05$). Omnichroma ile kavite derinliğinin 1/3'üne kadar sızıntı görülme oranının daha yüksek olduğu (%60) ve Essentia ile de sızıntı görülmemesi oranının daha yüksek olduğu (%90) saptandı. Empress bloklara Al_2O_3 , Cojet veya Sylc yüzey hazırlık işlemleri uygulandığında kompozitler arasında oklüzal mikrosızıntı düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı ($p>0,05$, Tablo 14.)

Tablo 13. Kompozitlere göre basamak bölgesi mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Yüzey hazırlık işlemi	Mikrosızıntı miktarı (Basamak)	Kompozit		p
			Omnichroma	Essentia	
			n (%)	n (%)	
Cerasmart	Al_2O_3	0	4 (%40)	5 (%50)	¹ 1,000
		1	6 (%60)	5 (%50)	
	Cojet	0	2 (%20)	8 (%80)	² 0,023*
		1	7 (%70)	2 (%20)	
		2	1 (%10)	0 (%0)	
	Sylc	0	5 (%50)	6 (%60)	² 1,000
		1	4 (%40)	4 (%40)	
		2	1 (%10)	0 (%0)	
Empress	Al_2O_3	0	3 (%30)	8 (%80)	¹ 0,070
		1	7 (%70)	2 (%20)	
	Cojet	0	4 (%40)	3 (%30)	² 1,000
		1	6 (%60)	6 (%60)	
		3	0 (%0)	1 (%10)	
	Sylc	0	6 (%60)	4 (%40)	³ 0,655
		1	4 (%40)	6 (%60)	

¹Fisher's Exact test ²Fisher Freeman Halton Exact Test ³Continuity (yates) düzeltmesi

* $p<0.05$

Tablo 14. Kompozitlere göre oklüzal bölge mikrosızıntı değerlerinin karşılaştırması

Materyal	Yüzey hazırlık işlemi	Mikrosızıntı miktarı (Oklüzal)	Kompozit		p
			Omnichroma n (%)	Essentia n (%)	
Cerasmart	Al ₂ O ₃	0	8 (%80)	9 (%90)	¹ 1,000
		1	2 (%20)	1 (%10)	
	Cojet	0	3 (%30)	9 (%90)	² 0,020*
		1	6 (%60)	1 (%10)	
		2	1 (%10)	0 (%0)	
	Sylc	0	7 (%70)	6 (%60)	² 0,164
		1	1 (%10)	4 (%40)	
		2	2 (%20)	0 (%0)	
Empress	Al ₂ O ₃	0	8 (%80)	5 (%50)	¹ 0,350
		1	2 (%20)	5 (%50)	
	Cojet	0	6 (%60)	5 (%50)	¹ 1,000
		1	4 (%40)	5 (%50)	
	Sylc	0	5 (%50)	6 (%60)	² 1,000
		1	4 (%40)	3 (%30)	
		2	1 (%10)	1 (%10)	

¹Fisher's Exact test²Fisher Freeman Halton Exact Test

*p<0.05

6.5. Yüzey Pürüzlülüğü Bulguları

Cerasmart 270 ve IPS Empress CAD/CAM blokların yüzeyine Al₂O₃, Cojet veya Sylc uygulanması sonrası meydana gelen yüzey pürüzlülüğü değerleri Tablo 15. ve 16.'da görülmektedir.

Cerasmart ve Empress bloklar arasında yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu (p=0,044; p<0,05). Yüzey hazırlık işlemleri arasında yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu (p=0,000; p<0,05). Materyal ve yüzey hazırlığının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlı görülmedi (p>0,05). Kullanılan materyal ve yüzey hazırlığı işlemi bir arada yüzey pürüzlülüğünü etkilemedi (Tablo 15.).

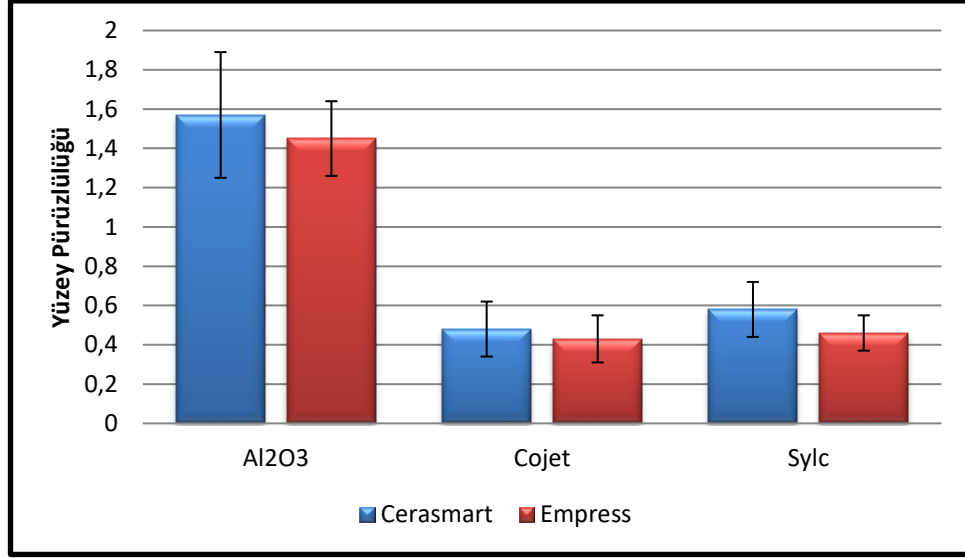
Tablo 15. Materyal ve yüzey hazırlığı faktörlerinin pürüzlülük üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

	P
Blok	0,044*
Yüzey hazırlığı	0,000*
Blok * Yüzey hazırlığı	0,807
<i>2-yönlü ANOVA Testi</i>	
<i>*p<0.05</i>	

Hem Cerasmart hem de Empress CAD/CAM bloklarda yüzey pürüzlülüğü değerleri açısından yüzey hazırlık işlemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulundu ($p=0,000$; $p<0,05$). Anlamlılığın hangi yüzey hazırlık işlemlerinden kaynaklandığının tespiti için yapılan Tukey HSD test sonucunda; Al_2O_3 ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü ortalaması Cojet ve Sylc uygulamalarından anlamlı şekilde yüksek bulundu ($p<0,05$). Ancak Cojet ve Sylc arasında oluşan yüzey pürüzlülüğü ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmedi ($p>0,05$, Tablo 16, Şekil 14.).

Tablo 16. Bloklar ve yüzey hazırlık işlemine göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi

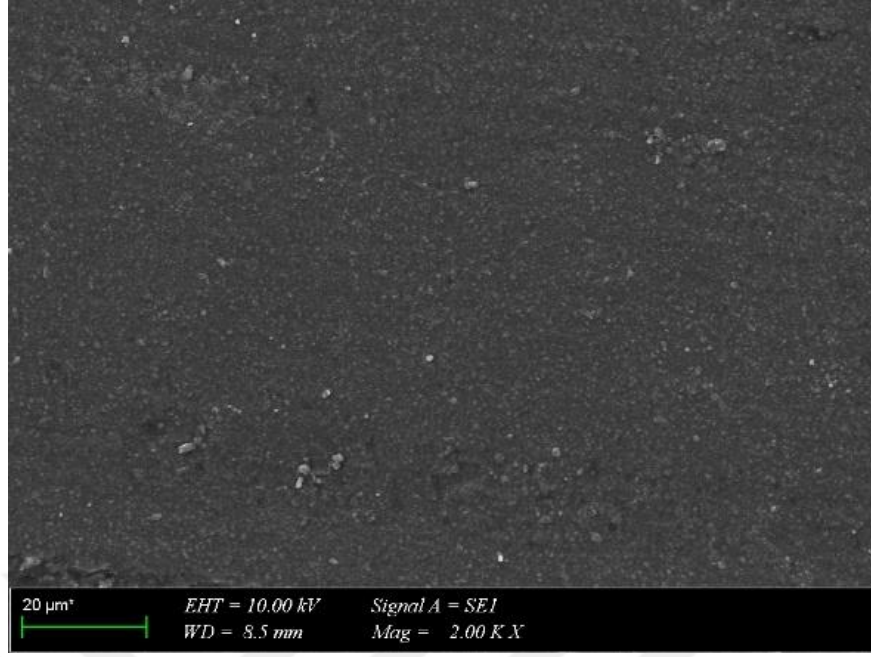
Materyal	Yüzey Hazırlık İşlemi			P	Post Hoc p		
	Al_2O_3	Cojet	Sylc				
	Ort±SS (μm)	Ort±SS (μm)	Ort±SS (μm)		A-C	A-S	S-C
Cerasmart	1,57±0,32	0,48±0,14	0,58±0,14	0,000*	0,000*	0,000*	0,550
Empress	1,45±0,19	0,43±0,12	0,46±0,09	0,000*	0,000*	0,000*	0,810
p	0,313	0,372	0,044*				
<i>3-yönlü ANOVA Testi</i>		<i>Post Hoc: Tukey HSD Test</i>		<i>*p<0.05</i>			



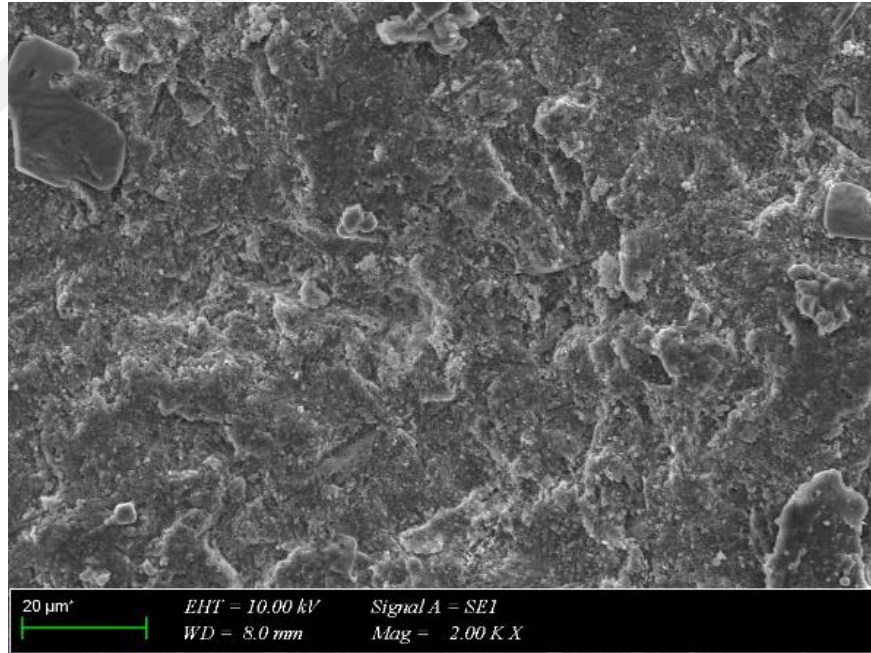
Şekil 14. Bloklar ve yüzey hazırlık işlemine göre yüzey pürüzlülüğü değerleri

6.6. SEM Bulguları

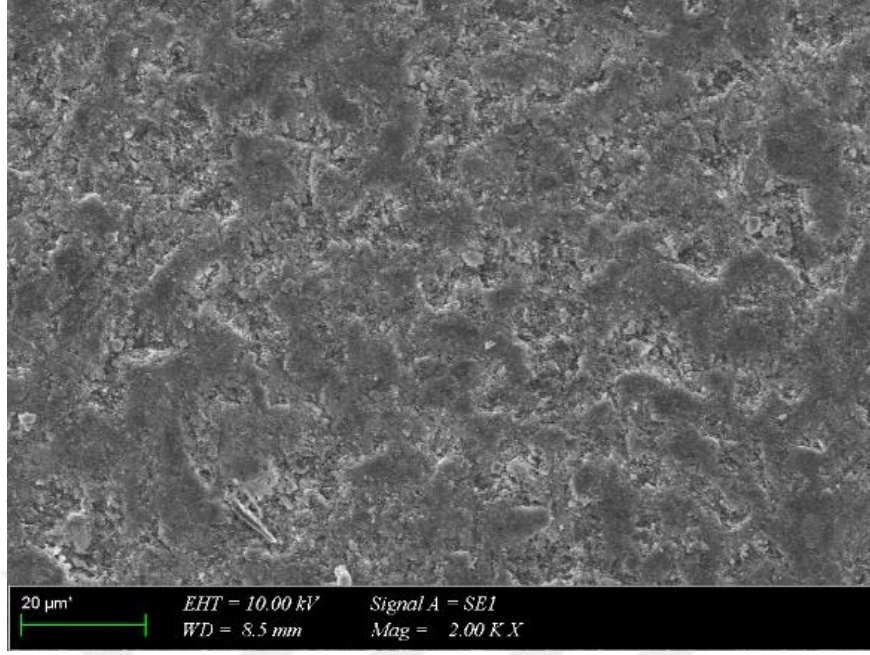
Çalışmada kullanılan Cerasmart 270 ve IPS Empress CAD/CAM bloklarda yüzey hazırlık işlemi uygulanmamış; Al₂O₃, Cojet ve Sylc yüzey hazırlık işlemleri uygulanmış yüzeyler taramalı elektron mikroskobu ile X2000 büyütmede görüntülendi. Her iki CAD/CAM blok yüzeyinde de uygulanan üç yöntemin yüzeyde girintili çıkıntılı bir yapı oluşturduğu ve düzensizlikler meydana geldiği gözlemlendi. Cojet ve Sylc uygulaması sonrası blok yüzeyinde oluşan düzensizlikler benzer yapıdayken, Al₂O₃ uygulaması sonrası yüzeyde görülen düzensizlikler daha belirgin bulundu (Resim 18-24.).



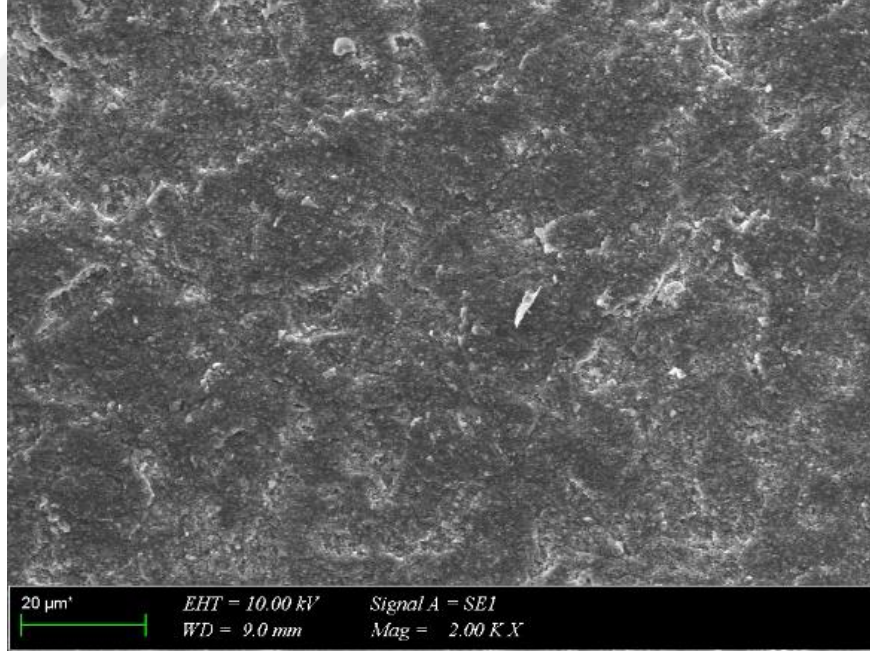
Resim 18. Cerasmart; yüzey hazırlık işlemi uygulanmamış yüzey



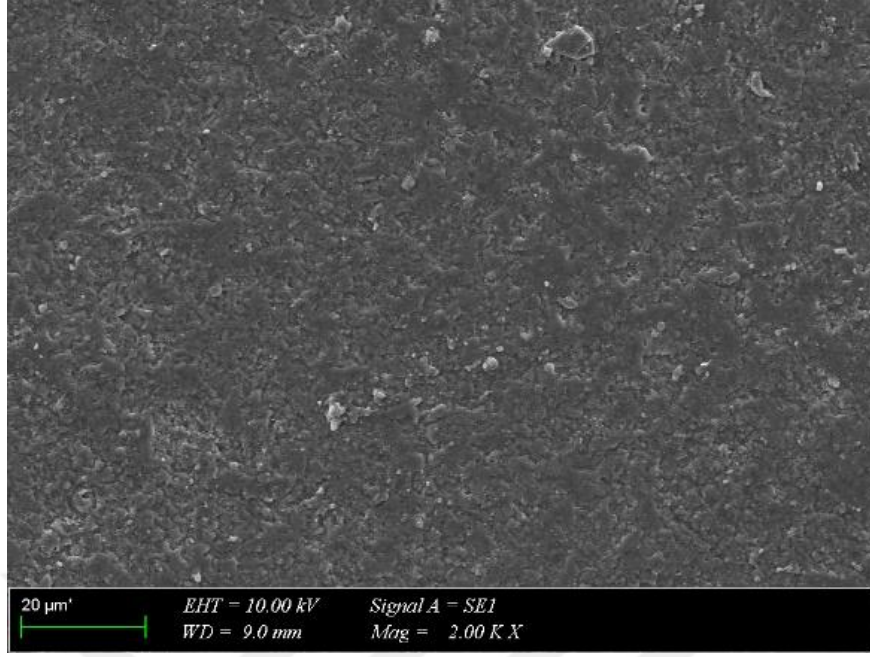
Resim 19. Cerasmart; Al_2O_3 uygulaması sonrası yüzey



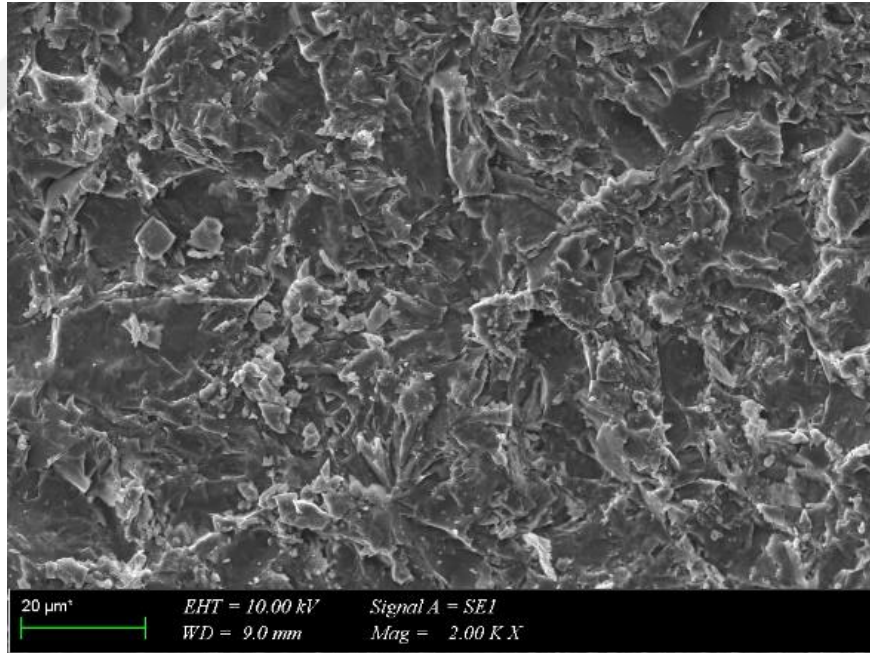
Resim 20. Cerasmart; Cojet uygulaması sonrası yüzey



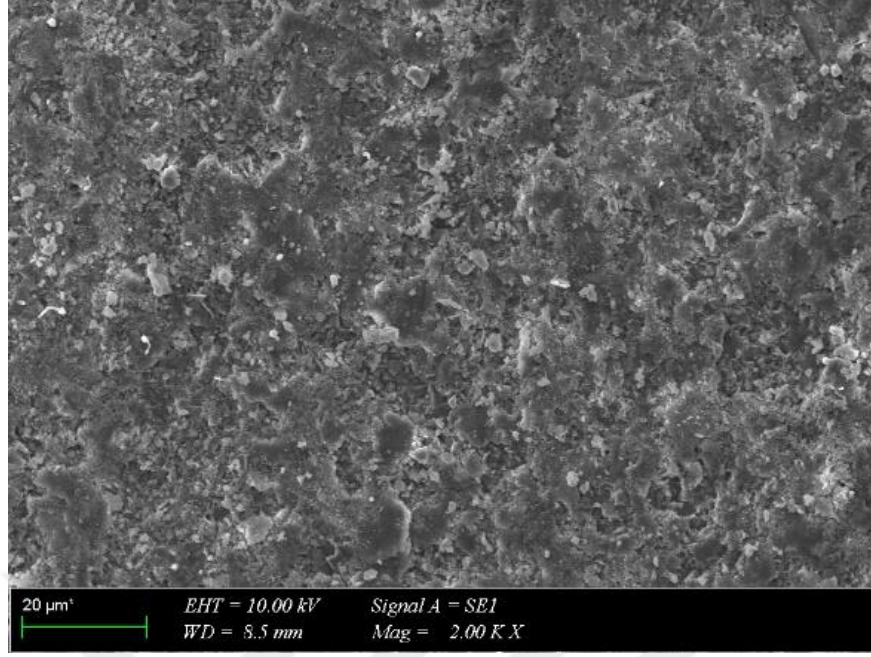
Resim 21. Cerasmart; Sylc uygulaması sonrası yüzey



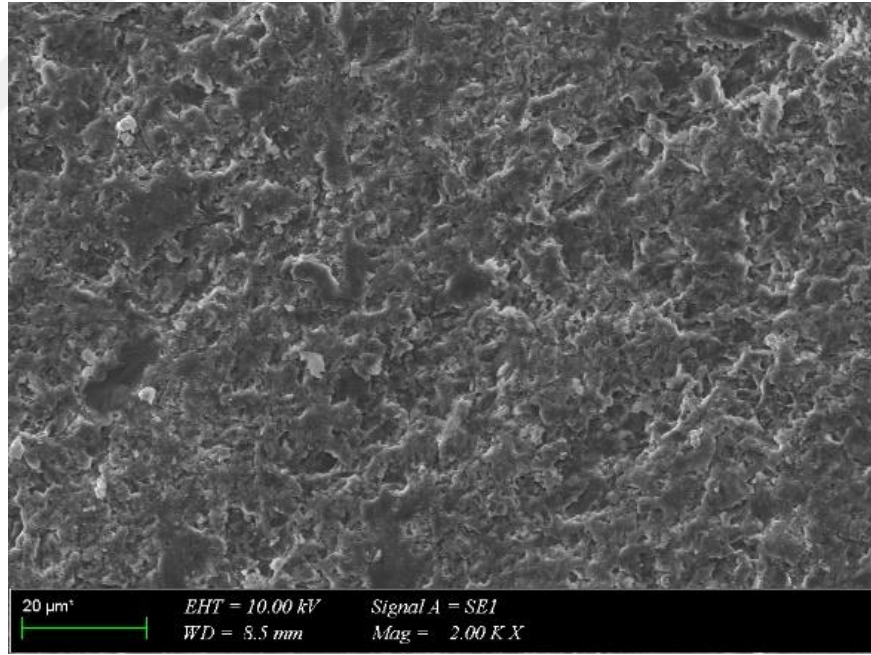
Resim 22. Empress; yüzey hazırlık işlemi uygulanmamış yüzey



Resim 23. Empress; Al₂O₃ uygulaması sonrası yüzey



Resim 24. Empress; Cojet uygulaması sonrası yüzey



Resim 25. Empress; Sylc uygulaması sonrası yüzey

7. TARTIŞMA ve SONUÇ

Restoratif materyal ve adeziv sistemlerdeki gelişmeler bu malzemelerin klinik pratiğinde geniş alanlı kullanımının önünü açmaktadır. Hastaların estetik restorasyonlara olan ilgisinin artması polimer esaslı malzemelerin kullanımını daha da artırmaktadır. Dijital teknolojilerdeki hızlı gelişmeler de manuel yöntemlerin yerini zamandan tasarruf sağlayan, konforlu ve yüksek kaliteli bilgisayar destekli sistemlerin almasına neden olmaktadır. Bilgisayar destekli üretim sistemlerinde kullanılan polimer ve seramik esaslı materyallerin avantaj ve dezavantaj olarak değerlendirilebilecek özellikleri bulunmaktadır. Ruse ve Sadoun'a göre vaka bazında, endikasyona göre uygun materyale karar vermek doğru olacaktır (Ruse ve Sadoun, 2014).

Mainjot ve ark., rezin esaslı CAD/CAM restorasyonların geliştirilmiş polimerizasyon süreçleri sayesinde, tedavi esnasında polimerize edilen direkt kompozit restorasyonlara göre daha iyi ve stabil restorasyonlar elde edileceğini öne sürmektedir (Mainjot ve ark., 2016).

Cam seramik materyallerin endikasyon aralığını inley, onley, üç üyeli köprüler ile genişletmek için yüksek direnç, kırılma dayanımı ve aynı zamanda yüksek translüsensi özelliklerine sahip olmaları beklenmektedir. Lösitle güçlendirilmiş seramikler kabul edilebilir biyouyumluluğa sahiptir. Lösit cam-seramik restorasyonların yarı saydamlığı, rengi ve aşınma davranışı doğal dişe uyum sağlar.

Dental seramiklerin kırılkan ve sert özelliklerine karşın rezin seramikler yumuşak karakterleri ile frezeleme aşamasında avantaja sahiptirler. Resin seramikler insan dentin dokusuna benzer elastik modüle sahip olmaları ve özellikle sınırlı kalınlığa sahip restorasyonlarda seramiklerden yüksek kırılma direncine sahip olmaları sayesinde öne çıkmaktadırlar. Fırınlama prosedürüne gerek duyulmayan bu materyallerde tek seansta CAD/CAM sistemler ile üretim yapmak mümkündür (Kilinc ve ark., 2020).

Çalışmamızda yüksek estetik ve mekanik özellikleri ile günümüzde posterior ve anterior bölge restorasyonlarında sıklıkla tercih edilen seramik ve rezin nano seramik CAD/CAM bloklar kullanıldı.

Adeziv teknolojisi ve kompozit malzeme bilimindeki gelişmelere rağmen, seramik ve kompozit restorasyonların özellikle kırık ve lokalize sekonder çürükler nedeniyle başarısızlığı, yaygın kullanıma sahip kompozit ve adeziv sistemlerin klinik uygulamasında bir sorun olmaya devam etmektedir (Martos ve ark., 2019). Bustamante-Hernández ve ark.'nın kompozit, hibrit ve seramik onley restorasyonların başarısını inceleyen meta analiz çalışmasında en sık görülen başarısızlık sebebi olarak kırıklar gösterilmiştir (Bustamante-Hernández ve ark., 2020).

Başarısız restorasyonun yenilenmesi, restorasyon genişliğine ve derinliğine de bağlı olarak termal, mekanik ve bakteriyel uyaranlardan ötürü diş dokusunda ilave streslerin oluşumuna neden olabilmektedir (Gordan ve ark., 2009). Uzayan tedavi süresinin yanı sıra pulpal defektler ve dentin hassasiyeti, restorasyon döngüsünün artması ya da erken diş kaybı problemlerinin de ortaya çıkma olasılığı hastayı maddi ve manevi bir yük altına çekmektedir. Yine adeziv sistemlerdeki gelişmeler doğrultusunda restorasyonun yenilenmesi seçeneğine alternatif olarak minimal invaziv tedavi yaklaşımının önemli bir parçası olarak restorasyon tamiri bulunmaktadır. Tamir seçeneğinin restorasyonun ömrünü uzattığını gösteren uzun dönem çalışmalar mevcuttur (Kanzow ve Wiegand, 2020). Estay ve ark., amalgam ve kompozit restorasyonların 12 yıl ve üzeri tamir restorasyonlarını USPHS kriterlerine göre skorlar vererek değerlendirmişlerdir. Amalgam ve kompozit restorasyonların tamirinin, restorasyonun yenilenmesi kadar etkili olduğu öne sürülmektedir (Estay ve ark., 2018).

Bir restorasyonun durumunu değerlendirmede ilk aşama klinik olarak kabul edilebilir olup olmadığına karar vermektir. Kabul edilemez bir durumda ise tamir ya da yenileme seçeneklerinin hangisinin daha uygun olduğu düşünülür. Kusurlu restorasyonun tedavisini gerçekleştiren hekim tamir ya da yenileme yaptığı restorasyonda tekrar aynı problemlerle karşılaşmamak adına başarısızlığa neden olan faktörleri de analiz etmelidir (Hickel ve ark., 2013).

Bu çalışmada CAD/CAM restorasyonların başarısızlık durumlarında mali yükü azaltarak hem hasta hem de hekim açısından tedaviyi kolaylaştırmak için

restorasyonun tamiri seçeneğinin performansı değerlendirildi. Doku dostu, dişin hasta ağzında daha uzun ömre sahip olmasını amaçlayan, estetik olarak yüksek sonuçlar veren tedavi yöntemlerinin teşvik edilmesi amaçlandı. Tedavilerde kullanılan malzemeler, yenilenme sonucu ortaya çıkan artık malzemeler azaltılarak geri dönüşüme katkı hedeflendi.

Yaşlanma adeziv restorasyonların klinik ömrünü etkileyen önemli bir faktördür. Restoratif materyallerin uzun dönem kullanımında bozulmaya duyarlılığını değerlendiren pek çok çalışma bulunmaktadır. Ağız kimyasal ortamını taklit etmek üzere distile su, yapay tükürük ya da alkol gibi çözücüler kullanan biyolojik bozulma modelleri ile yaşlandırmayı değerlendiren araştırmaların yanı sıra termal döngü kullanılarak ağız ortamındaki sıcaklık değişimlerinin restoratif materyallere etkisini değerlendiren çalışmalar da bulunmaktadır (Zhou ve ark., 2018). Ağız ortamını mümkün olan en benzer şekilde taklit eden termal döngü rejimini bulmak önemlidir. Bağlanma dayanımını değerlendirmek üzere yüksek sayılarda termal döngüler seçmek önemli olmakla birlikte *in vivo* şartları taklit eden döngü sayısına dair bir kanıt bulunmamaktadır. Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO)'nın 1994 yılında yayınladığı protokolda 500 devirin biyomateriyallerin yaşlanmasını simüle etmede yeterli olduğu bildirilse de pek çok araştırmacı bu sayıyı yeterli bulmamıştır (Gale ve Darwell, 1999; Stewardson ve ark., 2010). Noda ve ark., tarafından 10,000 döngünün 1 yıllık klinik kullanıma denk geldiği geçici tahmin olarak önerilmektedir (Noda ve ark., 2017). Özel Bektas ve ark.'nın farklı yüzey hazırlık işlemleri ve ısısal döngüye maruz bıraktıkları kompozit rezin tamirlerini değerlendirdikleri çalışmalarında 1,000 devirin tamir bağlanma kuvveti üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Aynı çalışmada 5,000 ve 10,000 devir gibi yüksek sayılarda tamir bağlanma kuvvetinin negatif etkilendiği söylenmektedir (Özel Bektas ve ark., 2012). Bayne'ye göre bireyin ağız ya da burun solunumu yapması, tüketilen yiyeceklerin, sıvıların miktarı ve sıcaklık değerleri gibi pek çok faktör ağız içi sıcaklık döngüsünü etkileyebilmektedir. Bir restorasyonun 10 yıllık performansı ile ilgileniliyorsa en azından 500,000 ve daha fazla döngüde değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Bayne, 2012). Celik ve ark.'ın zirkonya blokların kompozit rezinler ile bağlantısını değerlendirdikleri çalışmada deney gruplarından biri 6,000 devir (banyo sıcaklığı 5- 55 C'de 10 sn transfer aralığı ve 30 sn bekleme süresi) termal döngüde muamele edilmiştir. Celik ve ark.'na göre 6,000

devir termal döngü bağlanma direncini düşürmektedir (Celik ve ark., 2016). Örneklerin banyolara daldırılma süresi ve suyun ısı aralığı termalsiklus sayısı kadar değişkenlik gösteren parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dieckmann ve ark., kompozit yaşının farklı mekanik yüzey hazırlık işlemleri altında tamir bağlanma kuvvetine etkisini inceledikleri çalışmalarında yaşlandırılmış numunelerin taze kompozit numunelerden daha düşük bağlanma değerleri gösterdiği bildirilmektedir (Dieckmann ve ark., 2020).

Bu çalışmada tamir edilecek yaşlanmış numuneler elde edilmesi adına tüm gruplar 5000 devir (banyo sıcaklığı 5- 55 C'de 10 sn transfer aralığı ve 30 sn bekleme süresi) termal döngüye sokuldu. Tamir işlemleri gerçekleştirilen renk grubu numuneleri renk ölçümlerinin ardından renk stabilitesini değerlendirmek adına tekrar 5000 devir termal döngüye maruz bırakıldı.

Eski restorasyonun tamirinde en sık sorulan soru eski restorasyon ile yeni tamir materyali arasında yeterli tamir bağlanma kuvvetinin sağlanıp sağlanamayacağıdır. Oksijen inhibisyon tabakasının eski, hasarlı kompozit restorasyon yüzeyinde bulunmayışı ve eşleşmemiş karbon çift bağlarının yetersizliği tamir için sorun teşkil etmektedir. Seramik restorasyonların tamirinde ise başarı sağlamak için eski ve yeni restorasyon materyali arasında mekanik ve kimyasal kuvvetler oluşturarak yeterli bağlanma sağlaması gerekmektedir. Ortaya çıkan bu problemi çözmek için eski restorasyonda mekanik tutunma alanları oluşturmak ve yüzeyin ıslanabilirliğini artırmak üzere araştırmacılar tarafından çeşitli yüzey hazırlık yöntemleri kullanılmaktadır (Hemadri ve ark., 2014; Şişmanoğlu, 2019).

Kompozit ya da seramik materyal fark etmeksizin indirekt restorasyon tamirine hazırlık aşamasında kullanımı önerilen air abrazyon (kumlama) teknikleri, minimal aşınma ve üst düzey bağlanmayı odak noktası yapmak amacıyla bu çalışmanın kilit noktalarından birini oluşturdu. Da Costa ve ark., kompozit tamir bağlanma dayanımında air abrazyon yönteminin frezle pürüzlendirmeden daha başarılı sonuçlar sağlama eğiliminde olduğunu bildirmektedir (Da Costa ve ark., 2012).

Kumlama teknolojileri küçük, yuvarlak kavite kenarları, uygun iç açılı hatları ve bitim yüzeyi oluşturarak güncel materyallerin bağlantısında kullanışlı bir alternatif olabilir (Milly ve ark., 2014). Hemadri ve ark., farklı yüzey hazırlık işlemleri ve bağlanma

ajanlarının tamir kompozitinin makaslama bağlanma değerlerini inceledikleri *in vitro* çalışmalarında mekanik hazırlık yöntemlerinden air abrazyon ile yüzey hazırlığının bağlantıyı anlamlı şekilde artırdığını ifade etmektedir (Hemadri ve ark., 2014). Bu çalışmada da tamir bağlanma performansını değerlendirmek üzere makaslama bağlanma testi kullanılmıştır (Imbery ve ark., 2014; Üstün ve ark. 2018).

Bazı kompozit blokların bağlanma kapasitesi hidroflorik asit ile pürüzlendirme yoluyla da iyileştirilebilmesine rağmen, çoğu kompozit CAD/CAM bloğun kullanım talimatlarında simantasyon veya tamir işlemlerinden önce kumlanması önerilir (Peumans ve ark., 2016). Yoshihara ve ark., beş farklı kompozit CAD/CAM bloğu kumlayarak yaptıkları çalışmada SEM görüntülerinde blok yüzeylerinde düzensizlikler gözlemişlerdir. Yüksek büyütme SEM görüntülerinde tüm markalara ait blokların yüzeylerinde çoğu rezin matriks içinde ve rezin matriks ile doldurucu partikül arasındaki ara yüzde 1-10 µm uzunluğunda çatlaklar gözlenmiştir. Bu yüzden kompozit CAD/CAM blokların kumlanmasında düşük basınç uygulanması tavsiye edilmektedir (Yoshihara ve ark., 2017). Çalışmamızda da yüzey hazırlık işlemleri düşük basınç tavsiyeleri ve üretici talimatları doğrultusunda 2,5 bar basınç altında gerçekleştirildi.

Çalışmamızda restorasyon yüzey hazırlık işlemlerinde daha az hasara neden olması beklenen küçük partikül boyutlarına sahip biyoaktif cam partikülleri, silika kaplı Al_2O_3 ve Al_2O_3 'e alternatif olarak değerlendirilmek istendi. Cerasmart numunelerde Sylc ve Cojet ile yüzey hazırlığı uygulanıp Tokuyama Universal bond ve Omnichroma kompozit ile tamir yapıldığında Sylc yüzey hazırlığı Cojet yüzey hazırlığı ile benzer makaslama bağlanma değerleri vermiştir. Al_2O_3 ile yüzey hazırlığı yapılan numune grubunda ise makaslama bağlanma değerleri Sylc ve Cojet'ten yüksek görüldü. Empress numuneler Sylc, Cojet ve Al_2O_3 ile yüzey hazırlığına tabi tutulup Tokuyama Universal bond ve Omnichroma kompozit ile tamir edildiğinde yüzey hazırlık işlemleri arasında makaslama bağlanma değerleri açısından anlamlı farklılık görülmedi. Empress ve Cerasmart materyalleri GC Multiprimer, G-Premio bond ve Essentia Universal ile tamir edildiğinde yüzey hazırlık işlemlerine göre makaslama bağlanma değerleri arasında anlamlı fark görülmedi. Çalışmamızın 1. hipotezi kısmen kabul edildi.

Al Turki ve ark.'nın polimer infiltre seramik, feldspatik seramik ve zirkonya seramiklerin tamirinde farklı yüzey hazırlık işlemlerinin bağlanma direncine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında %5'lik hidroflorik asit, tribokimyasal silika kaplama ve Al_2O_3 partikülleri kullanılmıştır. Feldspatik seramik ve polimer infiltre seramik grubunun kompozit ile tamirinde mikro gerilme kuvvetleri zirkonya seramiklerden daha yüksek bulunmuştur. Hidroflorik asit ile yüzey hazırlığı polimer infiltre seramiklerde feldspatik seramik ve zirkonya seramiklere göre daha yüksek gerilme kuvvetlerine neden olurken Al_2O_3 ve tribokimyasal kaplama işlemlerinde polimer infiltre seramik, feldspatik ve zirkonya seramikler arasında gerilme kuvvetleri açısından anlamlı bir fark görülmemiştir (Al Turki ve ark., 2020) Arpa ve ark.'nın CAD/CAM blokların farklı yüzey hazırlık işlemlerini takiben tamir bağlanma değerlerini inceledikleri çalışmalarında da benzer şekilde tribokimyasal silika kaplama yönteminin Al_2O_3 'göre ortalama bağlanma kuvvetini artırmadığı bildirilmektedir. (Arpa ve ark., 2019)

Veríssimo ve ark.'nın elmas frezle, Al_2O_3 ile, tribokimyasal silika kaplama ve hidroflorik asitle pürüzlendirme gibi farklı yüzey hazırlık işlemlerinin CAD/CAM materyallerin kompozit rezinlerin bağlanmasına etkisini *in situ* ortamda değerlendirdikleri çalışmalarında her restoratif materyal için ideal yöntemin farklı olduğu sonucuna varmışlardır. Tribokimyasal silika kaplama ve Al_2O_3 ile yüzey hazırlık işlemlerinin rezin kompozit CAD/CAM materyalin yüzeyinde benzer düzensizliklere neden olduğu bildirilmektedir (Veríssimo ve ark., 2020). Bu çalışmada seramik ve rezin nano seramik CAD/CAM örneklerde yapılan yüzey hazırlık işlemleri sonrası profilmetre ile gerçekleştirilen ölçümlere göre 50 mikron boyutundaki Al_2O_3 partikülleri, 30 mikron boyutundaki Cojet partiküllerinden daha yüksek pürüzlülük değerlerine neden olmuştur. 27 mikronluk Sylc partikülleri ile Cojet partikülleri arasında pürüzlülük açısından anlamlı fark bulunmadı. Çalışmamızın 2. Hipotezi kısmen kabul edildi.

Farklı yüzey hazırlık işlemleri uygulanmış numunelerin yüzey morfolojisini gözlemlemek amacıyla taramalı elektron mikroskopuyla görüntüler alınmaktadır. Loomans ve ark., Zhou ve ark., restoratif materyallerin yüzey morfolojisini incelemede SEM kullanmışlardır (Loomans var ark., 2011; Zhou ve ark., 2018). Bu çalışmada da lösitle güçlendirilmiş seramik ve rezin nano seramik bloklardan elde

edilen numunelerin alüminyum oksit, biyoaktif cam partikülü ve silika kaplı alüminyum oksit partikülleriyle pürüzlendirme işlemleri sonucu yüzey morfolojisi SEM ile görüntülendi. Pürüzlendirme sonuçlarıyla da uyumlu olacak şekilde Al_2O_3 ile en düzensiz yüzeyler gözlendi. Cojet ve Sylc ile pürüzlendirme sonucu yüzeylerde benzer düzensizlikler gözlendi.

Moura ve ark.'nın farklı yüzey hazırlık işlemlerinin rezin nano seramik ve polimer infiltre seramik restorasyonların tamir bağlanma direncine etkisini inceledikleri meta analiz çalışmasında en iyi tamir hazırlık yönteminin tamir edilen materyalin içeriğine bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir. Polimer infiltre seramiklerde hidroflorik asitleme ardından silanizasyon önerilirken, rezin nano seramiklerde elmas frezle ya da Al_2O_3 ile air abrazyon önerilmektedir. Polimer infiltre seramikler ve rezin nano seramikler farklı yapısal ve kimyasal bileşimlere sahiptir. Değişen derecelerde ıslatılabilirlik, monomer hidrofilitesi, doldurucu partikül ve yüzey enerjisi yüzey hazırlık işlemlerinin etkinliğinin bu materyallerde farklı sonuçlar doğurmasına neden olabilmektedir (Moura ve ark., 2021). Loomans ve ark.'ın hidroflorik asit, tribokimyasal silika kaplama, Al_2O_3 ile air abrazyon yüzey hazırlık işlemlerinin indirekt restoratif materyallerin tamirine etkisini inceleyen çalışmalarında tamir bağlanma dayanımının materyalin cinsine ve yaşına bağlı olduğu belirtilmektedir. Silika kaplama ve silan ajanının birlikte kullanımının tamir yüzeyine daha iyi bağlanma sağlayacağı beklentisi bu çalışmada gösterilmemiştir (Loomans ve ark., 2017). Çalışmamızda da benzer bir şekilde Empress ve Cerasmart numunelerde ilave silan ajanı uygulanan GC tamir grubunda tribokimyasal silika kaplama, biyoaktif cam partikülleri ve Al_2O_3 ile yüzey hazırlık işlemlerinin makaslama bağlanma değerleri arasında farklılık görülmedi.

Empress numunelerde makaslama bağlanma değerleri incelendiğinde Tokuyama Universal bonding ajanının iki şişeden oluşan içeriğinin tamir esnasında karıştırılıp yüzeye uygulanması sayesinde silanın aktifleşip içeriğinin etkin bir şekilde bağlanmaya katkı sağlamış olabileceği ve ilave silan uygulamasına sahip GC grubundan yüksek değerler göstermesine neden olabileceği düşünülmektedir. Üretici firmalar universal adezivlerin içindeki aktif ve stabil silan ajanların ayrı seramik primer uygulamasına gerek kalmadan cam seramik yüzeylerde kimyasal bağlanma sağlayabileceğini bildirmektedir. Stape ve ark.'nın kompozit tamirinde universal

adezivlerin yorulma mukavemetini inceledikleri çalışmalarında silan içermeyen universal adezivler ile silan içerenler arasında esneme dayanımı açısından anlamlı fark görmemişlerdir. Dolayısıyla yaşlandırma işlemi görmüş kompozitlerde silan ajanın tamirde bağlanmaya güçlü etkisinin olmadığını bildirmektedirler. Ayrıca silan içermeyen adeziv ajanın silan içeren ajandan yüksek performans göstermesi silan içeriğinin bağlanmaya etkisinin beklendiği gibi başarıyı artırmadığını düşündürmektedir (Stape ve ark., 2022). Adezivlerde bulunan aseton solvent içeriğinin uzaklaştırılması için güçlü bir hava akımı uygulanması gerektiği bildirilmektedir (Van Landuyt ve ark., 2005). G-Premio bond içeriğinde bulunan asetonun uzaklaştırılmasının yetersiz olmasının da bağlanmanın nispeten düşük olmasına neden olduğu düşünülebilir.

Valente ve ark.'ın dental kompozitlerin tamir bağlanma dayanımını inceledikleri meta analizde pürüzlendirilmiş kompozit yüzeyinde tamir potansiyelini güçlendirmede silan ajanın adeziv sistemlere göre küçük bir role sahip olduğu bildirilmektedir (Valente ve ark., 2016).

Dental restorasyonların başarısında adeziv direnci önemli rol oynamaktadır (Altinci ve ark., 2018). Restorasyon tamirinin klinik aşamalarını basitleştirmek, çalışma hassasiyetini azaltmak ve zamandan kazanç sağlamak amaçlarıyla universal adeziv sistemlerin kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Universal adezivlerin bağlantısını iyileştirmek amacıyla zirkonya doldurucu içeren yüzeyler de dahil olmak üzere pek çok yüzey ile kimyasal bağlantı sağlayan 10-MDP monomeri eklenebilmektedir (Nagaoka ve ark., 2017). Ancak tüm universal adeziv sistemlerde aynı saflıkta 10-MDP olmadığı gibi bu amaçla farklı monomerler de kullanılabilir. (Carrilho ve ark., 2019) Bu da universal adezivler için bağlanma noktasında farklı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Yin ve ark.'nın universal adeziv sistemlerin tamir bağlanma performanslarını inceledikleri çalışmalarında altın standart sayılan 2 ve 3 aşamalı adeziv sistemler universal bonding ajanlardan düşük bağlanma değerleri göstermiştir (Yin ve ark., 2022). Staxrud ve Valen de kompozit tamirinde universal adeziv ajanların performansını inceledikleri çalışmalarında tek aşamalı universal sistemlerde 3 aşamalı etch&rinse sistem ile

benzer ya da daha yüksek makaslama bağlanma değerleri elde etmişlerdir (Staxrud ve Valen, 2022).

Bu çalışmada da iki farklı markaya ait universal adeziv ajan kullanıldı. Cerasmart numunelerin Al_2O_3 ile yüzey hazırlığını takiben Tokuyama Universal bond kullanımında elde edilen makaslama bağlanma değerleri Sylc ve Cojet ile hazırlananlardan daha yüksek bulundu. Ancak Al_2O_3 ile yüzey hazırlığını takiben Multiprimer ve G-Premio universal bond kullanılan grupta elde edilen bağlanma değerleri ile Sylc ve Cojet yüzey hazırlık işlemleri uygulanan numunelerin bağlanma değerleri arasında üstünlük bulunmadı.

Fornazari ve ark., çalışmalarında universal adezivin etkinliğinin kullanılan silanın tipinden bağımsız olduğunu ancak universal adezivin Al_2O_3 ile air abrazyon yöntemiyle birlikte kullanımının tamir bağlanma kuvvetini artırdığını göstermişlerdir. Bunun nedeninin air abrazyon uygulamasıyla eski restorasyon yüzeyinde fazla miktarda seramik doldurucu açığa çıkması ve böylece artan yüzey alanının bağlanmayı artırmış olması düşünülmektedir (Fornazari ve ark., 2017).

Çalışmamızda üretici firma Tokuyama Universal bond ile ilave silan kullanımını önermediği için ilave silan kullanılmamıştır. Bonding ajanın içeriği iki ayrı şişeden oluşmakta ve ürünün kullanılacağı sırada karıştırılmasıyla inaktif silanın aktive olduğu belirtilmektedir. Ancak G-Premio universal bonding ajanın üretici firması tarafından restorasyon tamirinde Multiprimer silan kullanımı tavsiye edildiği için bu grupta silan kullanıldı.

Altinci ve ark.'ın universal adeziv kullanılarak nanohibrit ve hibrit kompozitlerin tamir bağlanma dayanımlarını inceledikleri çalışmalarında sadece mikro ve makromekanik pürüzlendirmeye birlikte silan ve universal adeziv kullanımının sağladığı tamir bağlanma dayanımının test edilen her bir kompozitin koheziv dayanımıyla kıyaslanabilir değere sahip olduğu gösterilmektedir. Universal adezivlerin kompozit tamirinde güvenilir bir yöntem olduğu, kumlama ve silan uygulamasının tüm örnek tiplerinde tamir dayanımını kısmen artırdığı söylenmektedir. Kırık tipleri incelendiğinde yeni kompozitlerde koheziv kırılma görülürken, yaşlandırılmış kompozit grubunda baskın başarısızlık adeziv arayüzünde görülmektedir. Bu da tüm yaşlandırılmış gruplarda koheziv dayanımdan daha zayıf adeziv bağlantının olduğunu

göstermektedir (Altinci ve ark., 2018). Bu çalışmada Cerasmart numunelerinde eşleşmemiş C çift bağlarının açığa çıkması için Al_2O_3 ile pürüzlendirme daha etkili bir yüzey hazırlığı sağlamış olabilir. Dolayısıyla hem G Premio bond hem de Tokuyama Universal bond uygulamalarında diğer yüzey hazırlık işlemlerinden yüksek bağlanma ve koheziv kırılma gözlenmiş olabilir. Çalışmamızın 3. hipotezi kısmen kabul edilmiştir.

Materyal teknolojisindeki ilerlemelere rağmen ağız boşluğunda bulunan enzimler kompozit matriksinde bozulmaya neden olabilmektedir. Kompozit rezinler sıvılar içinde daha az kararlıdır, nötr pH'da hidroliz nispeten yavaş ilerlerken enzimler ve asitler bu durumu hızlandırmaktadır (Szczesio-Wlodarczyk ve ark., 2020). Tükürük koşullarında da monomerlerin kimyasal yapısı, dimerlerin ve oligomerlerin miktarı, polimer matriksin geometrisi, polimerize matriksteki çapraz bağlanma derecesi gibi polimer doğası ve diğer ağız içi koşullara bağlı olarak bozunmaya uğramaktadırlar (Gupta ve ark., 2015; Szczesio-Wlodarczyk ve ark., 2020).

Rezin kompozitlerin mikroyapısal özellikleri kompozitin bozunma direnci, performansı ve özellikleri üzerinde etkilidir. Ko-polimer BisEMA / TEGDMA'nın monomer dönüşümü, su emilimi, çözünürlüğü ve renk stabilitesi, dental kompozitlerde baz monomer olarak daha fazla geliştirmeye yönelik kullanıma uygun fizikokimyasal özellikler sunmuştur. BisGMA ve UDMA içerikli kompozit rezinlerde su emiliminin TEGDMA içerikli kompozitlerden daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Ferracane ve ark., 2014; Fonseca ve ark., 2017).

Yao ve ark.'a göre makaslama bağlanma değeri ile mikrosızıntının değerlendirilmesi bağlanma performansının daha kapsamlı bir şekilde incelenmesini sağlar ve bu değerlerin karşılıklı önemini gösterir. Bunun yanı sıra mikrosızıntı ile bağlanma dayanımı arasındaki ilişki net değildir. Bu indeksler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığını söyleyen çalışmalarla birlikte, ters bir ilişki olduğunu söyleyen çalışmaların olması çelişkili bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (Yao ve ark., 2017).

Bayne, araştırmacıların mikrosızıntı testlerinin materyalin klinik performansına ışık tutacağını düşünmesine karşın klinik ve laboratuvar testleri arasında güçlü bir ilişki görmemektedir (Bayne, 2012). Yaman ve ark, farklı kompozit ve bağlanma

sistemlerinin kompozit tamir mikrosızıntısına etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında boya penetrasyonu tekniğini kullanmışlardır (Yaman ve ark. 2011).

Bu çalışmada renk ölçüm gruplarında %0,5'lik bazik fuksin çözeltisi ile boya penetrasyon tekniği kullanılarak mikrosızıntı değerleri incelenmiştir. Restore edilen kavitelerin oklüzal ve basamak olmak üzere iki bölgede elde edilen verilerine göre hem Empress hem de Cerasmart numunelerde Omnichroma ve Essentia tamir gruplarında yüzey hazırlık işlemleri açısından anlamlı bir farklılık gözlenmedi. Çalışmamızda uygulanan yüzey işlemleri arasında mikrosızıntı açısından fark olmayacağı hipotezimiz kabul edildi. Kompozit ve adeziv grubuna göre değerlendirme yapıldığında Cojet uygulanan Cerasmart numunelerde Essentia grubunda sızıntı görülme oranı yüksekken, Omnichroma grubunda sızıntı görülme oranı yüksektir.

Bir restorasyonun estetiği renk, şekil, yüzey formu ve translusensi özelliklerine bağlıdır. Seramik ve kompozit esaslı dental materyallerin estetik olarak kabul edilebilir olması için mümkün olduğunca doğal diş rengini taklit etmesi gerekmektedir (Dozić ve ark., 2007). Renk iletilen, yansıyan veya soğurulan ışığın neden olduğu görsel bir etkidir. Renk algısı ise nesne, gözlemci veya dedektör ve ışık kaynağı arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda renk algısı translusensi, opasite, parlaklık, insan beyninin ve gözlerin sınırlarından etkilenmektedir (Dozić ve ark., 2007; Kim-Pusateri ve ark., 2009). Restorasyonun başarılı bir renk uyumu göstermesi uygun renk seçimine ve rengin taklit edilebilirliğine bağlıdır. Renk seçiminin başarılı sayılabilmesi için en önemli kriter seçilen rengin hasta ve hekim tarafından kabul edilmesidir (Klotz ve ark., 2022). Renk ölçümünde güvenilirliği ile ön plana çıkan spektrofotometreler klinik ve laboratuvar şartlarda pek çok araştırmada kullanılmaktadır. Igiel ve ark., tarafından görsel ve enstrümantal renk eşleşmesinin değerlendirildiği çalışmada Vita Easyshade Advance intraoral spektrofotometrenin görsel renk seçiminden daha güvenilir sonuç verdiği bulunmuştur (Igiel ve ark., 2017). Benzer şekilde Liberato ve ark., renk seçiminde enstrümantal yöntemlerin görsel yöntemlere göre daha güvenilir olduğunu söylemektedir (Liberato ve ark., 2019). Bir renk ölçüm aletinin aynı numuneyi ölçümündeki tutarlılığı, ölçümün kesinlik ve güvenilirlik faktörlerinden olan tekrarlanabilirliğiyle ilgilidir (Sarafianou ve ark., 2012). Tutarlı ve doğru diş rengi ölçümü kapasitesi dental materyaller için tekrarlanabilirliği geliştirmek adına önemlidir. Dozić ve ark., beş farklı markaya ait

dijital ölçüm cihazı kullanarak yaptıkları çalışmada Vita Easysshade renk tespit cihazı *in vivo* ve *in vitro* koşullarda en güvenilir cihaz olarak bulunmuştur (Dozić ve ark., 2007). Paul ve ark., spektrofotometrelerin güvenilirliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında tekrarlanan ölçümlerde %83,3 oranında aynı sonuçları elde etmişlerdir (Paul ve ark., 2002).

Bu çalışmada materyallerin tamir öncesi ve sonrası renk değerlerini ölçmek amacıyla spektrofotometre kullanıldı. Lehmann ve ark., CIE'ye göre standart, gün ışığı aydınlatma koşullarını sağlamak üzere 6500K ışık kaynağı altında ve ortam gün ışığını elimine etmek adına optik opak panjur altında renk ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir (Lehmann ve ark., 2010). Cengiz ve ark., rezin kompozitlerin farklı renk yapıştırıcı rezin simanlarla simantasyonunda renk farklılıklarını inceledikleri çalışmalarında renk ölçümlerini standardizasyon sağlamak adına D65 ışık kaynağı kullanarak gerçekleştirmişlerdir (Cengiz ve ark., 2018). Pereira Sanchez ve ark., rezin kompozitlerin renk adaptasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında D65 ışık altında nötral gri arka plan kullanılarak temassız spektrofotometre ile ölçümler gerçekleştirilmiştir (Pereira Sanchez ve ark., 2019). Üretici firma Easysshade V'in ortam şartlarından etkilenmediğini belirtmektedir. Görsel renk değerlendirmesi ortam ışığından etkilenebilirken dijital sistemlerin kendi içlerinde bulunan ışık kaynakları çevre ışığını önemsizleştirmektedir. Witkowski ve ark., spektrofotometre kullanıldığında ortam ışık şartlarının dijital renk ölçümlerini etkilemediğini ileri sürmektedir (Witkowski ve ark., 2012). Lee ve ark., Park ve ark. ortam ışığını elimine edecek deneysel tasarımlar kullanarak harici ışıkların cihaz ölçümleri üzerindeki potansiyel etkisini kontrol etmeye çalışmışlardır (Lee ve ark., 2002; Park ve ark., 2006). Rengin doğruluk derecesi üzerindeki olası etki, kullanılan alete, malzeme tipine, opaklığa, dokuya ve ölçülen tarafın yarı saydamlığına bağlıdır.

İnsan gözü siyah ve beyaz renk varyasyonlarına diğer tüm renklerden daha duyarlı olduğundan lightness (parlaklık, value) değerinin hue ve chromadan daha önemli olduğu düşünülmektedir. Vita skalasında renk tonu ve doygunluğa göre sıralamalar esas alınırken translusensi parlaklık ile ilişkilidir. Üreticiler universal renk kompozitleri üretirken dentin ve minenin optik özelliklerini en iyi biçimde taklit edebilecek nitelikte translusensiye sahip materyali ortaya çıkarmayı hedeflemişlerdir. Yüksek doldurucu içeriği kompozitin translusensi değerini etkilemektedir (de Abreu

ve ark., 2020). Suh ve ark.'nın çalışmasında doldurucu içeriğindeki artışın rezinin opaklığını ve çevreyle benzer renk sağlama yeteneği olarak tanımlanan blending etkisini artırdığı bulunmuştur (Paravina ve ark., 2006; Suh ve ark., 2017). Blending efektin yüksek olması sayesinde diş/restorasyon arasındaki renk uyumsuzluklarının ve farklılıkların minimize edildiği bilinmektedir. Geçmişte yapılan araştırmalarda kompozitin blending etkisinin materyale ve renk tonuna (shade) bağlı olduğu ve restorasyon hacminin azalması ve translusensinin artmasıyla arttığı bildirilmektedir (Paravina ve ark., 2007; Pereia Sanchez ve ark., 2019). Essentia Universal kompozitin doldurucu miktarı ağırlıkça %81, hacimce %65'tir. Omnichroma'da doldurucu miktarı ağırlıkça %79, hacimce %68'dir. Doldurucu içeriğinin yanı sıra rezin matriksin kompozitin translusensi değerine etkisi olduğu düşünülmektedir. Azzopardi ve ark.'nın rezin matriks yapısının translusensiye etkisini inceledikleri deneysel kompozitlerle yapılan çalışmasında BisGMA içerikli kompozitlerin TEGDMA ve UDMA içerenlerden yüksek translusensi gösterdiği bulunmuştur. Translusensi farkının, BisGMA'nın silika dolgu maddesine TEGDMA ve UDMA'dan daha yakın bir kırılma indisine sahip olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür (Azzopardi ve ark., 2009).

Rezin kompozitlerde doldurucu partikül büyüklüğü görünür ışık dalga boyundan küçük olduğunda herhangi bir pigment eklenmeden yapısal renk elde edilebildiği bildirilmektedir (Yamaguchi ve ark., 2021). 260 nm doldurucu partikül büyüklüğüne sahip Omnichroma kompozitlerde pigment içermeyen yapısal renk özelliği öne çıkmaktadır.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasına neden olan hedeflerden birisi universal tek renk kompozitlerin tamir yüzeyinde sağlayacağı yüksek renk uyumu ile restorasyon başarısını tekrar sağlamaktır. Ayrıca pek çok klinisyen satın aldığı kompozit setlerinde nadir kullanılan renklere de para ödemek durumunda kalmaktadır. Oysa universal renklerin tedavide ortaya koyduğu sonuçlar tatmin edici olursa bu gibi malzeme ve para israfının önüne geçmek mümkündür. Aynı zamanda universal renk kompozitlerin renk uyumu yüksek olursa hastaların ve hekimlerin de estetik açıdan tatmini mümkün olacaktır. Vita Klasik renk skalasının diş hekimliğinde restorasyon rengine karar vermede altın standart olmasına rağmen doğal diş renginin %6-11'ini kapsadığı bildirilmektedir (Ostervemb ve ark. 2011). Bu yüzden de doğal diş ve restorasyon

arasında yetersiz renk uyumu, hatalı renk seçimi ve buna bağlı yeniden restorasyon gereksinimleri ortaya çıkabilmektedir. Diş ve restorasyon arasındaki renk uyumu problemini çözmek üzere tek renk kompozitlerden beklentiler yüksektir.

Rezin nano seramik ve seramik numunelerde tüm gruplarda elde edilen ΔE_1 değerlerinin ortalamaları incelendiğinde klinik olarak kabul edilebilir eşiğin ($\Delta E < 3,3$) üzerinde sonuçlar gözlemlendi. Çalışmamızın 4 numaralı hipotezi reddedildi. Cerasmart ve Empress numunelerde Sylec yüzey hazırlık işlemi kullanımı haricinde Omnichroma ve Essentia universal kompozitlerin renk açısından birbirlerine üstünlükleri gözlemlenmedi.

De Abreu ve ark.'nın kesici dişlerde Omnichroma ve birkaç marka kompozitin renk değişimini değerlendirdikleri çalışmalarında da Omnichroma'nın ΔE değerleri benzer şekilde yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada universal renk kompozitlerin yüksek ΔE değerlerine neden olmasında kavite hacminin büyüklüğünün kompozit tarafından yeterince tolere edilememiş olması düşünülebilir. Universal renk kompozitlerin performansının kavitenin derinlik ve hacim değerlerinden etkilenme durumu yeni çalışmalar ile değerlendirilmelidir.

Renk seçimi ve taklit edilebilirliğin yanı sıra uzun dönemde restorasyonun renk stabilitesini koruması da önemli beklentilerden birisidir. Fonseca ve ark., tarafından model kompozitler ile yapılan çalışmada renk stabilitesinin direkt olarak temel monomer formülasyonu ile ilişkili su emilimi ve suda çözünürlük ile ilişkili olduğu söylenmektedir. Monomerlerin kimyasal yapısı fonksiyonel polar grupların varlığı ve üç boyutlu polimerik yapının fiziksel özellikleri gibi faktörlerin kompozitlerin optik özelliklerini etkilediği gösterilmiştir. BisEMA ve UDMA monomerlerinin su emilimi ve suda çözünürlük konusunda BisGMA'dan daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur (Fonseca ve ark., 2017).

Rezin nano seramik ve seramik numunelerde Omnichroma ve Essentia Universal kompozitlerle tamir işlemlerini takiben yaşlandırılması sonucu renk değişimleri incelendiğinde grupların çoğunda ΔE_2 değerleri klinik kabul edilebilir eşiğin ($\Delta E < 3,3$) altında bulundu. Çalışmamızın 5. hipotezi kısmen kabul edildi. Ancak Tokuyama Universal bond kullanılan gruptaki renk değişimi miktarı G-Premio bond kullanılan gruptan daha yüksek görüldü. Bunda G-Premio bondun HEMA içermeyen yapısından

ötürü yaşlanmayla ortaya çıkabilecek hidroliz kaynaklı renkleşmelerin önlenmesi düşünülebilir, Tokuyama Universal bond içeriği incelendiğinde HEMA bulunduğu gözlemlendi. Ayrıca Tokuyama Universal bondun self adeziv olması yaşlanmayla renkleşmenin artabileceğini düşündürdü. Kimyasal aktivasyon sistemine sahip self cure ve dual cure sistemlerde bulunan amin hızlandırıcılar ve inhibitörlerdeki reaktif grupların oksidasyonu renk değişimine neden olabilmektedir (Koishi ve ark., 2002). Kilinc ve ark.'nın rezin simanların renk stabilitesini değerlendirdikleri çalışmalarında kimyasal aktivasyon sistemi barındıran dual cure simanlar renk stabilitesi açısından düşük performans göstermişlerdir (Kilinc ve ark., 2011). Yüksek konversiyon derecesi renk stabilitesinde önemlidir. Fonseca ve ark.'nın yaptığı çalışma sonucunda yüksek konversiyon derecesi gösteren BisEMA içerikli kompozit en iyi renk stabilitesini göstermiştir (Fonseca ve ark., 2017). Belirtilen birçok faktör ile birlikte Essentia Universal'in BisEMA içeriğinin kompozitin renk stabilitesini olumlu yönde etkileyerek daha düşük ΔE değeri göstermesine neden olduğu düşünülebilir. Bunun yanı sıra Omnichroma kompozitlerin yaşlanmayla birlikte renk uyumunu sağlamakta daha zayıf performans gösterdiği düşünülebilir çünkü içeriğinde bulunan TEGDMA buna ortam hazırlayabilir.

Bu çalışma sonucu elde edilen verilerin restorasyon tamirini tedavi seçeneği olarak önceleyen hekimlere yol gösterici olması beklenmektedir. Ancak sadece bilimsel verilerin çoğalmasının hekimlerin tamir restorasyonlarına yönelmesinde yeterli olamayacağı, tamirin hekimlerin eğitimleri esnasında kazandırılmış bir alışkanlığa dönüştürülmesi önem arz etmektedir.

Restorasyon tamirinin fakülte eğitimindeki yerini sorgulamak tamir ve yenileme seçeneklerinin klinik pratiğindeki savaşını anlamamıza yardım edecektir. 2002-2017 yıllarını kapsayan restorasyon tamirinin öğretilmesini araştıran meta analizde dünya çapında 276 diş hekimliği fakültesinin %83'ü lisans eğitimi müfredatında restorasyon tamirini bulundurmaktadır. Bu çalışmaya göre diş hekimleri fakülte eğitiminde restorasyon tamirini öğrenmelerine karşın kısmen kusurlu restorasyonları onarma konusunda hala tam olarak kararlı görülmemektedirler. Hekimlerin tamir kararını vermesinde sahip oldukları bilgiler, sistemsel ve ekonomik kaynak faktörleri etkili olabilmektedir (Kanzow ve ark., 2018). Tyas ve ark., gerçekleştirdikleri çalışmada restorasyon tamirinin klinisyenler tarafından 'yama işi diş hekimliği' olarak

düşünüldüğü rapor edilmektedir (Tyas ve ark., 2000). Teknik gelişmelerin yanı sıra hekim algısının değiştirilmesi de önemli bir adım olacaktır.

SONUÇ

Bu çalışmada seramik ve rezin nano seramik CAD/CAM bloklardan hazırlanan numunelerin üç farklı yüzey hazırlık işlemini takiben yüzeylerde oluşan pürüzlülük değerleri incelendi, iki farklı markaya ait üniversal renk kompozit ile tamirinde renk uyumu ve bağlanma performansları değerlendirildi ve aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

Makaslama bağlanma dayanımı açısından;

- Seramik grubu numunelerinde biyoaktif cam partikülleri (Sylc), tribokimyasal silika kaplama (Cojet) ve Al_2O_3 ile muamele edilen yüzeylerin tamirinde elde edilen makaslama bağlanma kuvvetleri arasında fark bulunmadı.
- Seramik grubu numunelerinde üç yüzey hazırlık işleminde de Tokuyama Universal bond ve Omnichroma ikilisi GC Multiprimer, G Premio bond ve Essentia Universal kompozit grubundan daha yüksek bağlanma değerleri gösterdi.

Renk uyumu ve stabilitesi açısından;

- Bloklardan hazırlanan numunelerde ölçülen ΔE_1 değerlerinin klinik olarak kabul edilebilir eşik sayılan 3,3 değerinin üzerinde olduğu gözlemlendi.
- Yaşlandırma sonrasında Tokuyama Universal Bond ve Omnichroma grubunda GC Multiprimer, G-Premio bond ve Essentia Universal grubuna göre daha yüksek renk değişimi gözlemlendi.

Yüzey pürüzlülüğü açısından;

- Seramik ve rezin nano seramik örnek yüzeylerine biyoaktif cam partikülleri (Sylc) ve tribokimyasal silika kaplama (Cojet) uygulamasında benzer pürüzlülük değerleri görüldü.
- Tüm gruplarda Al_2O_3 , Sylc ve Cojet uygulamasından daha yüksek pürüzlülük değerlerine neden oldu.

Bu çalışmanın sınırları dahilinde seramik ve rezin nano seramik indirekt restorasyonların tamirinde üniversal tek renk kompozitlerin kullanımı renk uyumu açısından kabul edilebilir sınırlara yakın bulundu. Ayrıca üniversal tek renk kompozitlerin yaşlandırma sonrası renk performansları kabul edilebilir düzeydedir. Ancak kabul edilebilir eşğin altında değlerler elde etmek adına restorasyon hacminin renk farkına etkisinin ve piyasaya yeni sürülen üniversal renk kompozitlerin performanslarının da değlendirildiğı araştırmalar faydalı olacaktır.

Restorasyon tamirinin minimal invaziv yüzey hazırlığı ve maksimum bağlanma değleri ile gerçekleştirilmesi yolunda BAC, gelenekselleşmiş tribokimyasal silika kaplama yöntemine benzer sonuçlar sağladı. Restorasyon tamirinde ideal yüzey hazırlık işleminden bahsetmek için yeni çalışmalara ihtiyaç vardır, bağlanma kuvvetleri yüzey hazırlık işleminin yanı sıra materyal ve bağlayıcı ajanlara bağlı olarak değışiklik gösterebilmektedir.

Sürdürülebilir çevre alışkanlıklarının öne çıktığı günümüzde diş hekimliği alanında gerçekleştirilen tedavilerin de çevre dostu olması değerlidir. Restorasyon tamiri minimal girişimsel tedavi seçeneğı olarak canlı dokuları korurken, restorasyon döngüsünü azaltarak; zaman, maliyet, iş gücü kazanımlarıyla bu yola hizmet edecektir.

8.KAYNAKLAR

Akın C. Farklı Marjinal Bitim Tiplerinin Seramik Kronların Kenar Sızıntısına Etkisi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 2014, Konya (Danışman: Prof. Dr. Ö İnan)

Albakry M, Guazzato M, Swain MV, Biaxial flexural strength and microstructure changes of two recycled pressable glass ceramics. J Prosthodont. 2004;13:141-9.

Alizadeh OP, Mohammadi N, Ebrahimi CME, Kimyai S, Pournaghi AF, Rikhtegaran S, Shojaei M. Effect of surface treatment with Er;Cr:YSSG, Nd:YAG, and CO₂ lasers on repair shear bond strength of a silorane-based composite resin. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. 2013;7(2):61-6.

Almeida G. The effect of mouthrinses on salivary sorption, solubility and surface degradation of a nanofilled and a hybrid resin composite. Oper Dent. 2010;35(1):105-111.

Alnasser M, Finkelman M, Papathanasiou A, Suzuki M, Ghaffari R, Ali A. Effect of acidic pH on surface roughness of esthetic dental materials. J Prosthet Dent. 2019;122(6):567.e1-567.e8.

Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. Dent Mater. 2013;29(9):213-7.

Altinci P, Mutluay M, Tezvergil MA. Repair bond strength of nanohybrid composite resins with a universal adhesive. Acta Biomater Odontol Scand. 2018;4(1):10-19.

Al-Turki L, Merdad Y, Abuhaimed TA, Sabbahi D, Almarshadi M, Aldabbagh R. Repair bond strength of dental computer-aided design/computer-aided manufactured ceramics after different surface treatments. J Esthet Restor Dent. 2020;1-8.

Andersson M, Carlsson L, Persson M, Bergman B. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *J Prosthet Dent*. 1996;76(2):187-93.

Anusavice KJ. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. *Dent Mater*. 2012;28(1):102-111.

Arpa C, Ceballos L, Fuentes MV, Perdigão J. Repair bond strength and nanoleakage of artificially aged CAD-CAM composite resin. *J Prosthet Dent*. 2019;121(3):523-530.

Ástvaldsdóttir Á, Dagerhamn J, van Dijken JW, Naimi-Akbar A, Sandborgh-Englund G, Tranæus S, Nilsson M. Longevity of posterior resin composite restorations in adults-A systematic review. *J Dent*. 2015;43(8):934-54.

Attia A. Influence of surface treatment and cyclic loading on the durability of repaired all ceramic crowns. *J Appl Oral Sci*. 2010;18:194-200.

Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2015;114(4):587-93.

Ayyıldız S, Uyar HA, Yuzugullu B. Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve inceleme yöntemleri. *Atatürk Üniv Dis Hek Fak Derg*. 2009;19:219-226.

Azzopardi N, Moharamzadeh K, Wood DJ, Martin N, van Noort R. Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *Dent Mater*. 2009;25(12):1564-8.

Baino F, Hamzehlou S, Kargozar S. Bioactive Glasses: Where are we and where are we going? *J Funct Biomater*. 2018;9(1):25.

Banerjee A, Paolinelis G, Socker M, McDonald F, Watson TF. An in vitro investigation of the effectiveness of bioactive glass air-abrasion in the selective removal of orthodontic resin adhesive. *Eur J Oral Sci*. 2008;116(5):488-92.

Banerjee A, Thompson ID, Watson TF. Minimally invasive caries removal using bio-active glass air-abrasion. *J Dent*. 2011;39:2-7.

Bauer J, Silva E, Silva A, Carvalho EM, Ferreira PVC, Carvalho CN, Manso AP, Carvalho RM. Dentin pretreatment with 45S5 and niobophosphate bioactive glass: Effects on pH, antibacterial, mechanical properties of the interface and microtensile bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2019;90:374-380.

Bayne SC. Correlation of clinical performance with 'in vitro tests' of restorative dental materials that use polymer-based matrices. *Dent Mater*. 2012;28(1):52-71.

Bedran-de-Castro AK, Pereira PN, Pimenta LA, Thompson JY. Effect of thermal and mechanical load cycling on nanoleakage of class II restorations. *J Adhes Dent*. 2004;6(3):221-6.

Beun S, Glorieux T, Devaux J, Vreven J, Leloup G. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites. *Dent Mater*. 2007;23:51-9.

Blum IR, Özcan M. Reparative dentistry: Possibilities and limitations. *Curr Oral Health Rep*. 2018;5(4):264-269.

Brosh T, Bichacho N, Blutstein R. Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent*. 1997;77:122-6.

Burke FJ, Hussain A, Nolan L, Fleming GJ. Methods used in dentine bonding tests: An analysis of 102 investigations on bond strength. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2008;16(4):158-165.

Bustamante-Hernández N, Montiel-Company JM, Bellot-Arcís C, Mañes-Ferrer JF, Solá-Ruiz MF, Agustín-Panadero R, Fernández-Estevan L. Clinical behavior of ceramic, hybrid and composite onlays: A systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(20):7582.

Canay S, Cehreli MC. The effect of current bleaching agents on the color of light-polymerized composites in vitro. *J Prosthet Dent*. 2003;89(5):474-8.

Cardoso PE, Braga RR, Carrilho MR. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dent Mater*. 1998;14(6):394-398.

Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. 10-MDP based dental adhesives: adhesive interface characterization and adhesive stability-a systematic review. *Materials (Basel)*. 2019;12(5):790.

Cavalcanti AN, Lavigne C, Fontes CM, Mathias P. Microleakage at the composite-repair interface: Effect of different adhesive systems. *J Appl Oral Sci*. 2004;12(3):219-22.

Celik G, Ismatullaev A, Sari T, Usumez A. Comparison of the effectiveness of bonding composite to zirconia as a repair method. *Int J Appl Ceram Technol*. 2016;13:405-411.

Cenci MS, Pereira-Cenci T, Donassollo TA, Sommer L, Strapasson A, Demarco FF. Influence of thermal stress on marginal integrity of restorative materials. *J Appl Oral Sci*. 2008;16:106-110.

Cengiz E, Kurtulmus-Yilmaz S, Karakaya I, Aktore H. Color difference of composite resins after cementation with different shades of resin luting cement. *Odontology*. 2018;106(2):181-186.

Chadwick B, Treasure E, Dummer P, Dunstan F, Gilmour A, Jones R, Phillips C, Stevens J, Rees J, Richmond S. Challenges with studies investigating longevity of dental restorations- a critique of a systematic review. *J Dent*. 2001;29:155-61.

Chappard D, Deganse I, Hure G, Legrand E, Audran M, Basle MF. Image analysis measurements of roughness by texture and fractal analysis correlate with contact profilometry. *Biomaterials*. 2003;24:1399-1407.

Chen MH. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res*. 2010;89:549–60.

Chen WC, Ko CL, Wu HY, Lai PL, Shih CJ. Thermal cycling effects on adhesion of resin-bovine enamel junction among different composite resins. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;38:105-113.

Cho SD, Rajitrangson P, Matis BA, Platt JA. Effect of Er,Cr:YSGG laser, air abrasion, and silane application on repaired shear bond strength of composites. *Oper Dent.* 2013;38:1-9.

Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems; review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38:2-16.

Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymerinfiltrated ceramic-network materials. *Dent Mater.* 2013;29:419-426.

Condon JR, Ferracane JL. Reduced polymerization stress through non-bonded nanofiller particles. *Biomaterials* 2002;23:3807–15.

Çelik G, Üşümez A, Sarı T. Bilgisayar destekli diş hekimliği ve güncel CAD/CAM sistemleri. *Cumhuriyet Dent J.* 2013;16(1):74-82.

Da Costa TRF, Serrano AM, Atman APF, Loguercio AD, Reis A. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent.* 2012;40:513-21.

da Silva LH, de Lima E, de Paula Miranda RB , Favero SS, Lohbauer U, Cesar PF. Dental ceramics: A review of new materials and processing methods. *Braz Oral Res.* 2017;28;31(1):58.

D'Amario M, Campidoglio M, Morresi AL, Luciani L, Marchetti E, Baldi M. Effect of thermo cycling on the bond strength between dual-cured resin cement sand zirconium-oxide ceramics. *J. Oral Sci.* 2010;52:425-430.

Davidowitz G, Kotick PG. The Use of CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin N Am.* 2011;55:559-570.

de Abreu JLB, Sampaio CS, Benalcázar Jalkh EB, Hirata R. Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2020;1-8.

de Andrade AK, Duarte RM, Medeiros e Silva FD, Batista AU, Lima KC, Pontual ML, Montes MA. 30-Month randomised clinical trial to evaluate the clinical performance of a nanofill and a nanohybrid composite. *J Dent*. 2011;39(1):8-15.

de Carvalho Martins BM, da Silva E, Tavares Pereira Ferreira DM, Rodrigues Reis K, da Silva Fidalgo TK. Longevity of defective direct restorations treated by minimally invasive techniques or complete replacement in permanent teeth: A systematic review. *J Dent*. 2018;78:22-30.

Demarco FF, Collares K, Coelho-de-Souza FH, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Anterior composite restorations: A systematic review on long-term survival and reasons for failure. *Dent Mater*. 2015;31(10):1214-24.

Dieckmann P, Baur A, Dalvai V, Wiedemeier DB, Attin T, Tauböck TT. Effect of composite age on the repair bond strength after different mechanical surface pretreatments. *J Adhes Dent*. 2020;22(4):365-372.

Doerr CL, Hilton TJ, Hermes CB. Effect of thermocycling on the microleakage of conventional and resin-modified glass ionomers. *Am J Dent*. 1996;9(1):19-21.

Dong JK, Oh SC. The microstructure of IPS Empress ceramics according to the heat treatment and the sprue type. *J Korean Acad Prosthodont*. 1998;36:73-86.

Dozić A, Kleverlaan C, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont*. 2007;16:93-100.

Elderton RJ. Clinical studies concerning re-restoration of teeth. *Adv Dent Res*. 1990;4:4-9.

Erdilek D, Dörter C, Koray F, Kunzelmann KH, Efes BG, Gomec Y. Effect of thermo-mechanical load cycling on microleakage in class II ormocer restorations. *Eur J Dent.* 2009;3(3):200-205.

Ereifej, NS, Oweis YG, Eliades G. The effect of polishing technique on 3-D surface roughness and gloss of dental restorative resin composites. *Operative Dent.* 2013;38(1):1–12.

Eren D, Doğan CA, Bektaş ÖÖ. Effect of different surface treatments and roughness on the repair bond strength of aged nanohybrid composite. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(8):473-482.

Estay J, Martín J, Viera V, Valdivieso J, Bersezio C, Vildosola P, Mjor IA, Andrade MF, Moraes RR, Moncada G, Gordan VV, Fernández E. 12 years of repair of amalgam and composite resins: A clinical study. *Oper Dent.* 2018;43(1):12-21.

Fasbinder DJ, Chairside CAD/CAM: an overview of restorative material options, *Compend Contin Educ Dent.* 2012;33:50,52-8.

Fasbinder DJ, Neiva GF, Heys D, Heys R. Clinical evaluation of chairside computer assisted design/computer assisted machining nano-ceramic restorations: Five-year status. *J Esthet Restor Dent.* 2019;1-11.

Fernandez E, Martin J, Vildosola P, Estay J, de Oliveira Junior OB, Gordan V, Mjor I, Gonzalez J, Loguercio AD, Moncada G. Sealing composite with defective margins, good care or over treatment? Results of a 10-year clinical trial. *Oper Dent.* 2015;40(2):144-152.

Fernandez E, Martin J, Vildosola P, Oliveira Junior OB, Gordon V, Mjor I, Bersezio C, Estay J, de Andrade MF, Moncada G. Can repair increase the longevity of composite resins? Results of a 10-year clinical trials. *J Dent.* 2015;43:279-286.

Ferracane JL. Resin composite-state of the art. *Dent mater.* 2011;27:29-38.

Fonseca AS, Labruna Moreira AD, de Albuquerque PP, de Menezes LR, Pfeifer CS, Schneider LF. Effect of monomer type on the CC degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. *Dent Mater.* 2017;33(4):394-401.

Fornazari IA, Wille I, Meda EM, Brum RT, Souza EM. Effect of surface treatment, silane, and universal adhesive on microshear bond strength of nanofilled composite repairs. *Oper Dent.* 2017;42(4):367-374.

Frankenberger R, Petschelt A, Kramer N. Leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after six years: Clinical behavior. *Oper Dent.* 2000;25:459-65.

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

Goodhew PJ, Humphreys J, Beanland R. The scanning electron microscope, In: *Electron Microscopy and Analysis*. 3rd ed. London: Taylor & Francis; 2001, p:122-124.

Gordan VV, Garvan CW, Blaser PK, Mondragon E, Mjör IA. A long-term evaluation of alternative treatments to replacement of resin-based composite restorations: Results of a seven-year study. *J Am Dent Assoc.* 2009;140(12):1476-84.

Gordan VV, Mjör IA, Blum IR, Wilson N. Teaching students the repair of resin-based composite restorations: A survey of north american dental schools. *J Am Dent Assoc.* 2003;134(3):317-23.

Gordan VV, Riley JL, Worley DC, Gilbert GH for The DPBRN Collaborative Group. Restorative material and other tooth-specific variables associated with the decision to repair or replace defective restorations: Findings from The Dental PBRN. *J Dent.* 2012;40:397-405.

Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NRFA, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2015;28(3):227-35.

Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater*. 2004;20:449-456.

Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic systems: Laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am*. 2011;55(2):333-52.

Gupta S, Parolia A, Jain A, Kundabala M, Mohan M, De Moraes Porto ICC. A comparative effect of various surface chemical treatments on the resin composite-composite repair bond strength. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2015;1;33(3):245-249.

Hampe R, Lümke N, Sener B, Stawarczyk B. The effect of artificial aging on Martens hardness and indentation modulus of different dental CAD/CAM restorative materials. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018;86:191-198.

He LH, Swain M. A novel polymer infiltrated ceramic dental material. *Dent Mater*. 2011;27:527-534.

Helvatjoglou-Antoniades M, Kalinderis K, Pedulu L, Papadogiannis Y. The effect of pulse activation on microleakage of a 'packable' composite resin and two 'ormocers'. *J Oral Rehabil*. 2004;31(11):1068-74.

Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V, Pachlag KA, Purushotham R, Reddy VK. Shear bond strength of repaired composites using surface treatments and repair materials: An in vitro study. *J Int Oral Health*. 2014;6(6):22-5.

Hench LL. Bioceramics – from concept to clinic. *J Am Ceram Soc*. 1991;74:1487-510.

Hickel R, Brühaver K, Ilie N. Repair of restorations- Criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater*. 2013;29:28-50.

Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjör I, Bayne S, Peters M, Hiller KA, Randall R, Vanherle G, Heintze SD. FDI World Dental Federation- clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations; update and clinical examples. *J Adhes Dent.* 2010;12(4):259-72.

Igiel C, Lehmann KM, Ghinea R, Weyhrauch M, Hangx Y, Scheller H, Paravina RD. Reliability of visual and instrumental color matching. *J Esthet Restor Dent.* 2017;29(5):303-308.

Imbery TA, Gray T, DeLatour F, et al. Evaluation of flexural, diametral tensile, and shear bond strength of composite repairs. *Oper Dent.* 2014;39:250–260.

Isolan, CP, Valente LL, Münchow EA, Basso1 GR, Pimentel AH, Schwantz JK, da Silva AV, Moraes RR. Bond strength of a universal bonding agent and other contemporary dental adhesives applied on enamel, dentin, composite, and porcelain. *Appl Adhes Sci.* 2014;2:25.

İşcan Yapar M. Farklı Pürüzlendirme Yöntemleriyle Dentine Uygulanan Kompozit Rezin ve Cam İyonomer Siman Materyallerinin Makaslama Bağlanma Dayanımlarının İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2015, Erzurum (Danışman: Prof. Dr. Y Z Bayındır).

Johnston WM. Color measurement in dentistry. *J Dent.* 2009;37:2–6.

Kaneko M, Caldas RA, Feitosa VP. Influence of surface treatments to repair recent fillings of silorane-and methacrylate based composites. *J Conserv Dent.* 2015;18:242-246.

Kanzow P, Wiegand A, Göstemeyer G, Schwendicke F. Understanding the management and teaching of dental restoration repair: Systematic review and meta-analysis of surveys. *J Dent.* 2018;69:1-21.

Kanzow P, Wiegand A. Retrospective analysis on the repair vs. replacement of composite restorations. *Dent Mater.* 2020;36(1):108-118.

Karatas O, Gul P, Gündoğdu M, Iskenderoglu DT. An evaluation of surface roughness after staining of different composite resins using atomic force microscopy and a profilometer. *Microsc Res Tech*. 2020;83(10):1251-1259.

Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: Historical evolution and current practice. *Aust Dent J*. 2011;56:84-96.

Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR. A clonical evaluation of the individual repeatability of three commercially available color measuring devices. *Br Dent J*. 2007;203:675–80.

Kidd EAM. Microleakage: A review. *J Dent*. 1976;4(5):199-206.

Kielbassa AM, Beheim-Schwarzbach NJ, Neumann K, Zantner C. In vitro comparison of visual and computeraided pre-and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *J Prosthet Dent*. 2009;101:92-100.

Kilinc H, Sanal FA, Turgut S. Shear bond strengths of aged and non-aged CAD/CAM materials after different surface treatments. *J Adv Prosthodont*. 2020;12(5):273-282.

Kimmich M, Stappert CF. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *J Am Dent Assoc*. 2013;144(1):31-44.

Kim-Pusateri S, Brewer JD, Davis EL, Wee A. Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent*. 2009;101:193-9.

Klotz AL, Habibi Y, Corcodel N, Rammelsberg P, Hassel AJ, Zenthöfer A. Laboratory and clinical reliability of two spectrophotometers. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(2):369-373.

Koishi Y, Tanoue N, Atsuta M, Matsumura H. Influence of visible-light exposure on colour stability of current dual-curable luting composites. *J Oral Rehabil*. 2002;29(4):387-93.

Korkut B, Dokumacigil G, Murat N, Atali PY, Tarcin B, Gocmen GB. Effect of polymerization on the color of resin composites. *Oper Dent*. 2022;1;47(5):514-526.

Kumar SR, Patnaik A, Bhat I. Physical and thermo-mechanical characterizations of resin-based dental composite reinforced with silane-modified nanoalumina filler particle. *Proc Inst Mech Eng Part L. J Mater Des Appl*. 2016;230(2):504-14.

Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Shear bond strength of composite resin cements to lithium disilicate ceramics. *J Oral Rehabil*. 2005;32(2):128-33.

Lambert H, Durand JC, Jacquot B, Fages M. Dental biomaterials for chairside CAD/CAM: State of the art. *J Adv Prosthodont*. 2017;9:486-95.

Larimer C, Suter JD, Bonheyo G, Addleman RS. In situ non-destructive measurement of biofilm thickness and topology in an interferometric optical microscope. *J Biophotonics*. 2016;9:656-66.

Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M, Finger WJ, Arksornnukit M. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent Mater J*. 2014;33(5):705-10.

Lee KY, Yoon TH, Lim BS. Effects of colour measuring mode and light source on the colour of shade guides. *J Oral Rehabil*. 2002;29:1099-107.

Lee YK, Yu B, Lee SH, Cho MS, Lee CY, Lim HN. Variation in instrument-based color coordinates of esthetic restorative materials by measurement method-A review. *Dent Mater*. 2010;26(11):1098-105.

Lehmann KM, Igiel C, Schmidtmann I, Scheller H. Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *J Dent*. 2010;38(2):65–70.

Liberato WF, Barreto IC, Costa PP, de Almeida CC, Pimentel W, Tiossi R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. *J Prosthet Dent*. 2019;121(2):271-275.

Loomans B, Özcan M. Intraoral repair of direct and indirect restorations: Procedures and guidelines. *Oper Dent*. 2016;41(7):68-78.

Loomans BA, Cardoso MV, Opdam NJ, Roeters FJ, De Munck J, Huysmans MC, Van Meerbeek B. Surface roughness of etched composite resin in light of composite repair. *J Dent*. 2011a;39(7):499-505.

Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, Van Meerbeek B. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater*. 2011b;27(7):701-709.

Loomans BA, Mesko ME, Moraes RR, Ruben J, Bronkhorst EM, Pereira-Cenci T, Huysmans MC. Effect of different surface treatment techniques on the repair strength of indirect composites. *J Dent*. 2017;59:18-25.

Mainjot AK, Dupont NM, Oudkerk JC, Dewael TY, Sadoun MJ. From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the art of indirect composites. *J Dent Res*. 2016;95(5):487-495.

Martos R, Hegedüs V, Szalóki M, Blum IR, Lynch CD, Hegedüs C. A randomised controlled study on the effects of different surface treatments and adhesive self-etch functional monomers on the immediate repair bond strength and integrity of the repaired resin composite interface. *J Dent*. 2019;85:57-63.

Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater*. 2018;34(1):13-28.

May Lg, Passos Sp, Capelli Db, Ozcan M, Bottino Ma, Valandro Lf. Effect of silica coating combined to a MDP based primer on the resin bond to Y-TZP ceramic. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010;95:69–74.

McCabe JF, Walls AWG. Resin-based filling materials. In: McCabe JF, Walls AWG eds. *Applied Dental Materials*. 9th ed. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2008, p:195-224.

Mendes LT, Loomans BAC, Opdam NJM, Silva CLD, Casagrande L, Lenzi TL. Silane coupling agents are beneficial for resin composite repair: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *J Adhes Dent*. 2020;22(5):443-453.

Miletic V. Development of dental composites. In: Miletic V eds. *Dental Composite Materials for Direct Restorations*. Cham: Springer; 2018, p:11-24.

Milly H, Andiappan M, Thompson I, Banerjee A. Bio-active glass air-abrasion has the potential to remove resin composite restorative material selectively. *Appl Surf Sci*. 2014;303:272-276.

Mirzaie M, Garshasbzadeh NZ, Yassini E, Shahabi S, Chiniforush N, Effect of laser treatment on surface morphology of indirect composite resin: Scanning electron microscope (SEM) evaluation. *J Lasers Med Sci*. 2013;4(2):92-5.

Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc*. 2003;134(10):1382-90.

Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*. 2009;28(1):44-56.

Moncada G, Martin J, Fernandez E, Hempel MC, Mjor IA, Gordan VV. Sealing, refurbishment and repair of Class I and Class II defective restorations: A three-year clinical trial, *J Am Dent. Assoc*. 2009;140(4):425–432.

Mormann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*. 2006; 137:7-13.

Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, Monaco A. Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2014;29:295-308.

Moura DMD, Veríssimo AH, Leite Vila-Nova TE, Calderon PS, Özcan M, Assunção Souza RO. Which surface treatment promotes higher bond strength for the repair of resin nanoceramics and polymer-infiltrated ceramics? A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent*. 2022;128(2):139-149.

Mutlu Ö, Maintenance care and repair of dental restorations using fiber-reinforced resin composites. In: Vallittu P, Mutlu Özcan, eds. *Woodhead Publishing Series in Biomaterials, A Clinical Guide to Fibre Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry*, Woodhead Publishing; 2017, p:211-223.

Nagaoka N, Yoshihara K, Feitosa VP, Tamada Y, Irie M, Yoshida Y, Meerbeek BV, Hayakawa S. Chemical interaction mechanism of 10-MDP with zirconia. *Sci Rep*. 2017;7(1):45563.

Nagasawa Y, Eda Y, Shigeta H, Ferrari M, Nakajima H, Hibino Y. Effect of sandblasting and/or priming treatment on the shear bond strength of self-adhesive resin cement to CAD/CAM blocks. *Odontology*. 2022;110(1):70-80.

Nejatidanesh F, Amjadi M, Akouchekian M, Savabi O. Clinical performance of CEREC AC Bluecam conservative ceramic restorations after five years-a retrospective study. *J Dent*. 2015;43(9):1076–1082.

Nguyen JNT, Harbison AM. Scanning electron microscopy sample preparation and imaging. *Methods Mol Biol*. 2017;1606:71-84.

Nihei T. Dental applications for silane coupling agents. *J Oral Sci*. 2016;58:151-5.

Noda Y, Nakajima M, Takahashi M, Mamanee T, Hosaka K, Takagaki T, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. The effect of five kinds of surface treatment agents on the bond strength to various ceramics with thermocycle aging. *Dent Mater J*. 2017;29;36(6):755-761.

Oho T, Morioka T. A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries Res* 1990; 24:86-92.

Ostervemb N, Jorgensen JN, Horsted-Bindslev P. Shade guide optimization-a novel shade arrangement principle for both ceramic and composite shade guides when identifying composite test objects. *J Esthet Restor Dent*. 2011;23:22-32.

Otto T, Schneider D. Long-term clinical results of chairside Cerec CAD/CAM inlays and onlays: a case series. *Int J Prosthodont*. 2008;21(1):53-59.

Ozcan M, Raadschelders J, Vallittu P, Lassilla L. Effect of particle deposition parameters on silica coating of zirconia using a chairside air-abrasion device. *J Adhes Dent*. 2013;15(3):211-4.

Ozcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater*. 2003;19:725-731.

Ozcan M, Alander P, Vallittu PK, Huysmans MC, Kalk W. Effect of three surface conditioning methods to improve bond strength of particulate filler composite resins. *J Mater Sci Mater Med*. 2005;16:21-27.

Özcan M. Maintenance care and repair of dental restorations using fiber-reinforced resin composites. In: P. Vallittu, M. Özcan eds. *Clinical Guide to Principles of Fiber-Reinforced Composites in Dentistry*. Duxford: Woodhead Publishing; 2017, p:211-223.

Paepegaey AM, Barker ML, Bartlett DW, Mistry M, West NX, Hellin N, Brown LJ, Bellamy PG. Measuring enamel erosion: A comparative study of contact profilometry, noncontact profilometry and confocal laser scanning microscopy. *Dent Mater*. 2013;29:1265-72.

Palin WM, Hadis MA, Leprince JG, Leloup G, Boland L, Fleming GJP, Krastl G, Watts DC. Reduced polymerization stress of MAPO-containing resin composites with increased curing speed, degree of conversion and mechanical properties. *Dent Mater*. 2014;30:507–16.

Papacchini F, Toledano M, Monticelli F. Hydrolytic stability of composite repair bond. *Eur J Oral Sci*. 2007;115:417-424.

Papadiochou S, Pissiotis AL, Marginal adaptation and CAD-CAM technology: A systematic review of restorative material and fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 2018;119(4):545-551.

Paravina RD, Majkic G, Imai FH, Powers JM. Optimization of tooth color and shade guide design. *J Prosthodont.* 2007;16:269-276.

Paravina RD, Westland S, Imai FH, Kimura M, Powers JM. Evaluation of blending effect of composites related to restoration size. *Dent Mater.* 2006;22(4):299-307.

Park JH, Lee YK, Lim BS. Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *J Prosthet Dent.* 2006;96:402-11.

Pashley DH. In-vitro simulations of in vivo bonding conditions. *Am J Dent.* 1991;4:237-240.

Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hammerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dent Res.* 2002;81:578-82.

Paul SJ, Peter A, Rodoni L, Pietrobon N. Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused to metal crowns: A clinical comparison. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004;24:222-31.

Pereira Sanchez N, Powers JM, Paravina RD. Instrumental and visual evaluation of the color adjustment potential of resin composites. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(5):465-470.

Peumans M, Valjakova EB, De Munck J, Mishevskia CB, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness of luting composites to different CAD/CAM materials. *J Adhes Dent.* 2016;18(4):289-302.

Polydorou O, König A, Hellwig E, Kümmerer K. Urethane dimethacrylate: A molecule that may cause confusion in dental research. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;91(1):1-4.

Queiroz JRC, Benetti P, Ozcan M, De Oliveira LF, Della Bona A, Takahashi F, Bottino MA. Surface characterization of feldspathic ceramic using ATR FT-IR and ellipsometry after various silanization protocols. *Dent Mater.* 2012;28:189-196.

Ragain, J. A review of color science in dentistry: shade matching in the contemporary dental practice. *J Dent Oral Disord Ther.* 2016;4(2):1-5.

Randolph LD, Palin WM, Leloup G, Leprince JG. Filler characteristics of modern dental resin composites and their influence on physico-mechanical properties. *Dent Mater.* 2016;32(12):1586-1599.

Randolph LD, Steinhaus J, Moginger B, Gallez B, Stansbury J, Palin WM, Leloup G, Leprince JG. Photopolymerization of highly filled dimethacrylate-based composites using type I or type II photoinitiators and varying co-monomer ratios. *Dent Mater.* 2016;32:136-48.

Randolph LD, Palin WM, Leprince JG. Composition of dental resin-based composites for direct restorations. In: Miletic V, eds. *Dental Composite Materials for Direct Restorations*. Cham: Springer; 2018, p:11-24.

Rauch A, Reich S, Dalchau L, Schierz O. Clinical survival of chair-side generated monolithic lithium disilicate crowns: 10-year results. *Clin Oral Investig.* 2018;22(4):1763-1769.

Reich S, Endres L, Weber C, Wiedhahn K, Neumann P, Schneider O, Rafai N, Wolfart S. Three-unit CAD/CAM-generated lithium disilicate FDPS after a mean observation time of 46 months. *Clin Oral Investig.* 2014;18(9):2171-2178.

Rinastiti M, Ozcan M, Siswomihardjo W, Busscher HJ. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid and nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent.* 2010;38(1):29-38.

Rinke S, Rödiger M, Ziebolz D, Schmidt AK. Fabrication of zirconia-reinforced lithium silicate ceramic restorations using a complete digital workflow. *Case Rep Dent.* 2015; 2015:162178.

Ritzberger C, Apel E, Höland W, Perschke A, Rheinberger VM. Properties and clinical application of three types of dental glass-ceramics and ceramics for CAD/CAM Technologies. *Metaterials*. 2010;33:700-13.

Rodrigues SA Jr, Ferracane JL, Della Bona A. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater*. 2009;25(4):442-51.

Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res*. 2014;93(12):1232-4.

Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont*. 2007;20(4):383-8.

Sakaguchi RL, Mitra SB. Restorative Materials Composites and Polymers. In: Powers J eds. *Craig's Restorative Dental Materials*. 13th ed. Philadelphia: Elsevier/Mosby; 2012, p:162.

Sakai M, Taira Y, Sawase T. Silane primers rather than heat treatment contribute to adhesive bonding between tri-n-butylborane resin and a machinable leucite reinforced ceramic. *Dent Mater J*. 2011;30:854-860.

Saracoglu A, Ozcan M, Kumbuloglu O, Turkun M. Adhesion of resin composite to hydrofluoric acid-exposed enamel and dentin in repair protocols. *Oper Dent*. 2011;36(5):545-53.

Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H. Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent*. 2012;107(3):178-185.

Schlichting LH, Maia HP, Baratieri LN, Magne P. Novel-design ultra-thin CAD/CAM composite resin and ceramic occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion. *J Prosthet Dent*. 2011;105:217-226.

Scotti N, Comba A, Gambino A, Paolino DS, Alovise M, Pasqualini D, Berutti E. Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *Eur J Dent*. 2014;8(1):1-8.

Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain. *J Dent Res*. 1989; 68:1760.

Sharif MO, Cattleugh M, Merry A, Tickle M, Dunne SM, Brunton P, Aggarwal VR, Chong LY. Replacement versus repair of defective restorations in adults: resin composite. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014;8(2):CD005971.

Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol*. 2017;3;8(1):1-17.

Söderholm KJ, Shang SW. Molecular orientation of silane at the surface of colloidal silica. *J Dent Res* 1993;72:1050-1054.

Stape THS, Tulkki O, Salim IA, Jamal KN, Mutluay MM, Tezvergil-Mutluay A. Composite repair: On the fatigue strength of universal adhesives. *Dent Mater*. 2022;38(2):231-241.

Staxrud F, Valen H. Potential of universal bonding agents for composite repair. *Biomater Investig Dent*. 2022;8;9(1):41-46.

Stewardson DA, Shortall AC, Marquis PM. The effect of clinically relevant thermocycling on the flexural properties of endodontic post materials. *J Dent*. 2010;38(5):437-42.

Suh YR, Ahn JS, Ju SW, Kim KM. Influences of filler content and size on the color adjustment potential of nonlayered resin composites. *Dent Mater J*. 2017;36(1):35-40.

Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(2):171-181.

Sun R, Suansuwan N, Kilpatrick N, Swain M. Characterisation of tribochemically assisted bonding of composite resin to porcelain and metal. *J Dent.* 2000;28:441-445.

Szczesio-Wlodarczyk A, Sokolowski J, Kleczewska J, Bociong K. Ageing of dental composites based on methacrylate resins-a critical review of the causes and method of assessment. *Polymers (Basel).* 2020;12(4):882.

Şişmanoğlu S, Gürcan AT, Yıldırım-Bilmez Z, Turunç-Oğuzman R, Gümüştas B. Effect of surface treatments and universal adhesive application on the microshear bond strength of CAD/CAM materials. *J Adv Prosthodont.* 2020;12(1):22-32.

Şişmanoğlu S. Efficiency of self-adhering flowable resin composite and different surface treatments in composite repair using a universal adhesive. *Niger J Clin Pract.* 2019;22:1675-9.

Tantbirojn D, Fernando C, Versluis A. Failure strengths of composite additions and repairs. *Oper Dent.* 2015;40(4):364-371.

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

Tekçe N. İn vitro bağlanma dayanım testleri ile klinik çalışmalar arasındaki ilişki. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2013;34(2):57-65.

Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: Effect of different adhesion primers. *J Dent.* 2003;31(8):521-525.

Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicateceramics: Where are we now? *Dent Mater.* 2011;27(1):71-82.

Tokar E, Polat S, Ozturk C. Repair bond strength of composite to Er,Cr:YSGG laser irradiated zirconia and porcelain surfaces. *Biomed J.* 2019;42(3):193-199.

Tokgöz Çetindağ M, Meşe A. Diş hekimliğinde kullanılan CAD/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim) sistemleri ve materyaller. *J Dent Fac Atatürk Uni* 2016;26(3):524-533.

Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry-a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J*. 2000;50(1):1-12.

Üstün Ö, Büyükhatoğlu IK, Seçilmiş A. Shear bond strength of repair systems to new CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont*. 2018;27(8):748-754.

Valente LL, Silva MF, Fonseca AS, Münchow EA, Isolan CP, Moraes RR. Effect of diamond bur grit size on composite repair. *J Adhes Dent*. 2015;17(3):257-63.

Valente LL, Sarkis-Onofre R, Goncalves AP, Fernandez E, Loomans B, Moraes RR. Repair bond strength of dental composites: Systematic review and meta-analysis. *Int J Adhes Adhes*. 2016;69:15-26.

Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, Inoue S, Peumans M, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. *J Dent Res*. 2005;84(2):183-8.

Veríssimo AH, Duarte Moura DM, de Oliveira Dal Piva AM, Bottino MA, de Fátima Dantas de Almeida L, da Fonte Porto Carreiro A, de Assunção E Souza RO. Effect of different repair methods on the bond strength of resin composite to CAD/CAM materials and microorganisms adhesion: An in situ study. *J Dent*. 2020;93:103266.

Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin? *J Dent Res*. 1997;76:1298-1307.

Wee AG, Lindsey DT, Shroyer KM, Johnston WM. Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *J Prosthet Dent*. 2007;98(2):101-109.

Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NHF. Comparison of two stylus methods for measuring surface texture. *Dent Mater*. 1999;15:79-86.

Witkowski S, Yajima ND, Wolkewitz M, Strub JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig*. 2012;16(3):945-949.

Wolfart S, Uphaus AKM. Fracture strength of all-ceramic posterior inlay retained fixed partial dentures. *Dental Materials*. 2007;23(12):1513-20.

Yadav R, Kumar M. Dental restorative composite materials: A review. *J Oral Biosci*. 2019;61(2):78-83.

Yamaguchi S, Karaer O, Lee C, Sakai T, Imazato S. Color matching ability of resin composites incorporating supra-nano spherical filler producing structural color. *Dent Mater*. 2021;37(5):e269-e275.

Yaman BC, Efes BG, Dörter C, Gömeç Y, Erdilek D, Yazıcıoğlu O. Microleakage of repaired class V silorane and nano-hybrid composite restorations after preparation with Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet laser and diamond bur. *Lasers Med Sci*. 2011;26(2):163-70.

Yao C, Zhou L, Yang H, Wang Y, Sun H, Guo J, Huang C. Effect of silane pretreatment on the immediate bonding of universal adhesives to computer-aided design/computer-aided manufacturing lithium disilicate glass ceramics. *Eur J Oral Sci*. 2017;125(2):173-180.

Yap AUJ, Yap SH, Teo CK, Ng JJ. Comparison of surface finish of new aesthetic restorative materials. *Oper Dent*. 2004;29:100–4.

Yin H, Kwon S, Chung SH, Kim RJY. Performance of universal adhesives in composite resin repair. *Biomed Res Int*. 2022;9;2022:7663490.

Yoshihara K, Nagaoka N, Maruo Y, Nishigawa G, Irie M, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks. *Dent Mater*. 2017;33(3):124-135.

Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA Jr, Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *J Prosthet Dent*. 2007;98(2):110-9.

Zaghloul H, Elkassas DW, Haridy MF. Effect of incorporation of silane in the bonding agent on the repair potential of machinable esthetic blocks. *Eur J Dent*. 2014;8:44-52.

Zhou X, Wang S, Peng X, Hu Y, Ren B, Li M, Hao L, Feng M, Cheng L, Zhou X. Effects of water and microbial-based aging on the performance of three dental restorative materials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018;80:42-50.



9.ÖZGEÇMİŞ

Adı	Büşra	Soyadı	Karabulut Gençer
Doğum Yeri		Doğum Tarihi	
Uyruğu		Tel	
E-mail			

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık		
Yüksek Lisans		
Lisans		

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1		
2		
3		

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*

Yabancı Dil Sınav Notu #								
YDS	YÖKDİL	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma Becerisi

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendiriniz.