

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİMDALI

**KORONAL KISMINA FARKLI YÜZEY İŞLEMLERİ
UYGULANMIŞ FİBER POSTLARIN KOR KIRILMA
DİRENCİNE OLAN ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

TUBA AKÇAKUŞ BATTAL

DOKTORA TEZİ

ANTALYA-2021

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİMDALI

**KORONAL KISMINA FARKLI YÜZEY İŞLEMLERİ
UYGULANMIŞ FİBER POSTLARIN KOR KIRILMA
DİRENCİNE OLAN ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

TUBA AKÇAKUŞ BATTAL

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

DOÇ.DR. ÖMER KIRMALI

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından ID 3452 proje numarası ile desteklenmiştir.

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

ANTALYA-2021

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Protetik Diş Tedavisi Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 26/11/2021

İmza

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Ömer KIRMALI
Akdeniz Ü.Diş Hek. Fak. Protetik Diş Tedavisi A.D.

Üye : Doç.Dr.Öznur GÜÇLÜER
Akdeniz Ü.Diş Hek. Fak. Endodonti A.D.

Üye : Doç.Dr.Fatih SARI
Gaziantep Ü. Diş Hek. Protetik Diş Tedavisi A.D.

Üye : Doç.Dr.Serdar POLAT
Gazi Ü. Diş Hek. Protetik Diş Tedavisi A.D.

Üye : Dr.Öğr.Üye.Özlem ÜSTÜN
Akdeniz Ü.Diş Hek. Fak. Protetik Diş Tedavisi A.D.

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun 09./12./2021. tarih ve ...45.../629... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.



Prof.Dr.Melike CENGİZ

Enstitü Müdürü

ETİK 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 çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

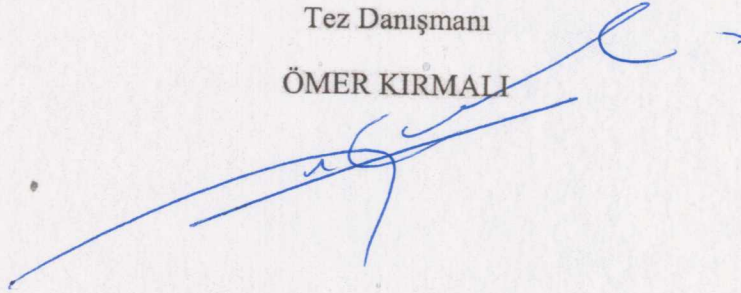
Öğrenci

TUBA AKÇAKUŞ BATTAL



Tez Danışmanı

ÖMER KIRMALI



TEŞEKKÜRLER

Doktora eğitimim süresince ve tezimin hazırlanması sırasında bilgi ve deneyimi ile bana her zaman, her konuda yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım sayın Doç. Dr. Ömer KIRMALI'ya, umudumu her kaybettiğimde desteğini esirgemeyen değerli hocam Dr. Özlem ÜSTÜN'e ve ihtiyacım olduğu her anda tereddütsüz yanıbaşında olan çok sevdiğim doktora arkadaşlarıma, her sorumu sabırla yanıtlayan sağlık bilimleri enstitüsü öğrenci işlerine,

Hayatım boyunca olduğu gibi doktora çalışmam süresince de sabır ve desteğini esirgemeyen, aldığım her kararda bana koşulsuz destek veren ve bugünlere gelmemde büyük emeği olan sevgili anne ve babama, gösterdikleri sonsuz sevgi ve anlayış için kardeşlerim Esad ve Neslihan'a, bana güvendiği ve her daim arkamda olduğu için kardeşim Av. Mustafa AKÇAKUŞ'a,

Bana benden daha çok inanan, varlığıyla güç bulduğum biricik eşim Uzm. Dr. Hasan BATTAL'a,

Bana dünyanın en güzel duygusunu tattıran canım oğlum Halil, ve hayatımıza katılmasını sabırsızlıkla beklediğim canım kızım Nil'e,

Sevgilerimle Çok Teşekkür Ederim.

ÖZET

Amaç: Bu çalışma fiber post ile restore edilecek dişlerde koronal bölgeye uygulanan farklı yüzey işlemlerinin ve ferrulenin varlığının, fiber post-kompozit kor kırılma dayanımına etkisini amaçlamıştır.

Yöntem: 120 adet çekilmiş insan premolar dişleri 2 gruba ayrıldı (n=60). Bir grupta tüm dişlerde 2mm ferrule oluşturulurken diğer gruba ferrule yapılmadı. Her bir gruptaki dişlere yerleştirilecek olan fiber post örnekler farklı yüzey işlemlerine göre rastgele 4 alt gruba ayrıldı (n=15). Bu gruplardaki örnekler ise sırasıyla 20 sn %9,5 Hidroflorik (HF) asit, 150mJ, 10 Hz, 1,5 W ER,CR:YSGG lazer ve 20 sn 120 µm Al₂O₃ kumlama işlemleri yapıp bir grup da kontrol grubu olarak hiçbir işlem yapılmadan bırakıldı. Her gruptan yüzey işlemleri sonrasında rastgele birer örnek alınıp taramalı elektron cihazı (SEM) cihazı altında incelendi ve tüm örnekler 5000 adet termal siklus işlemi uygulandı. Bütün fiber post örnekler dual cure rezin siman ile üretici firma talimatlarına göre dişler içerisine simante edildi. Kor kısımları da standardizasyonu sağlayabilmek için strip kronlar ile şekillendirildi. Geleneksel test cihazıyla dişlerin uzun eksenine 45° derecelik açı ile 1mm/dk hızda kırılma dayanımı test edildi. Elde edilen veriler iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA testi ile değerlendirildi. Grupların ikili karşılaştırılması Bonferroni testi ile yapıldı. Tüm analizlerde p değeri 0,05 olarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışmanın sonuçlarına göre kırılma dayanımı en yüksek olan grup ferrule uygulanmış kontrol grubu (696,01±135,09 N) en düşük olan ise ferrule uygulanmamış asit grubu (276,25±59,99 N) olarak bulundu. Ferruleli örneklerin kırılma dayanımı ferrulesiz örneklerden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ancak gruplardaki değişimi benzerdir SEM incelemelerinde yüzey işlemi sonrasında fiber post yüzeylerinde erime (lazer grubunda), kırılma (asit grubunda), dağılma (kumlama grubunda) gözlenmiştir. Post korlu dişlerde yapılan kırık sınıflandırılmasına göre ferrule uygulanmış örneklerin %55'i tamir edilebilen, %45'i tamir edilemeyen kırıklardır. Ferrulesiz örneklerde ise tamir edilebilir kırıkların oranı %43,67 tamir edilemeyenlerin ise %54,33'dür.

Sonuç: Kanal tedavili post-kor yöntemi ile restore edilmiş dişlerde ferrule uygulaması kırılma dayanımını arttırmıştır. Fiberlerin kor kısımlarına uygulanan bütün yüzey işlemleri ise fiberin yapısını bozarak bağlanmasını zayıflatıp kırılma direncini azaltmıştır.

Anahtar Kelimeler: Post-kor, Er,Cr:YSGG, hidroflorik asit, kumlama, ferrule

ABSTRACT

Aim: This study aimed to determine the effect of different surface treatments applied to the coronal region and the presence of ferrule on the fiber post-composite core fracture strength of teeth to be restored with fiber post.

Method: 120 extracted human premolar teeth were divided into 2 groups (n=60). While 2mm ferrule was formed in all teeth in one group, no ferrule was applied in the other group. Fiber post samples to be placed on the teeth in each group were randomly divided into 4 subgroups according to different surface treatments (n=15). The samples in these groups were treated with 9.5% Hydrofluoric (HF) acid for 20 seconds, 150mJ, 10 Hz, 1.5 W Er,Cr:YSGG laser and 20 seconds 120 μm Al_2O_3 sandblasting, and one group was treated as the control group without any treatment. After the surface treatments, a random sample was taken from each group and examined under the scanning electron device (SEM) device and 5000 thermal cycle processes were applied to all samples. All fiber post specimens were cemented into the teeth with dual cure resin cement according to the manufacturer's instructions. The core parts were also shaped with strip crowns to ensure standardization. Fracture strength was tested with a conventional test device at an angle of 45° to the long axis of the teeth at a speed of 1mm/min. The data obtained were evaluated with the two-way repeated measures ANOVA test. Pairwise comparison of the groups was made with the Bonferroni test. The p value was evaluated as 0.05 in all analyzes.

Results: According to the results of the study, the group with the highest fracture strength was found to be the control group (696.01 ± 135.09 N) treated with ferrule, and the acid group without ferrule (276.25 ± 59.99 N) the lowest. Fracture strength of ferruled samples is statistically significantly higher than non-ferruled samples, but the change in groups is similar. According to the classification of fractures made in post-core teeth, 55% of the ferrule-applied specimens were repairable and 45% were unrepairable. In the samples without ferrules, the rate of repairable fractures is 43.67% and the rate of non-repairable ones is 54.33%.

Conclusion: Ferrule application increased fracture strength in teeth restored with root canal treated post-core method. All surface treatments applied to the core parts

of the fibers, on the other hand, deteriorated the structure of the fiber, weakened its bonding and reduced its fracture resistance.

Keywords: Post-core, Er,Cr:YSGG, hydrofluoric acid, sandblasting, ferrule

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜRLER.....	v
ÖZET	1
ABSTRACT	3
İÇİNDEKİLER.....	1
TABLolar DİZİNİ	3
ŞEKİLLER DİZİNİ	4
1.GİRİŞ	7
2.GENEL BİLGİLER	10
2.1.Post-Kor Restorasyonların Tanımı.....	10
2.2. Post-Kor Restorasyonların Tarihçesi.....	10
2.3. Post-Kor Restorasyonların Uygulamaları.....	12
2.4. Postların Endikasyonları ve Kontrendikasyonları.....	12
2.4.1. Postların Endikasyonları.....	12
2.4.2. Postların Kontrendikasyonları	13
2.5. İdeal Bir Postta Bulunması Gereken Özellikler.....	13
2.6. Postların Sınıflandırılması.....	14
2.6.1. Fiber ile Güçlendirilmiş Dental Postlar	16
2.7. Postlarla Restore Edilen Dişlerin Kırılma Direncine Etki Eden Faktörler.....	17
2.7.1. Ferrule Etkisi.....	17
2.7.2. Post Çapı.....	18
2.7.3. Post Uzunluğu.....	19
2.7.4. Post Tasarımı	20
2.8. Yapıştırıcı Simanlar.....	21
2.8.1.Rezin esaslı yapıştırıcı simanlar	24
2.9. Post-Kor Restorasyonlarda Retansiyonu Artırmak İçin Uygulanan Yüzey İşlemleri.....	26
2.9.1. Mekanik Bağlantıyı Oluşturan İşlemler	27
2.9.2. Kimyasal Bağlantı Oluşturan İşlemler	36
2.9.3. Mekanik ve Kimyasal Yöntemlerin Birlikte Kullanımını İçeren Yüzey İşlemleri	37

2.9.4. Kombine Uygulamalar	38
2.9.5. Elektrokimyasal pürüzlendirme	38
2.10. Bağlanma Dayanımını Değerlendirme Yöntemleri.....	39
2.10.1. Geleneksel Çekme Germe Testi (Tensile Test)	39
2.10.2. Diametral Çekme Testi (Pull-out Test)	40
2.10.3. İtme Testi (Push-out Test)	41
2.10.4. Makaslama (Shear) Testi	42
2.10.5. Kırılma Dayanımı Testi (Mechanical Loading Test).....	43
3. GEREÇ VE YÖNTEM	45
3.1. Dişlerin Seçimi ve Örneklerin Hazırlanması.....	46
3.2. Kanalların Hazırlanması ve Postların Yerleştirilmesi.....	47
3.3. Dişlerin Akril Bloğa Gömülmesi.....	49
3.4. Ferrule Oluşturulması.....	51
3.5. Yüzey İşlemlerinin Yapılması.....	52
3.6. Yapılan Yüzey İşlemlerinin Tarama Elektron Mikroskopunda İncelenmesi.....	54
3.7. Kor Yapının İşlenmesi.....	54
3.8. Kron protezlerinin üretilmesi.....	55
3.9. Termal Siklus Uygulaması.....	57
3.10. Kırılma Dayanımı Testi.....	57
3.11. Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi.....	59
3.12. İstatistiksel Analiz.....	60
4. BULGULAR	62
4.1. Kırılma Dayanımı Testi Bulguları.....	62
4.2. SEM Analizi Bulguları.....	66
4.2.1. Yüzey İşlemi Uygulanmamış Fiber Post Bulguları	66
4.2.2. Lazer İşlemi Uygulanmış Fiber Post Bulguları	67
4.2.3. Asit İşlemi Uygulanmış Fiber Post Bulguları.....	68
4.2.4. Kumlama İşlemi Uygulanmış Fiber Post Bulguları.....	69
4.3. Kopma Şekillerinin Değerlendirilmesi.....	70
5. TARTIŞMA.....	73
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKÇA	96

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Dental simanların özellikleri

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan Materyaller

Tablo 4.1. Tüm örneklerin alt gruplar ile birlikte kırılma dayanımı testi sonuçlarının istatistiki verileri

Tablo 4.2. İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA tablosu

Tablo 4.3. Ferruleli ve ferrulesiz gruplar arasında etkileşimin grafik üzerinde gösterimi

Tablo 4.4. İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA tablosu

Tablo 4.5. Örneklerin kırılma tipleri

Tablo 4.6. Ferruleli örneklerin kırılma sonrası tamir edilebilirlik yüzdesi

Tablo 4.7. Ferrulesiz örneklerin kırılma sonrası tamir edilebilirlik yüzdesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.a. Tensile ve Mikrotensile test yöntemi

Şekil 2.1.b. Tensile ve Mikrotensile test örnek boyutları

Şekil 2.2. Pull-out test yöntemi

Şekil 2.3. Push-out (itme) testi

Şekil 2.4. Makaslama (shear) testi

Şekil 2.5. Kırık tipleri

Şekil 3.1. Çalışmada kullanılmak üzere seçilen dişlerin bir kısmı

Şekil 3.2.a. Dişlerin ölçülmesi

Şekil 3.2.b. Dişlerin 2 mine sement sınırından kesilmesi

Şekil 3.3. Dişlere kanal tedavisi yapılması

Şekil 3.4. Fiber postların yerleştirilmesi

Şekil 3.5. Woodpecker ışın tabacası

Şekil 3.6. Akrilik blokların standardizasyonunda kullanılan özel metal kalıbın teknik çizimi

Şekil 3.7. Akrilik blokların standardizasyonu için üretilen özel metal kalıp

Şekil 3.8. Mine-sement sınırının 4 mm koronalinden işaretlenen postun kesilmesi

Şekil 3.9.a. Mine-sement sınırında ferrule oluşturulması

Şekil 3.9.b. 2 mm yüksekliğinde ferrule oluşturulan örnek

Şekil 3.10. Ferrule ve Ferrulesiz dişlerin şematik görünümü

Şekil 3.11.a Lazer cihazı

Şekil 3.11.b. Koronal post yüzeylerine lazer uygulanması

Şekil 3.12. Kumlama cihazında örneklerin kumlanması

Şekil 3.13.a Lazer cihazı

Şekil 3.13.b. Koronal post yüzeylerine lazer uygulanması

Şekil 3.14.a. Altın-palladyum kaplama cihazı

Şekil 3.14.b. Örneklerin incelendiği SEM cihazı

Şekil 3.15. Erişkin premolar strip kron

Şekil 3.16. Cercon Smart Ceramics, Cercon brain expert CAD-CAM cihazı

Şekil 3.17. Zirkonya bloktan kazınmış bir premolar

Şekil 3.18. Simantasyon sonrası deney örneğine ait şematik görünüm

Şekil 3.19. Termal siklus cihazı

Şekil 3.20. Geleneksel kırma cihazı

Şekil 3.21. Dişlerin uzun eksenine 45° derecelik açı ile kuvvet gelmesi

Şekil 4.1. Koronal bölgesine yüzey işlemi uygulanmamış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri

Şekil 4.2. Koronal bölgesine lazer uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri

Şekil 4.3. Koronal bölgesine kumlama işlemi uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri

Şekil 4.4. Koronal bölgesine asit uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri

SİMGELER ve KISALTMALAR

HF : Hidroflorik Asit

Al₂O₃: Alüminyum Oksit

SiO₂: Silisyum Dioksit

H₃PO₄: Fosforik Asit

Er,Cr;YSGG : Erbiyum, Kromiyum: Yttrium-Skandiyum-Galyum-Garnet

Er:YAG : Erbium: Yttrium-Aluminium-Garnet Lazer

Nd:YAG : Neodymium-Doped Yttrium Aluminium Garnet

NaOCl : Sodyum Hipoklorit

EDTA : Etilen Diamine Tetra Asetik Asit

KHX: Klorheksidin

Mm : Milimetre

dk : Dakika

cm: Santimetre

N : Newton

F: Kuvvet

Gpa: Gigapaskal

MPa : Megapaskal

FGK : Fiberle Güçlendirilmiş Kompozit Rezin

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)

TEM: Geçirimli Elektron Mikroskobu (Transmission Electron Microscope)

CAD/CAM: Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim

1.GİRİŞ

Aşırı kron harabiyetine sahip endodontik tedavili dişler genellikle postlarla desteklenmektedir (Irmak ve ark. 2018). Bu amaçla metal, zirkon, seramik veya fiberle güçlendirilmiş kompozit (FGK) gibi malzemeler kullanılmaktadır (Cheung, 2005). Farklı post materyalleri, kök ve çevresindeki dokularda farklı seviyelerde strese neden olmaktadır (Pegoretti ve ark., 2002; Asmussen ve ark., 2005; Lanza ve ark., 2005). Bu stresler, kökte veya kronta kırılmalara neden olabilmekte; dolayısıyla restorasyonun başarısız olmasına sebep olabilmektedir (Pegoretti ve ark., 2002; Barjau-Escribano ve ark., 2006; Li ve ark., 2006; Maceri ve ark., 2007). Prefabrike post sistemleri, kısa sürede ve kolay uygulama olanağı vermesi aynı zamanda maliyetlerinin de düşük olması nedeni ile tercih edilmektedir (Lanza ve ark., 2005). Estetik restorasyonlar için giderek artan talepler ile birlikte 1990'lı yıllarda piyasaya sürülen cam fiberler, kuvars fiberler, karbon ve polietilen fiber içeren önceden imal edilmiş fiber postlar, metal postlara alternatif olarak endodontik tedavi yapılmış dişlerin restorasyonunda kullanılmıştır. Dentine benzer bir elastik modüle sahip olan fiber postlar, metal postlara veya konvansiyonel döküm postlara göre dişe uygulanan kuvvette daha iyi bir dağılım gösterir ve geri dönüşümsüz kök kırığının ve ciddi tipte başarısızlıkların en düşük seviyede oluşmasını sağlamaktadır (Balbosh ve Kern 2006; Radovic ve ark., 2007; Soares ve ark., 2008, Shylenko ve ark., 2010; Zhong ve ark., 2011). Fiber postların kullanılması, döküm metal postlara kıyasla; kolay çıkarılma ve daha kısa tedavi ziyaretleri sağlamakta, ayrıca istenen estetik özelliklere cevap verebilmekte, böylece onları rijit postlara güçlü bir alternatif yapmaktadır (Aksornmuang ve ark., 2017).

Cam fiber postlar; cam fiberler, inorganik dolgu maddesi ve polimer matrisinden, genellikle bir epoksi rezin veya yüksek dereceli dönüştürme özelliğine ve yüksek çapraz bağlanmış yapılara sahip diğer rezin polimerlerinden oluşmaktadır (Balbosh ve Kern 2006; Soares ve ark., 2008; Zhong ve ark., 2011). Bu içerik cam fiber postlara iyi bir estetik görünümün yanı sıra elastikiyet, yüksek gerilme mukavemeti, düşük elektrik iletkenliği, çözünürlüğe ve biyokimyasal bozulmaya karşı direnç katmaktadır (Lassila ve ark., 2004; Soares ve ark., 2008). FGK postların lif yerleşimi yüksek gerilme mukavemeti sağlarken, rezin matrisi sıkışma gerilmelerine dayanabilmektedir (Ferrari ve ark., 2000; Lassila ve Vallittu 2004). Bunun yanında

matris, post genelindeki oluşan stresleri de absorbe etmektedir (Ferrari ve ark., 2000). Fiberlerin ve matrisin farklı elastikiyet modülü nedeniyle, gerilimler normalde fiber ve matris arasındaki ara yüzde gelişerek postlara herhangi bir kuvvet uygulandığında fiber yüzeyleri boyunca yayılmaktadır (Goldberg ve Burstone 1992; Grandini ve ark., 2005). İmalat sürecinde oluşabilecek boşluklar, çatlaklar veya mikro kabarcıklar gibi yapısal kusurlar postları zayıflatmaktadır (Lassila ve Vallittu 2004; Grandini ve ark., 2005). Fakat kanal tedavili dişlerde restoratif işlemlerin başarısız olması deneysel araştırmalarda da gösterildiği gibi genellikle yorgunluk sürecinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Gateau ve ark., 1999; Baran ark., 2001). Klinik başarısızlığın nedeni, postların mekanik özellikleriyle ilişkilendirilmektedir (Gateau ve ark., 1999; Reagan ve ark., 1999, Baran ve ark., 2001). Fiber postların mekanik özelliklerini değiştirmek suretiyle bağlantı dayanımını arttırmak için çeşitli yüzey işlemleri önerilmiştir (Asakawa ve ark., 2013). Alüminyum Oksit (Al_2O_3) kum partikülleri ile kumlama (Choi ve ark., 2010) ve hidrojen florür (HF) asit çözeltisi ile aşındırma işlemleri ile yüzey mikro pürüzlülüğünün artırılmasına bağlı mekanik kenetlenmeler oluşabilmektedir (Yenisey ve Kulunk 2008; Choi ve ark., 2010). Son zamanlarda, farklı lazerlerin (ER,CR:YSGG, Nd:YAG) çeşitli materyallerin yüzeyini birçok tekniğe oranla daha güvenli ve kolay bir şekilde aşındırdıkları gösterilmekte ve aynı zamanda materyallerin dişe olan bağlantısını arttırmak için kullanılmaktadır (Spohr ve ark., 2008; Kırmali ve ark., 2013; Kırmalı ve ark., 2017). Araştırmacılar bu lazerlerin; FGK post yüzeyinde bağlantıyı da artıracak şekilde pürüzlü bir alan oluşturduklarını bildirmişlerdir (Akin ve ark., 2014). Lazerlerin diş hekimliğine girmesi sonrası; porselen uygulamalarından önce metallerin aşındırılması (Kim ve Cho 2009), diş hassasiyetinin azaltılması (Birang ve ark., 2007), çürük kaldırma (Harris ve ark., 2002), ağartma (Marcondes ve ark., 2009), seramik yüzeylerin pürüzlendirilmesi ve akrilik rezinlerin aşındırılması, gibi farklı birçok diş hekimliği uygulamaları için önerilmektedir (Kırmalı ve ark., 2017). Buna istinaden araştırmacılar lazerleri farklı materyallerin yüzeylerinde pürüzlülük elde etmek için kullanmışlardır. Fiber postlar da bunlardan biridir (Kırmali ve ark., 2013; Mohammadi ve ark., 2013).

Birçok çalışmada gösterilmiştir ki; kanal tedavili dişlerde kalan koronal yapının önemi dişin sağ kalımı açısından çok önemlidir ve dentinde 2 mm yüksekliğinde çevresel bir halka şeklinde dizayn edilen bir ferrule uygulaması önerilmektedir

(Gegauff, 2000; Zhi-Yue ve Yu-Xing 2003; Ng ve ark., 2006; Pereira, ve ark., 2006; Arunpraditkul ve ark., 2009; Sherfudhin ve ark., 2011; Samran ve ark., 2013). Ferrule, kron preparasyonunun gingivalinde yer alan vertikal diş dokusu olarak tanımlanmaktadır (Sorensen ve Engelman 1990). Kalan diş dokusunun dayanıklılığına destek olacağı ve bu sayede fonksiyon sırasında kök kırıklarının önüne geçebileceği düşünülmektedir (Sorensen ve Engelman 1990; Isidor ve ark., 1999). Dayanıklılık ile birlikte tutuculuğu arttırmakta (Sorensen ve Engelman 1990; Stankiewicz ve Wilson 2002) ve klinik kullanım süresini uzatmaktadır (Cheung ve Chan 2003).

Literatür taraması yapıldığında fiber postların kor kısmının, adeziv simana olan bağlantısını araştıran çok fazla çalışma olmadığı görülmüştür. Kor kısımda meydana gelecek hasar; üst yapıyı olumsuz etkileyerek protetik restorasyonun başarısız olmasına sebep olabilmektedir. Bu amaçla kor kısma uygulanan yüzey işlemleri ile fiber post ve kor arasında daha güçlü bir bağlantı sağlanıp kırılma direncinin artabileceği düşünülerek bu çalışmada 2 mm ferrule hazırlanmış ve ferrule hazırlanmamış kanal tedavili dişlerin restorasyonları için kor kısımdaki fiber post üzerine uygulanacak farklı yüzey işlemlerinin (Al_2O_3 kumlama, HF asit, Er,Cr:YSGG lazer) restorasyonun kırılma direnci üzerine etkisi araştırılmıştır. Ağız ortamındaki sıcaklık değişimleri, kullanılan restorasyon materyallerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Materyallerin ağız ortamındaki bu sıcaklık değişimleri sonucu davranışları konusunda önceden tahmin yürütebilmek için yapılan in-vitro çalışmalarda, ağız içi sıcaklık değişiminin simülasyonu termal siklus ile sağlanmaktadır (Morresi ve ark., 2014). Ağız ortamını mümkün olduğunca taklit edebilmek için örneklere kırılma testi öncesi 5 ila 55 °C’de 5000 termal döngü uygulanmıştır. Bu çalışmanın sıfır hipotezleri; fiber postlara uygulanan farklı yüzey işlemlerinin postların kırılma dayanımını etkilemeyeceği ve 2 mm ferrule varlığının postların dayanıklılığını etkilemeyeceği şeklinde oluşturulmuştur.

2.GENEL BİLGİLER

2.1.Post-Kor Restorasyonların Tanımı

Kanal tedavili dişlerde kaybolan koronal dokunun yerini tutması için geliştirilen sistemlere post-kor denilmektedir (Alhajj ve ark., 2020). Günümüzde kullanılan post-kor sistemleri 3 bölümden oluşur:

Post: Dişin kök kanalı içine yerleştirilen ve ideal olarak apikalde en az 4 mm güta-perka bırakılacak şekilde kökün 2/3'üne kadar uzanan yapıdır (Alaçam ve ark., 1998; Rosenstiel, 2006).

Kor: Restorasyonun post ile birleşen kısmıdır (Alaçam ve ark., 1998; Rosenstiel, 2006).

Koping: Kırık oluşumuna karşı ferrule etkisi gösteren ve ortalama 2 mm genişliğinde metal banttır. Oluşan stresi, kor ve post yapıları arasında ileterek dentinde dağıtır, simanın örtücülük özelliğini devam ettirir (Alaçam ve ark., 1998; Rosenstiel, 2006).

2.2. Post-Kor Restorasyonların Tarihçesi

Günümüzden bugüne kaybedilen diş dokularının tekrar nasıl sağlanacağı ile ilgili farklı görüşler ortaya atılmıştır. Bilimsel diş hekimliğinin başlaması ile birlikte 1728 yılında ilk olarak Fauchard kök kanallarına post uygulamasını tanımlamıştır (Bayırlı, 1998) . Fauchard, 'tenon'ismini verdiği metal postları köklere vidalayarak köprülere dayanak elde etme amacıyla kullanmıştır (Smith ve ark., 1998). Lefoulon, 1841'de post uygulamalarını köklerin mum ile ölçülerini alarak yapmıştır (Smith ve ark., 1998). Postların uzunluğu ve çapı ile ilgili detaylı bilgiler ilk kez 1849 yılında Sir John Tomes tarafından verilmiştir (Smith ve ark., 1998; Ingle 2019). 1889 yılında günümüzde hala kullanılmakta olan Cassius M. Richmond, kendi ismini verdiğini post korların patentini almıştır. Bu gelişmeleri takiben altın döküm post korlar ve pinli amalgam korlar üretilmeye başlanmıştır (Smith ve ark., 1998). Hazır döküm post kor sistemlerinin üretimi 19. yüzyıl sonlarında gerçekleştirilmiştir (Terry ve Swift 2010). Richmond, kendi adı verilen post kor sistemini geliştirmiştir. Bu sistemde porselen fasetleri bulunan tek parça post destekli kronlar köprü dayanağı olarak kullanılmıştır (Smith ve ark., 1998). Kişiye özel döküm post kor sistemleri 1930'lu yıllarda tek parça post kronların yerini almaya başlamıştır. Bu prosedür,

kronadan ayrı olarak post ve kor yapının dökümünü gerektirse de tekniğin iki aşamalı olması marjinal adaptasyonu arttırmış ve kron yapımında seçeneklerin artmasını sağlamıştır (Smith ve ark., 1998a; 1998b). 1950 yılında Uhlig günümüzde kullandığımız tekniğe benzer şekilde kök kanalını hazırlamış ve uygun materyalle restorasyonlar yapmıştır (Alaçam ve ark., 1998). 1967 yılında Markley paslanmaz çelik pinlerle amalgamları kombine olarak kullanmıştır (Bateman ve ark., 2003). 1968 yılında Colley ark. postların tutuculuk özelliklerini araştırmışlar ve tutuculuğun çap ve düzensizliklerle doğru orantılı olduğunu bulmuşlardır (Vichi ve ark., 2002; Strassler ve Cloutier 2003). 1978 yılında Miller post-korlarda direk model tekniğini geliştirmiştir (Chan ve ark., 1993; Bateman ve ark., 2003). Talmud kalan dış dokularının korunması için köke bir tel yerleştirerek dışın desteklenebileceğini önermiştir (Ingle 2019). Bir başka araştırmacı Franklar, kalan dış kronunun desteklenmesi için tahta bir çivinin yerleştirilmesi fikrini ortaya atmıştır (Strassler ve Cloutier 2003). Metal postların dış dokularına simantasyonu için uygun ajan henüz o yıllarda mevcut olmadığından tahtanın su emerek genişlemesinden dolayı daha retantif olduğu savunulmuştur. Ancak konulan tahtaların bu genişlemeleri, köklerde sıklıkla kırık ve çatlaklara sebep olmuştur (Strassler ve Cloutier 2003).

Kalite ile birlikte estetik beklentilerin de artmasıyla doğan arayış sonucunda 1980’li yılların sonlarına doğru Yttrium oksitle sabit hale getirilen zirkonyum seramik postlar geliştirilmiştir (Ottl ve ark., 2002). Bu postların ardından cam infiltre alüminyum oksit seramikten üretilen postlar piyasaya sunulmuştur. 1990 yılına gelindiğinde ise Duret ve arkadaşları karbon fiberle güçlendirilmiş rezin bazlı postları tanıtmışlardır (Ingle 2019). Daha sonra kompozitin biyomekanik ve estetik “avantajlarından faydalanılmak istenmiş ve fiberle güçlendirilmiş kompozit (FGK) rezin esaslı postlar hayatımıza girmiştir (Ingle 2019).

Döküm postlarda titanyum ve paslanmaz çelik gibi değerli metaller kullanılmaktaydı. Fakat uygulaması zaman bakımından ekstra laboratuvar ve klinik süresi gerektirdiği için dezavantajlıdır (Koutayas ve Kern 1999). Üstelik diş renginde olmamasından dolayı estetik beklentileri yeteri kadar karşılayamamaktadır. Prefabrik postlar ise döküm postlarla karşılaştırıldığında daha, ucuz, hızlı ve kolay şekilde hazırlanır. Ağız içi sıvılarla reaksiyona girerek korozyona uğrama ve renk değiştirme riskleri yoktur (Koutayas ve Kern 1999). Günümüz klinik pratiğinde daha çok fiber postlar,

kompozit rezin içerikli postlar, seramik ve zirkonyum postlar gibi estetik materyaller kullanılmaktadır (Koutayas ve Kern 1999; Robbins 2002).

2.3. Post-Kor Restorasyonların Uygulamaları

Aşırı madde kaybına uğramış endodontik tedavili dişlerde kor yapısını desteklemek için adeziv teknikler ve dentin pinlerinin kullanımı gibi önlemler bazen yetersiz kalmaktadır. Böyle bir durumda dişin restorasyonu için bir post-kor uygulaması kaçınılmaz hale gelmektedir. Kanal tedavisi yapılmış dişlerde post uygulanıp uygulanılmayacağını belirleyen temel etmen, kalan sağlam koronal doku miktarıdır (Assif ve Gorfil 1994; Christensen 1998). Bazı yazarlar, üç ya da daha fazla kavite duvarının olmadığı, ferrule miktarı 2 mm'den daha az veya sıfır olan, yalnızca kökün kaldığı durumlarda (Assif ve Gorfil 1994; Peroz ve ark., 2005), bazıları ise koronal dokunun yarısının mevcut olmadığı dişlerde post kullanımının gerekli olduğunu belirtmişlerdir (Christensen 1998; Dimitriu ve ark., 2009)

Geçmişten günümüze madde kaybı fazla olan kanal tedavili dişlere post-korlar uygulanmaktadır (Başaran 2013). Diş hekimliği pratiğinde gelişen teknoloji ve sayesinde post sistemleri de çok fazla gelişme kaydetmiştir (Başaran 2013).

2.4. Postların Endikasyonları ve Kontrendikasyonları

2.4.1. Postların Endikasyonları

Post-kor restorasyonunun yapılabileceği başlıca durumlar şu şekildedir:

1. Pulpada onarılamaz hasarın olduğu durumlarda
2. Restore edilemeyen çürük, abrazyon veya travmayla oluşan koroner dokunun kaybı, diş duvarlarının kaybedildiği durumlarda,
3. Malpoze dişin okluzal ve aksiyel düzeltilmesinin pulpa bütünlüğünü bozduğu durumlarda,
4. Periodontal olarak zayıf dişlerde kron/kök oranının artırılmasına ihtiyaç duyulduğunda,
5. Overdenture tekniklerinde bar ve stud ataşmanların köklerle restorasyonu gerektiğinde,

6. Mine displazi ve distrofilerinde,
7. Eski restorasyonlar veya endodontik giriş kavitesi nedeniyle aşırı madde kaybının olduğu durumlarda fiber post endikasyonu konulmaktadır (Alaçam ve ark., 1998; Arunpraditkul ve ark., 2009).

2.4.2. Postların Kontrendikasyonları

Post-kor restorasyonunun yapılamayacağı başlıca durumlar ise şu şekildedir:

1. Periapikal lezyon varlığında,
2. Eksik ya da yetersiz kanal dolgusu varlığında,
3. Kırılmaya eğilimli ince ve eğri kök formu varlığında,
4. Hiperkalsifiye kök kanallarında,
5. Diş kökünde çatlak veya kırıklarının varlığında,
6. Hatalı kök kanal tedavisi sonucu perfore olmuş kanalların varlığında,
7. Oral hijyeni kötü olan hastalarda post-kor yapımı kontrendikedir (Shillingburg HT 1982; Sevimay ve Aslan 2002; Arunpraditkul ve ark., 2009).

2.5. İdeal Bir Postta Bulunması Gereken Özellikler

İdeal postun taşıması gereken özellikler literatürde şu şekilde bildirilmiştir (Cormier ve ark., 2001; Fernandes ve ark., 2003; Cheleux ve Sharrock 2009).

- Fiziksel ve biyomekanik özellikleri dentin ile benzer olmalıdır.
- Maksimum retansiyonu az miktarda doku uzaklaştırarak sağlayabilmelidir.
- Diş üzerine gelen stresleri kök yüzeyi boyunca dengeli bir şekilde dağıtabilmeli ve dişe iletilen stres minimum olmalıdır.
- Hem periodontal dokular hem de üst restorasyonu ile estetik uyum göstermelidir.

- Kanal içerisine yerleştirme ve simante işlemi esnasında mümkün olan en az strese sebep olmalıdır.
- Her tarafta eşit miktarda siman kalınlığına izin vermelidir.
- Kendisine uygulanan negatif kuvvetlere karşı yeterli direnç gösterebilmelidir.
- Kor kısmına yeterli tutuculuğu sağlamalıdır.
- Kanal şekline uygun olmalı, farklı uzunluk ve çapta tipleri bulunmalıdır.
- Çıkartılması gerektiğinde dış dokularında kayba sebep olmamalıdır.
- Fiziksel uyumu kor materyali ile iyi olmalıdır.
- Korozyona uğramamalıdır.
- Kolay uygulanmalıdır.
- Ekonomik olmalıdır.
- Güvenilir olmalıdır.

2.6. Postların Sınıflandırılması

Postlar literatürde şu şekilde sınıflandırılmıştır (Robbins 2002; Strassler ve Cloutier 2003);

Şekillerine Göre:

1.Konik

2.Silindir

Tutuculuk Şekillerine Göre:

1.Aktif: Kanal içine üzerindeki yivler aracılığıyla tutunan postlar

2.Pasif: Kanal içine simanlar aracılığıyla tutunan postlar

Yapım Şekillerine Göre:

1. Döküm
2. Fabrikasyon

Kullanılan Materyallere Göre:

1. Metal alaşım postlar

- a. Titanyum
- b. Paslanmaz Çelik
- c. Altın-Platin
- d. Paladyum-Platin-Bakır
- e. Krom-Nikel
- f. Amalgam

2. Seramik postlar

- a. Cam seramik postlar
- b. Alüminyum oksit ile güçlendirilmiş seramik postlar
- c. Freze tekniği ile elde edilen seramik postlar
- d. Zirkonyum esaslı seramik postlar

3. Fiber Postlar

- a. Karbon fiber postlar
- b. Polietilen fiber postlar
- c. Aramid postlar
- d. Cam fiber postlar
- e. Kuartz fiber postlar.

2.6.1. Fiber ile Güçlendirilmiş Dental Postlar

Asmussen ve arkadaşları (Asmussen ve ark., 1999) endodontik tedavili dişlerin restorasyonundan sonra oluşan başarısızlıkların sebeplerini araştırırken post sistemlerinin mekanik özelliklerinin de düşünülmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Bu sebeple metal post sistemlerinin dezavantajları değerlendirildiğinde, metal içermeyen ve dentin dokusuna benzer fiziksel özellikteki malzemelerin kullanımı restoratif diş hekimliğinin amaçlarından biri haline gelmiştir (Torbjorner ve ark., 1996).

Restorasyon malzemelerinin yapısına fiber ilave edilmesi, gelen stresin daha geniş bir yüzey alanına dağıtılmasını ve buna ek olarak materyalin kuvvete karşı koyabilme direncini arttırarak dayanıklılık kazanmasına sebep olur. Stresin dağıtılması ve direncin artması fiber ile güçlendirilmiş materyallerdeki üstün özelliklerdendir.

Fiber postlar rezin matriks içerisindeki çeşitli tiplerdeki fiber yapılardan oluşmaktadır. Her bir fiber postun yapısı tek fiberlerin yoğunluğuna, çapına, rezin matriks ile fiberler arasındaki adezyonun niteliğine ve fiber post yüzeyinin kalitesi ile ilgilidir (Malferrari ve Monaco 2002). Bu postlar, şekli önceden hazırlanmış kalıpların içerisine yerleştirilmiş fiberlerin aralarındaki boşluklara; daha güçlü bir kohezyon elde etmek amacıyla rezin matriksin yüksek basınç altında kalıplara enjekte edilmesi yoluyla gelişmiş bir teknoloji ile üretilmektedir (Berruet, Vinard ve ark., 1987). Post türüne göre içerisindeki fiberin yoğunluğu ve ona bağlı olarak da ağırlık ve hacim oranları değişmektedir. Genel olarak postların rezin matriksini epoksi rezin ve türevlerinden oluşan maddeler oluşturmaktadır (Malferrari ve Monaco 2002).

Postların asıl kuvvetlendirici ve destekleyici kısmı fiberlerdir. Özellikle protetik tedavide yer alan rezinlerin fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla farklı sentetik fiberler araştırılmıştır (Vallittu 1996). Bu amaçla kullanılan sentetik fiberler; aramid fiberler, kuartz fiberler, yüksek modüllü polietilen fiberler, cam fiberler ve karbon fiberlerdir.

Fiber ile güçlendirilmiş polimerler, diş hekimliğinde kullanılan en güncel materyallerdendir. Biyolojik uyumu ve mekanik başarısı ispatlanmış olan fiber postlardan cerrahi ve birçok dental uygulamalarda, çok çeşitli formlarda faydalanılmaktadır (Qualtrough ve Mannocci 2003). Fiber postların esnekliğinin

dentine benzemesi, retansiyonunun pasif olması, ayrıca estetik özelliklerinin yüksek olmasından dolayı çokça tercih edilen postlar arasındadır (Uzun ve Keyf 2007).

2.6.1.1. Rezin Esaslı Cam Fiber Postlar

Günümüz post materyalleri içerisinde estetik özelliği en iyi olan post malzemelerinden birisidir. Fiziksel ve mekanik özellikleri dentine çok benzerdir (Lassila ve ark., 2004; Bavbek ark., 2007).

Polimerik matriksler arasında en sık tercih edilen kuvvetlendirici cam fiber sistemlerdir. Cam fiberlerin kimyasal bileşenleri arasında farklılıklar bulunabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan, silika esaslı (%50-60 SiO₂) fiber olanlardır ve sodyum, kalsiyum, alüminyum, baryum, demir ve benzeri oksitleri de ihtiva etmektedir (Chawla 2012).

68-73 GPa elastik modülüsüne sahip olan cam fiber postlar bu değerler ile dentin elastikiyetine oldukça yakınlık göstermektedir. Estetik özelliklerinin yanında bükülme direnci de dentine son derece benzer olan cam fiber postlar bu sayede gelen kuvveti dağıtarak stresi daha geniş bir yüzeye yaymaktadırlar (Goldberg ve Burstone 1992; Vallittu 1998, Bateman ve ark., 2003; Akkayan 2004; Artopoulou, O'Keefe ve ark., 2006; Cadore-Rodrigues ve ark., 2020).

Diş sert dokularına son derece iyi bağlanan cam fiber postlar, korozyona karşı oldukça dirençli, biyouyumlu, rezin siman ve kompozite oldukça iyi bağlanan malzemelerdir. Klinik uygulama sırasında istenilen boya kolayca getirilebilmektedirler. Gerektirdiğinde kanal içerisinden frez yardımıyla kolayca uzaklaştırılabilirler (Eskitaşcıoğlu ve ark., 2002). Tüm bu özellikler rezin esaslı cam fiber postların tercih edilirliliğini arttırmaktadır.

2.7. Postlarla Restore Edilen Dişlerin Kırılma Direncine Etki Eden Faktörler

2.7.1. Ferrule Etkisi

Endodontik tedavili dişlerin restorasyonunda kalan diş dokusunun sağladığı destek açısından temel ve önemli kavramlardan biri de 'ferrule etkisi'dir (Cheung, 2005).

"Ferrule" kelime olarak literatürde ilk defa 1961 yılında Rosen tarafından kullanılmıştır (Rosen, 1961). Ferrule, güçlendirme amacıyla kullanılan metal halka veya başlığa verilen isimdir ve latince demir (ferrum) ve bilezik (viriola) kelimelerinin birleşiminden meydana gelmektedir. Diş hekimliğinde ferrule ise, dişin

koronal yüzeyini çevreleyen bilezik şeklindeki bant olarak bilinmektedir (Rosen 1961; Stankiewicz ve Wilson 2002; Stankiewicz ve Wilson 2008).

Ferrule varlığı, postların sebep olduğu kama etkisinin ve çığneme esnasında oluşan lateral kuvvetlerin önlenmesini sağlar (Sorensen ve Engelman 1990) ve bunun yanında vertikal kök kırıklarını büyük ölçüde azaltır. Oluşan kırıklar daha çok horizontal veya oblik kırık şeklinde meydana gelir (Bark.hordar ve ark.. 1989, Al-Hazaimeh ve Gutteridge 2001).

Ferrule konseptinin dişin biyomekanik bütünlüğüne fayda sağlayacağı görüşü savunulmaktadır (Dietschi ve ark., 2007). Bu koruyucu etkide kalan koronal dokunun yüksekliği diğer bir değişle ferrule yüksekliği fazlasıyla önemlidir ve birden çok çalışmada araştırılmıştır. Ferrule yüksekliği, (Bitter ve ark., 2009) kalınlığı, (Stankiewicz ve Wilson 2002) ve bölgesel bütünlüğü (Asmussen ve ark., 2005) üzerine yapılan çalışmalarda 1.5 ile 2 mm arasında yüksekliğe sahip ferrule oluşturulmasının dişlerin kırılma direncini artırarak klinik başarıya katkı sağladığı belirtilmiştir (Juloski ve ark., 2012; Stankiewicz ve Wilson 2002; Stankiewicz ve Wilson 2008; Goto ve Swift, 2009). Yaptıkları bir in-vitro araştırmada Libman ve Nicholls farklı ferrule yüksekliklerinde dizeyn edilmiş santral kesicilerin kırılma dayanıklılıklarını birbirleriyle karşılaştırmışlardır (Libman ve Nicholls, 1995). 0,5 ve 1 mm ferruleye sahip dişlerin, 1,5 ve 2 mm ferruleli dişlere göre kırılma dayanımının daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca kırılma dayanıklılığının en iyi 2 mm ferrule varlığında olduğunu savunan bazı in-vitro araştırmalar da bulunmaktadır (Akkayan, 2004; Fokkinga ve ark., 2007).

2.7.2. Post Çapı

Kullanılacak postların çaplarını, kök kanalının genişliği ve kanal çevresindeki dentin miktarı belirlemektedir. Retansiyon söz konusu olduğunda postun çapı, postun boyu, yapıştırılması ya da mekanik tutuculuğu kadar önem taşımaz (Standlee ve ark., 1978). Fakat yine de diş dokusunun korunması, perforasyon riskinin azaltılması ve kök kırığı direncinin artırılması postun çapını belirlerken göz önünde bulundurulması gereken kriterlerdir (Akkayan ve Gulmez, 2002; Fernandes ve ark., 2003).

Post çapının artması postun retansiyonunu arttırmaz (Standlee ve ark., 1978; Hunter, ve ark., 1989) ancak kalan dentin ve kökün kırılmaya direnci pahasına postun

bükülmezliğini arttırır (Trabert ve ark., 1978; Trope ve ark., 1985). Goodacre yaptığı bir çalışmada post çapının, kökün her bölgesinde kök çapının 1/3'ünden küçük olması gerektiğini belirtmiştir (Goodacre ve Spolnik 1995). Yapılan başka çalışmalarda uç çapının 1 mm veya daha az olması gerektiği belirtilmiştir (Abou-Rass ve ark., 1982; Goodacre ve Spolnik, 1995). Postun etrafındaki dentin kalınlığının da minimum 1 mm olması gerekmektedir (Lloyd ve Palik, 1993; Lambjerg-Hansen ve Asmussen, 1997). Bunun yanında, Lambjerg-Hansen ve Asmussen yaptıkları bir çalışmada postun stabilitesi açısından post çapının en az 1.3 mm olması gerektiğini önermişlerdir (Lambjerg-Hansen ve Asmussen, 1997).

2.7.3. Post Uzunluğu

Post uzunluğu tabiri, postun kök içinde kalan ve retansiyonu sağlayan kısmının uzunluğunu ifade eder. Postun tutuculuğu, dikey yöndeki yer değiştirici kuvvetlere direnç gösterebilme yeteneğine denilmektedir. Post-core restorasyonlarında sık karşılaşılan ve restorasyonun ömrünü etkileyen önemli bir problemdir (Bateman ve ark., 2003; Monticelli ve ark., 2006; Vano ve ark., 2006).

Hekimler için post boyu ile ilgili birçok kılavuz önerilmiştir. Bu kılavuzlarda şu bilgilere rastlanılmaktadır:

1. Postlar kronun okluzoservikal veya insizoservikal boyuyla eşit olmalıdır (Goldrich 1970; Sheets 1970; Mondelli ve ark., 1971; Rosenberg ve Antonoff, 1971; Foley ve ark., 1997; Cho ve ark., 2004; Streacker ve Kenyon, 2005).
2. Post kronun uzun olmamalıdır (Saupe ve ark., 1996).
3. Post kronun 1/3' ü kadar olmalıdır (Stockton, 1999).
4. Post; 2/3, 4/5, 1/2 gibi kök boyunun kesin bir kesri olmalıdır (Hamilton, 1959; Burnell, 1964; Baraban, 1967; Christy ve Pipko, 1967; Bartlett, 1968; Dewhirst ve ark., 1969; Jacoby, 1976).
5. Post, krestal kemik ve kök apeksi arasında ortada bitmelidir (Perel ve Muroff, 1972; Stern ve Hirshfeld, 1973).
6. Post, apikal tıkamayı sağlamak amacıyla apekte 3-5 mm guta perka bırakacak şekilde olmalıdır (Mattison ve ark., 1984; Hunter ve ark., 1989).

Günümüz pratiğinde ise en yaygın olarak; ideal post uzunluğunun kökün 2/3'ü kadar olması gerektiği ancak bunun gerçekleştirilemediği durumlarda, post uzunluğunun kron boyuna eşit olması gerektiği görüşüne riayet edilmektedir (Stricker ve Gohring,

2006; Ingle 2019). Neagley'e göre bir post için minimum 8 mm'lik uzunluğa ihtiyaç vardır (Neagley, 1969). Fuss ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, dikey kök kırığı görülen postlu dişlerin 2/3'ünün, postların kökün 1/3 kole bölgesinde sonlanacak şekilde aşırı derecede kısa olduğu sonucuna varmışlardır (Fuss ve ark., 2001).

Pontius ve arkadaşları fiber postların kök kanalına bağlanması ile retansiyonun artırılması sayesinde daha kısa postların kullanılabileceğini söylemişlerdir (Pontius ve ark., 2002). İn-vitro bir çalışmanın sonucunda ise, kompozit rezin simanların yetersiz post uzunluğunu kompanse edebileceği bildirilmiştir (Nissan, Dmitry ve ark., 2001).

2.7.4. Post Tasarımı

Günümüzde piyasada mevcut olan prefabrik postların hepsini bir sınıflamaya dahil etmek mümkün değildir; ama genel olarak dizaynları ve yüzey özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Dizaynlarına göre postlar; paralel, konik veya paralel-konik kombinasyonu olarak adlandırılırlar. Yüzey özelliklerine göre ise postlar; aktif veya pasif olarak adlandırılırlar (Musikant ve Deutsch, 1984). Bazı çalışmalarda paralel kenarlı postların konik postlara göre daha fazla tutucu olduklarını belirtilmesine rağmen diğer çalışmalarda yüzeyi yivli postların paralel ve konik postlardan daha fazla tutucu olduğu iddia edilmektedir (Baba ve Goodacre, 2014).

Yine yapılan başka bir çalışmada yüzeyi dişli postların düzgün yüzeyli postlara göre daha fazla tutucu olduğu gösterilmiştir (Stockton, 1999). Günümüz endodonti kitapları uca doğru daralan postların kullanımını önermektedir. Bu öneriye göre paralel postlar, kök kanalı içerisinde lateral duvarları zayıflatır ve kökte horizontal kırık olasılığını artırır. Paralel postlar apikal bölgede stres artışına sebebiyet verirken konik (tapered) postlar da koronal bölgede stres artışına neden olurlar. Tüm bu veriler ışığında, retansiyonun maksimize edilmesi ve stresin azaltılması için uygulanması gereken post tipi kök kanalına iyi entegre olmuş, pasif uyum gösteren postlardır. Yapılan araştırmalar bu görüşü desteklemektedir (Shylenko ve ark., 2010).

Özet olarak; farklı post dizaynları arasında paralel kenarlı, yivli ve siman kaçıs oluğu bulunan postların, stresleri en düzenli dağıtan ve dolayısıyla dişin korunmasına en çok katkıda bulunan postlar olduğu görülmektedir (Standlee ve ark., 1978; Cooney

ve ark., 1986; Hudis ve Goldstein, 1986). Post sistemlerinin başarısı değerlendirilirken, retansiyon ve stres iletimi konuları birlikte düşünülmelidir. Yüksek stres seviyeleri oluşturmaları ve kök kırıklarına yol açmaları nedeniyle konik ve vidalı postların kullanımı tavsiye edilmemektedir (Standlee ve ark., 1978; Sorensen ve Martinoff, 1984; Sorensen ve Engelman, 1990). Ek retansiyon gerektiğinde, bunların yerine paralel kenarlı ve vidalı postlar tercih edilmelidir (Standlee ve ark., 1978).

2.8. Yapıştırıcı Simanlar

Postların kanal içerisine yapıştırılmasında doğru ve uygun simanı seçmek; retansiyon ve stabilitenin sağlanması ve mikrosızıntının önlenmesi için büyük önem taşımaktadır (Morgano ve Brackett, 1999).

İdeal bir yapıştırıcı siman materyali;

1. Periodontol dokulara zarar vermemeli, toksik olmamalıdır.
2. Ağız içerisinde tükürük gibi sıvılara maruz kaldığında erimemelidir.
3. Yeteri kadar rezistansa sahip olmalıdır.
4. Simanın optik özellikleri özellikle translüsent olan restorasyonların simantasyonu söz konusu iken diş dokusuna benzer özellikte olmalıdır.
5. Kullanılan aletten kolaylıkla ayrılabilir olmasına rağmen mine ve dentin gibi diş dokuları aynı zamanda da porselen ve metal alaşımlar gibi restorasyon malzemeleri ile iyi bağlantı oluşturmalı.
6. İnce film kalınlığında ve düşük viskozitede olmalı ve hekime yeterli çalışma zamanını sağlayacak fiziksel nitelikte olmalıdır.
7. Yeteri kadar adezyon ve çekme sıkışma direncine sahip olmalıdır (Alaçam ve ark., 1998; Morgano ve Brackett, 1999).

Metal alaşım postların simantasyonunda genellikle polikarboksilat, çinko, fosfat, cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomer ve rezin simanlar kullanılmaktadır (Stockton, 1999; Zaimoglu, 2004). Bunun yanı sıra son yıllarda dolduruculu ve doldurucusuz rezin simanların post-kor restorasyonlarının simantasyonu için kullanımı yaygınlaşmıştır. Bazı araştırmalar rezin simanlarla post-kor restorasyonların simantasyonunun post tutuculuğunu arttırdığı yönünde bulgular ortaya koymuştur (Stockton, 1999; Balbosh ve Kern, 2006).

Estetik fiber postlar kök kanal boşluğu içine polimer dentin bonding ajanları ve benzer esnekliğe sahip rezin simanlarla bağlanabilirler. Bu sayede post ve kök yapısı arasındaki stresleri daha etkili bir şekilde ileterek stres yoğunluğunu (Ferrari ve ark., 2001; Balbosh ve Kern, 2006) ve daha çok metalik postlarda görülen kama etkisi sebebiyle oluşan kök kırılma riskini azaltırlar (Ferrari ve ark., 2001; Vichi ve ark., 2002).

Fiber postların simantasyonunda ışık geçirime kapasitelerine göre siman seçimi yapılmalıdır:

1. Transludent olmayan postlar ışık geçişini daha fazla bloke eder. Bu nedenle ışıkla sertleşen kompozit rezinler yerine kimyasal olarak sertleşen kompozit rezinler tercih edilmelidir. Kullanılacak materyaller akışkan olmalı ve uzun çalışma süresine sahip olmalıdır.
2. Transludent postlar ışıkla sertleşen kompozit rezinlerle daha kolay şekilde simante edilebilirler (Boschian Pest ve ark., 2002).

Tablo 2.1. Dental Simanların Özellikleri (Şen, 2014)

Özellik	İdeal Materyal	Çinko Fosfat Simanlar	Poli karboksilat Simanlar	Cam İyonomer simanlar	Rezin İyonomer Simanlar	Kompozit Rezin Simanlar	Adeziv Simanlar
Film Kalınlığı (µm)	Düşük	<25	<25	<25	>25	>25	>25
Çalışma Zamanı (dk)	Uzun	1,5-5	1,75-2,5	2-3,5	2-4	3-10	0,5-5
Sıkışma Dayanıklılığı (MPa)	Yüksek	62-101	67-91	122-162	40-141	194-200	179-255
Polimerizasyon Zamanı (dk)	Kısa	5-14	6-9	6-9	2	3-7	1-15
Elastik Modülite	Dentin: 13,7	13.2		11,2		17	4,5-9,8
Pulpa İrritasyonu	Düşük	Orta	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Çözünürlük	Çok Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük	Çok Düşük
Mikrosızıntı	Çok Düşük	Yüksek	Yüksekten Çok Yüksekçe	Düşükten Çok Yüksekçe	Çok Düşük	Yüksekten Çok Yüksekçe	Çok Düşükten Düşüğe
Temizleme	Kolay	Kolay	Orta	Orta	Orta	Orta	Zor
Retansiyon	Yüksek	Orta	Düşük-Orta	Orta-Yüksek		Orta	Yüksek

Dental simanların sınıflandırılması;

- Polikarboksilat simanlar,
- Fenolat simanlar,
- Cam iyonomer simanlar,
- Fosfat bazlı simanlar,
- Poliasit modifiye kompozit simanlar,
- Rezin modifiye cam iyonomer simanlar,
- Rezin esaslı yapıştırıcı simanlardır (Rosenstiel, 2001)

2.8.1.Rezin esaslı yapıştırıcı simanlar

2.8.1.1. Kompozit Rezin Simanlar

Kompozit rezin içerikli simanlar, temel olarak Bisphenol A Glycidyl Methacrylate (Bis-GMA) üretilen dimetakrilat rezin, cam doldurucular veya silika ile üretilmiş küçük tanecikli ya da mikro doldurucudan oluşan hibrit kompozitlerdir (Ateş, 2002; Summitt ve ark., 2006; Swift ve ark., 2006).

Kompozit rezin içerikli simanlar çoğunlukla ağız içerisinde çözünmezler. Mikro sızıntı ve ikincil çürüğe sebep olma olasılığı diğer simanlara göre çok daha düşüktür. Diş ve üzerine yapılan restorasyona gelen kuvveti dağıtırlar. Diş ile bağlanma dayanımları oldukça yüksektir. Çekme dayanımları 20-50 MPa arasında değişmektedir. Basma dayanımları ise 100 ila 200 MPa arasında bir değerdir. Bu değerler geleneksel simanlara oranla oldukça yüksektir (O'Brien, 2008).

Kimyasal ve ışıkla sertleşen olmak üzere iki türü vardır. Kimyasal polimerize olan simanlar 2 ayrı patın karıştırılması ile elde edilirler. Karıştırılan pat kısa bir süre içerisinde sertleşmeye başladığından kontrolü zor olabilmektedir (Ateş, 2002). Işıkla polimerizasyonu gerçekleşen rezin simanlarda çalışma süresi daha uzundur fakat aynı zamanda ışık uygulaması yapıldıktan sonra ise sertleşmesi oldukça hızlı gerçekleşmektedir. Bu da hekime kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Ateş, 2002).

Işık kullanılarak polimerizasyonu gerçekleşen simanlarda farklı renk seçenekleri vardır. Bu da özellikle ön bölgede estetik restorasyonlarda (tam seramik, laminate gibi) daha güzel sonuçlar elde edilmesine olanak vermektedir (Ateş, 2002).

Restorasyonun kalınlığının fazla olması ışık geçişini olumsuz etkileyerek polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmesini engellemektedir. Yine aynı şekilde yapıştırmadan önce simanlar gün ışığı emebilir ve bu da polimerizasyonu olumsuz yönde etkilemektedir (Ateş, 2002). Bu dezavantajlar karşısında üreticiler dual-cure yani hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olan rezin simanları geliştirmişlerdir (Şen, 2014).

Dual-cure rezin simanlarda baz ve katalizör olmak üzere iki pat vardır. Işıkla aktive olan bileşen bazın içeriğinde, kimyasal olarak aktive olan bileşik ise katalizörün içeriğinde yer almaktadır. Dual-cure simanlarda katalizör ve baz birbiriyle karıştırılır,

ardından ışıkla üretici firmanın belirttiği sürede polimerizasyon gerçekleştirilir; ışıkla polimerizasyon tamamlansa da kimyasal reaksiyon devam eder (Şen, 2014).

Dual-cure rezin simanlar; ışığın ulaşmakta zorlandığı kalın restorasyonlarda da oldukça etkili şekilde polimerizasyon sağlamaktadırlar (Foxton ve ark., 2003; Varela ve ark., 2003).

İnley, onley, köprü, kron, tam seramik ve laminate veneer gibi restorasyonların başarısı dual-cure rezin simanlar sayesinde büyük ölçüde artmıştır (Chang ve ark., 1998; Foxton ve ark., 2003; Varela ve ark., 2003; Majumder ve ark., 2019) Bu restorasyonların yanı sıra günümüzde postların simantasyonunda da sıkça kullanılır hale gelmişlerdir (Anusavice, 2003; Radovic ve ark., 2009).

2.8.1.2. Self Adeziv Kompozit Rezın Esaslı Yapıştırma Simanları

Geleneksel simanlardaki adezyon yetersizliği ve kolay çözünme gibi eksikleri gidermek amacıyla üretilen kompozit rezin simanlarda pürüzlendirmek için asit gerekliliği; primer, adeziv gibi bonding ajanlarının kullanılması gibi klinik uygulamayı zorlaştıran daha fazla zaman ve maliyet gerektiren aşamaları olması üreticileri yeni bir malzeme arayışına itmiştir. 2002 yılında geliştirilen self adeviz kompozit rezin esaslı simanlarda kompozitin üstün estetik ve mekanik özellikleri ile geleneksel simanların kullanım kolaylığı birleştirilmiştir (Weiser ve Behr, 2015; Manso ve Carvalho, 2017).

Self adeziv simanların içerisinde yer alan fosforlanmış dimetakrilat monomeri, dentin ve mineyi demineralize ederek diş dokusuna tutunur. Fosforik asit ise dentin hidroksiapetitleriyle reaksiyona girer. Üretici firma tarafından bu etkileşim sürecinde ortaya çıkan suyun ise simanın hidrofilikliğine katkı sağlayarak, nem toleransını yükselttiği iddia edilmektedir (Vivadent, 2010).

Bu simanlarda, polimerizasyon genellikle dual-cure'dur. Reaksiyon ışıkla başlatılır. Daha sonra kimyasal olarak devam eder. Böylece ışığın ulaşmadığı alanlarda dahi polimerizasyon sağlanır. Metakrilat monomerinin çapraz bağları oldukça geniştir ve yoğun hidrofobik ağ oluşturur. Bu da güçlü mekanik dayanım, minimum seviyede çözünürlük, düşük su emilimi sağlar (Weiser ve Behr, 2015; Manso ve Carvalho, 2017).

2.8.1.3. Akrilik rezin simanlar

Inley, onley ve diğer restorasyonların simantasyonu için 1952 yılından beri kullanılan akrilik rezin simanların tozu, reaksiyon başlatıcı benzoil peroksit içeren metil metakrilat polimeridir. Aynı zamanda pigmentler, mineral ve doldurucu da vardır. Likit ise, amin hızlandırıcı içeren metil metakrilat monomeridir (O'Brien, 2008; Kümbüloğlu, 2017).

Sertleşme ise ısı salınımı ve polimer büzülmesi ile karakterize radikallerini serbesti polimerizasyonu sonucunda oluşur. Bu maddenin özellikleri soğuk akrilik rezin dolgu maddeleriyle karşılaştırılabilir. Fakat daha güçlüdürler ve diğer tip simanlara göre çözünürlükleri azdır. Buna karşılık viskoelastik özellikleri zayıftır (Rueggeberg, 2002; O'Brien, 2008; Kümbüloğlu, 2017).

2.8.1.4. Modifiye akrilik rezin simanlar

Dentine bağlanırlar ve kendi kendine polimerize olan self adeziv maddelerdir. Adezyonu artıran metakriloksietil-fenil fosfat veya 4-META ile formüle edilmiş toz-likit sistemdir. İki pat halinde bulunur. Aynı zamanda katalizör olarak tri-bütil-boron vardır. Yapılan in-vitro testlerde, simanın asitle pürüzlendirilmiş ve silanla kaplanmış döküm metal yüzeylerine bağlantısının oldukça yüksek olduğu gösterilmiştir. Bu simanların doldurucu oranı %10'dan düşük olduğu için fiziksel özellikleri akrilik rezinlerinkine benzer. Bu simanlar özellikle baz metalden yapılmış kron ve köprülerin simantasyonu ile amalgamın dentine ve kompozite bağlanmasını sağlamak için geliştirilmişlerdir (Rueggeberg, 2002; O'Brien, 2008; Kümbüloğlu, 2017).

2.9. Post-Kor Restorasyonlarda Retansiyonu Artırmak İçin Uygulanan Yüzey İşlemleri

Günümüzde sıklıkla kullanılmakta olan fiber ile güçlendirilmiş kompozit rezin post sistemlerinin retansiyonu pek çok çalışmanın araştırma konusu olmuştur. Fiber postların simantasyonu genellikle rezin simanlarla yapılmaktadır. Kanal içerisine simante edilen postların zaman içerisinde meydana gelen retansiyon kaybının sebepleri incelenerek, post ile rezin simanın bağlanma direncini arttırmaya dair çözümler araştırılmıştır. Fiber postlara farklı yüzey işlemleri yapmak, post-rezin bağlantısını arttırmaya yönelik bir uygulamadır (Kumbuloglu ve ark., 2004; Kimyai

ve ark., 2010; Uludamar ve ark., 2011, Gençoğlu ve ark., 2013; Kyson, 2013; Tuncdemir ve ark., 2013; Gomes ve ark., 2014).

Simanların prefabrik postlara adezyonunu arttırmak için postlara yapılan yüzey uygulamaları üçe ayrılır (Sahafi ve ark., 2004; Cekic-Nagas ve ark., 2011):

1- Mekanik bağlantıyı arttıran işlemler: Bu yöntemle, bağlantının artmasını sağlayacak pürüzlü bir yüzey elde edilir. Bu işlemler: Kumlama, asit ile aşındırma ve frez ile pürüzlendirme şeklinde yapılabilir.

2- Post ve siman arasında kimyasal bağlantı oluşturan işlemler: silan bağlayıcı ajan uygulaması ve primer kaplama

3- Hem kimyasal bileşenlerin hem de mekanik yöntemlerin kombinini içeren yüzey işlemleri: Elektrokimyasal pürüzlendirme, CoJet ve Rocatec sistem

2.9.1. Mekanik Bağlantıyı Oluşturan İşlemler

Pürüzlendirme işlemleri adezyonu arttırmak için geliştirilmiştir.

2.1.9.1.Kumlama ile Pürüzlendirme

Dental restorasyonların kumlanması hem yüzey alanını genişleterek mikroretantif alanlar oluşturmak için sık başvurulmuş bir yöntemdir. Fakat kumlama oldukça dikkatli yapılması gereken bir işlemdir, çünkü uygulama sırasında meydana gelebilecek hata restorasyonun uyumunun bozulmasına sebep olabilir (Kern ve Thompson, 1994; Sahafi ve ark., 2004).

a) Alüminyum oksit (Al_2O_3) partikülleri ile kumlama:

Alüminyum oksit partikülleri ile restorasyonların kumlanması esasına dayanan bu yöntem 1940'lı yıllarda geliştirilmiştir. Restorasyon yüzeyinde plastik deformasyon ve pürüzlülük yaratarak yüzey alanının artmasını sağlar. Böylece hem yüzey enerjisi hem de ıslanabilirlik artmış olur (Radovic ve ark., 2007; Soares ve ark., 2008; Watanabe ve ark., 2008; Mair ve Padipatvuthikul, 2010). Yüzey gerilimini düşürüp bağlantı yüzeyini arttırmak amacıyla, Al_2O_3 ile kumlama işlemi, restorasyonu pürüzlendirmek için kullanılan oldukça kolay bir yöntemdir. Bu metot ister ağız içinde ister dışında bir alet vasıtası ile post yüzeyinin direk olarak kumlanması şeklinde olur. Kısacası kumlama, plastik deformasyon ve pürüzlendirme yoluyla

yapının yüzey dokusunu değiştirerek mikro mekanik retansiyona sebep olur (Ozcan, 2003; Sahafi ve ark., 2004).

Fiber postların rezin simanlarla bağlanma dayanımını arttırmak amacıyla da Al_2O_3 partikülleri uygulanmaktadır. Fiber postların yüzeylerinin pürüzsüz olması rezin simanlarla bağlanma direncini negatif etkilemekte, Al_2O_3 uygulamasının post yüzeyinde pürüzlü alan oluşturarak mikro mekanik retansiyon sağladığı bildirilmektedir (Radovic ve ark., 2007; Soares ve ark., 2008; Watanabe ve ark., 2008; Mair ve Padipatvuthikul, 2010).

b) Sentetik Elmas Partikülleri İle Kumlama

Sentetik elmas partikülleri ile kumlama yöntemi, restorasyon yüzeyinde hem pürüzlülüğü hem de yüzey alanını ve enerjisini artırır. 50 μm 'lik Al_2O_3 partikülleri ile kumlama işlemiyle kıyaslandığında sentetik elmas partikülleri ile kumlama işlemi daha yüksek oranda bağlanma dayanıklılığını arttırmıştır (Sahafi ve ark., 2003; Mair ve Padipatvuthikul, 2010; Zicari ve ark., 2012; Gençoğlu ve ark., 2013).

2.1.9.2. Frezle Pürüzlendirme

Restorasyon üzerinde retantif alanlar oluşturmak amacıyla özellikle elmas olmak üzere çeşitli frezler, taş möletler ve karbon separeler kullanılmaktadır. Frezle pürüzlendirme yönteminin postun yüzey alanını arttırarak post ile rezin bağlantısını iyileştirildiği düşünülmektedir (Kern ve Thompson, 1994; Monticelli ve ark., 2008; Soares ve ark., 2008; Gençoğlu ve ark., 2013). Post yüzeyinde ise özellikle kor yapı için kullanılan kompozit malzemenin tutunması amacıyla, oluk tarzı tutucu alanların oluşturulmasında çeşitli frezlerden yararlanılmaktadır. Fakat, bu yöntemin en büyük handikapı, frez kullanım esnasında post yüzeyinde çukurlar ve düzensiz yüzeyler meydana gelme ihtimalidir. Bu da mekanik retansiyonun yetersiz olmasına sebep olabilmektedir (Shahverdi ve ark., 1998; Quintas ve ark., 2001; Alizadeh Oskoe ve ark., 2014).

2.1.9.3. Asit ile Pürüzlendirme

Asit ile pürüzlendirme işleminde diş ve restoratif yapılar kısmi olarak çözünür ve rezin materyelin penetre olabileceği mikro pürüzlü bir yapı elde edilmiş olur (Monticelli ve ark., 2006). Asit ile pürüzlendirmenin en büyük avantajı ise tek seansta uygulanabilir olmasıdır. Ayrıca karmaşık laboratuvar işlemleri gerektirmez

ve olası bir hata durumunda restorasyonun tekrar asitlenebilmesine imkân sağlar (Kern ve Thompson, 1994; Soares ve ark., 2008; Prithviraj ve ark., 2010).

a) Hidroflorik (HF) asit:

Özellikle porselen yüzeyinin asitlenmesi için sıklıkla başvurulanan bir ajandır. %2,5-10'luk konsantrasyonları, 1 dakika ile 3 dakika arasında farklılık gösteren uygulama süreleri ile porselenin yüzeyinde gözenekli alanlar meydana getirerek porselen ile rezinin bağlantısını artırır. HF asit uygulandığı alanda cam matriksi uzaklaşmasını sağlayarak kristalin bir yapı açığa çıkarır (Wolf ve ark., 1992; Kupiec ve ark., 1996; Jardel ve ark., 1999; Jardel ve ark., 1999; Aksornmuang ve ark., 2004). HF asit, ağız dokularına zarar verebildiği için dikkatli kullanılmalıdır (Llobell ve ark., 1992; Ozcan 2003). HF asit, post yüzeylerine uygulandığında ise pürüzlü bir alan oluşmasını sağlayarak mikro mekanik bağlantıyı artırır (Sahafi ve ark., 2004).

Buna rağmen, HF asidin fiber postlar üzerinde uygulanmasının sonuçlarının yapılan çalışmalarda birbiriyle çelişmekte olduğu görülmüştür. HF asit uygulamasının cam fiber postların yüzey pürüzlülüğü arttırmada etkili olduğu fakat karbon ve kuartz fiber postlar ile rezin bağlanma direncinde etkisiz olduğunu bildiren çalışmalar vardır (Park ve Jin, 2001).

HF asit, cam fiber postların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilidir (Monticelli ve ark., 2006). Ancak silika içeriğine sahip olmayan alüminyum ve zirkonyum kaideli seramikler gibi yüksek dirençli seramikler ve kuartz veya karbon fiber postlar üzerinde yüzey pürüzlülüğü oluşturmak için etkili bir metot değildir (Sahafi ve ark. 2003; Monticelli ve ark., 2006; Xible ve ark., 2006).

b) Fosforik asit:

Porselen, kompozit ve fiber postların yüzeyinin pürüzlendirilmesi için %36-40'luk fosforik asitlerden yararlanılır. (Chen ve Wang, 2019) HF asit ile kıyaslandığında daha zayıf bir asittir (Denehy ve ark., 1998; Ozcan 2003).

c) Asidüle fosfat florür:

%1,23 oranındaki asidüle fosfat florür yardımı ile porselen yüzeyi güvenli ve etkin bir şekilde asitlenebilir. Porselen yüzeyinde homojen bir alan oluşturur (Tylka ve Stewart, 1994; Ozcan, 2003).

2.1.9.4. Endüstriyel Çözücülerle Pürüzlendirme

Kloroform, potasyumpermanganat, sodyum etoksit ve hidrojen peroksitin çeşitli konsantrasyonları fiber post yüzeylerini pürüzlendirmek hedefiyle uygulanan materyallerdir. Bu tarz endüstriyel çözücüler doğrudan fiberlerin rezin matriksini hedef almaktadır. Bu sayede fiber post üzerinde pürüzlü yüzey alanları oluşmakta ve rezin bağlanma direnci artmaktadır (Blatz ve ark., 2003; Purton ve ark., 2003, Yenisey ve Kulunk, 2008). Fiber post rezin bağlanma direncinde post yüzeylerine %10 ve %24 konsantrasyonlarında hidrojen peroksit uygulamasının anlamlı etkisi olduğu bildirilmiştir (Vano ve ark., 2006). Hidrojen peroksitin çalışma mekanizması, substrat oksidasyonu yoluyla epoksi rezin bağlantısını bozarak rezin matriksini kısmi olarak çözmektir (Matinlinna ve ark., 2004).

Kloroform solüsyonu, akrilik rezin kaide materyalinin kimyasal özellikleri ve yüzey tekstürünü değiştirerek tamir dayanıklılığını arttırmaktadır. Kloroform solüsyonu ise fiber postun rezin ile bağlantısını arttırmak için, post yüzeylerine uygulanmaktadır. Uygulama zamanına göre farklı sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Potasyum permanganat ve sodyum etoksit uygulaması ile de kuartz fiber post ile rezin bağlanma değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Fakat bu solüsyonlar, fiber post yüzeylerinde korozyona sebep olurlar ve hidrojen peroksit ile kloroform uygulamalarına kıyasla uygulama süreleri daha uzun olduğu için tercih edilmemektedir (Canay ve ark., 2001; Matinlinna ve ark., 2004).

2.1.9.5. Lazer ile Pürüzlendirme

Mine ve dentin yüzeyine sert doku lazerleri kullanılarak yapılan pürüzlendirme işlemlerinin, çeşitli asitlerle yapılan pürüzlendirme uygulamalarına alternatif olabileceğini öne süren araştırmalar vardır. Pürüzlendirmede lazer enerjisi kullanmak oldukça yeni sayılabilecek bir yöntemdir. Lazer yöntemi mikro patlamalar ve buharlaşma oluşturarak yüzeyden partiküller uzaklaştırma prensibi ile pürüzlendirmeye yol açar (Prithviraj ve ark., 2010; Uludamar ve ark., 2011).

Diş hekimliğinde kullanılan lazerler şu şekilde sınıflandırılabilir

A) Görülebilir Işık Lazerleri

1) Argon (Ar) Lazerler (488-514 nm)

B) İnfrared (Kızıl Ötesi) Lazerler

- 1) Karbondioksit (CO₂) Lazerler (10.600 nm)
- 2) Holmiyumİtriyum-Aliminyum-Garnet (Ho:YAG) Lazerler (2100 nm)
- 3) Neodimiyum: İtriyum-Aliminyum-Garnet (Nd:YAG) Lazerler (1064 nm)
- 4) Erbiyum, Kromiyum: İtriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) Lazerler (2780 nm)
- 5) Erbiyum: İtriyum-Aliminyum-Garnet (Er:YAG) Lazerler (2940 nm)
- 6) Diyot Lazerler (800-980 nm) (Coluzzi 2005).

a) Argon Lazer

Aktif argon gazı içeren ve yüksek akımda bir elektrik düzeneği ile çalışan lazer sistemi, görünür spektrumda ışığı bulunan yegâne cerrahi lazerdir. Diş hekimliği'nde bir tanesi 488 nm dalga boyu mavi renkte, bir tanesi de 514 nm dalga boyu yeşil renkte iki farklı salınım modunda kullanılmaktadır. Dalga boyu 488 nm olan Argon lazer kompozit materyallerinin polimerizasyonunu başlatan kamforokinon ajanını aktive etme özelliğine sahiptir (Coluzzi, 2005). Argon lazerler ışıkla aktif olan beyazlatma ajanları ve bazı ölçü materyallerinde de kullanılabilir. Ayrıca çürük teşhis etmekte de yardımcı olarak kullanılırlar (Coluzzi ve Convissar, 2004; Coluzzi, 2005). Dalga boyu 514 nm olan argon lazerler ise melanin, hemosiderin ve hemoglobinin içeren dokularca yüksek emilme oranlarına sahip olduklarından mükemmel hemostaz sağlamaktadırlar. Dalga boyu farketmeksizin bu lazerlerin su ve dişin sert dokuları tarafından emilimi çok iyi değildir. Dentin ve mine tarafından az emilim göstermesi yumuşak doku cerrahisi esnasında dişin sert dokularının hasar görmesini engellemesi yönünden avantaj sağlamaktadır (Coluzzi ve Convissar, 2004; Coluzzi, 2005; Aoki ve ark., 2015).

b) Diyod Lazer

Diyod lazer indiyum ya da alüminyum, arsenid ve galyum gibi yarı iletken maddeler ihtiva eden katı lazerdir (Boj ve ark., 2011). Diş hekimliği pratiğinde 800 nm (aktif ortamında alüminyum bulunan) ve 980 nm (aktif ortamında indiyum bulunan) olmak üzere iki farklı dalga boyu tercih edilmektedir. Büyük oranda hemoglobin ve diğer pigmentler tarafından soğurulurlar. Ağırlıklı olarak yumuşak doku cerrahisinde kullanılırlar (Sumra ve Kulshrestha, 2019). Lazerin enerji iletimi fiber optik kablolar

aracılığı ile sağlanmaktadır. Koagülasyon sağlanmak istendiğinde değimsiz çalışmakta yumuşak doku cerrahisinde ise değimli kullanılmaktadır. Diyod lazerler dişin sert dokuları tarafından az emilir olması nedeni ile dentine ve mineye zarar vermeksizin yumuşak dokularda güvenle kullanılabilir. Diyod lazerler klinik diş hekimliğinde kök kanal sterilizasyonunda, periodontal ceplerde bulunan bakterilerin eliminasyonunda ve dentin hassasiyetinin azaltılmasında kullanılmaktadır (He ve ark., 2016; Saydjari ve ark., 2016).

c)Karbondioksit (CO₂) Lazer

Aktif ortamında karbondioksit (CO₂), Helyum (He) ve Nitrojen (N₂) gaz karışımı içeren CO₂ lazer 10600 nm dalga boyuna sahiptir. CO₂ lazerler uzak kızılötesi ışınlardır (redinfrared). Çalışabilmesi için doku ile temas etmemesi gerekir bu da hekimin dokunma hissinin ortadan kalkması anlamına gelmektedir. Dezavantaj olarak görülen temassız çalışma prensibi, ağız tabanı ve dil gibi hareketli dokuların tedavisinde avantaj yaratmaktadır (Pick ,1995; Coluzzi, 2005; Üstün, 2007).

İnce optik fiber kablolar içinden geçememesi, dokuya temassız çalışılması ve parlak, sert yüzeylerden yansıyarak hedeflenmeyen doku yüzeylerinde zarara neden olmasından kaynaklı CO₂ lazerin ağız içinde uygulama alanı sınırlı kalmaktadır. CO₂ lazerlerin öne çıkan özelliği erbiyum lazerlerin ardından su molekülleri aracılığıyla en iyi soğurulan dalga boylarına sahip olmalarıdır. Dokuların farklı renkte olmaları absorpsiyonda etkili değildir. Yumuşak dokuda 0,2-0,3 mm derinliğe kadar penetre olmaktadır. Bu sebeple oral mukozadan başka bir yere dağılmaz, yansımaz ve derin doku içlerine kadar ilerleyemez. CO₂ lazerler diş hekimliği pratiğinde kullanılan bütün lazerler arasında hidroksiapatit tarafından emilebilen en yüksek dalga boyuna sahip olan lazerlerdir. Bu yüzden dişe komşu yumuşak dokularda çalışırken diş dokularına hasar vermemek adına bu bölgelerin metal koruyucular yardımıyla örtülmesi gerekmektedir (Dederich, 1993; Pick, 1995, Coluzzi, 2005, Üstün, 2007).

CO₂ lazerler ile yaklaşık 1-3 cm uzaklıktan dokuya eksizyon ve insizyon yapılabilir. Bu mesafe artınca bir başka deyimle odak noktasından uzaklaştıkça lazerlerin kesiciliği azalarak buharlaştırma ve koagüle etme etkisi başlanmaktadır (Pick, 1995; Üstün, 2007).

Operasyon sırasında koagülasyon sağlandığından kanamanın olmayışı, daha görülebilir ve kuru bir ortam sağlaması, dikişe ihtiyaç gerektirmemesi, operasyon

süresinin azalması, mekanik travmanın sıfırlanması, ödem, postoperatif ağrı ve skar dokusunun minimum olması, bakteriyemi ihtimalinin düşmesi ve hasta açısından daha konforlu olması CO₂ lazerlerin avantajları arasında sayılabilmektedir (Beer, 2006).

CO₂ lazerlerin sert dokuda kullanılması pulpada termal hasarlar oluşturabilir fakat bu hasarlar, minedeki çatlak ve kırıklar ile dentindeki karbonize alanlar sebebiyle sınırlı kalmaktadır. CO₂ lazerlerin atım modlarındaki iyileştirmelere rağmen minede sadece pürüzlendirme ve fissür örtücü işlemlerinde kullanılmaktadır (Üstün, 2007).

d)Nd: YAG Lazer (Neodymium-doped: Yttrium, Aluminum and Garnet)

Diş hekimliği pratiğine en elverişli olan, gerçek manada diş hekimliği için hazırlanan ilk lazerlerdir, oldukça yaygın kullanılmaktadır. Nd: YAG lazer neodymium katkıli yitrium, alüminum, garnet kristallerinden oluşmuş bir katı hal lazeridir. 1064 nm dalga boyuna sahiptir. Bu lazerlerin öne çıkan özellikleri; optik fiber kablolar aracılığıyla ışık iletimi yapılabilmesi, kontakt, pulse ve superpulse gibi tiplerinin olması, pigmentasyonlu dokularca yüksek derecelerde soğurulabilmesidir. Diğer dokular tarafından oldukça az absorbe edilir ve optik fiber uç dokularla temas halinde olduğu için lazerin enerjisinde yansıma çok düşük düzeydedir (Coluzzi ve Convissar, 2004; Beer, 2006; Freitas ve Simoes, 2015; Saydjari ve ark., 2016). Nd: YAG lazerlerin dişin dokuları tarafından az emilmesi, penetrasyon derinliğinin çok olması ve pulpada termal hasarlar oluşturması sebebiyle dişin sert dokularında kullanılması sınırlı kalmıştır (Moritz ve ark., 2006).

Nd: YAG lazerler klinikte çürüklerin önlenmesinde, yumuşak yüzey çürüklerinin minenin sağlıklı kısmına dokunulmadan kaldırılmasında, dentin hassasiyetinin azaltılması ya da giderilmesi amacıyla dentin tübüllerinin tıkanmasında, minenin pürüzlendirilmesinde, endodontik tedavide kök-kanal sterilizasyonunun sağlanmasında, periodontolojide dişeti ceplerinin derinliğinin azaltılmasında ve granülasyon dokusunu uzaklaştırmakta kullanılırlar (Dederich ve Bushick, 2004; Moritz ve ark., 2006). Tüm bunların yanında yumuşak dokudaki operasyonlar esnasında da oldukça iyi bir hemostaza sebep olarak çok temiz ve görülebilir bir çalışma sahası sağlarlar (Dederich ve Bushick, 2004).

e) Er, Cr: YSGG Lazer (Erbium-chromium: Yttrium, Scandium, Gallium ve Garnet)

Erbiyum, Chromium: YSGG lazerler aktif ortamında erbiyum ve krom ile kaplanmış yttrium, scandium, gallium, garnet kristalleri ihtiva eden 2780 nm dalga boyunda katı hal lazerleridir. 0-6 W arasında ayarlanabilen güce sahip olup, atım sayısı 20 Hz'dir ve sabittir. Er, Cr: YSGG lazer cihazında, enerji optik fiber sistemle taşınır ve cihazın uç kısmında bulunan aeratör benzeri başlık vasıtasıyla dokuya iletilir. Başlığın ucu özel olarak safirden üretilmiştir ve su-hava spreyi cihaz ile bitişiktir. Lazer ışını safir uçtan yayılım yaparken bir yandan da su ve hava akışı olur (Dederich, 1993).

Er, Cr: YSGG lazerde dokuyu uzaklaştırmak için su partiküllerinin enerjisinin arttırıldığı lazer hidrokinetiği olarak adlandırılan bir sistem kullanılmaktadır. Lazer enerjisi dentin ve minedeki apatit kristalinde bulunan hidroksil grubuyla etkileşime girerek kristal yapılara bağlı su tanecikleri tarafından soğurulur. Mineral yapı içerisinde bulunan suyun buharlaşmasıyla birlikte hacimde artış gerçekleşir ve mikro patlamalar oluşur. Bu sayede hedeflenen yüzeyden atravmatik bir şekilde doku uzaklaştırılmış olur (De Moor ve Delmé ,2009; da Silva ve ark., 2019).

Çürük dokusu çok fazla su içerdiği için lazer ışını bu dokular tarafından yüksek oranda absorbe edilir, böylece diş dokuları korunmuş olur. Minenin pürüzlendirilmesinde, çürüğün uzaklaştırılmasında, kavitenin preparasyonunda, kök kanalının hazırlanmasında ve kemiğin kesiminde kullanılabilir (Dederich 1993; Johar ve ark., 2019). Er, Cr: YSGG lazerler yardımıyla ne mine ne de dentinde çatlak oluşturmaksızın pürüzlü bir yüzey elde edilebilmektedir. Smear tabakasını uzaklaştırarak; bağlanma için oldukça ideal bir yüzey oluşturmaktadır. Pulpa için de güvenli bir lazerdir. Aynı zamanda Er, Cr: YSGG lazerler, çürük temizlenmesinde kullanıldığında lokal anestezi olan ihtiyacı azaltırlar (Dederich 1993; Zhang ark., 2020).

f) Er: YAG Lazer (Erbium-doped: Yttrium, Aluminum and Garnet)

Er: YAG lazerlerin aktif maddesi Erbiyum ile kaplı İttriyum-Alüminyum-Garnet'tir. 2940 nm dalga boyuna sahiptir. Tüm lazerler arasında en yüksek su absorpsiyonuna sahip olan lazerdir. Hidroksiapatit kristalleri ve OH iyonları tarafından iyi derecede emilebildiğinden, bu lazer ile su içeren diş sert dokularında etkin ve hızlı kesim

yapabilmektedir. Penetrasyon derinliği sınırlı olduğundan bu işlemler pulpada herhangi bir hasara yol açmaz (Dederich, 1993, Dederich and Bushick, 2004).

Lazer ışını hidroksilapatit kristalleri içerisindeki hidroksil grubuyla etkileşime girerek kristal yapılarda bulunan su tanecikleri tarafından absorbe edilir. Mineral yapının içindeki suyun buharlaşmasıyla hacimde artış olur ve mikro patlamalar meydana gelir. Termomekanik ablasyon şeklinde adlandırılan bu işlem sayesinde hedeflenen yüzeyden dokunun mekanik olarak uzaklaştırılması atravmatik şekilde sağlanmış olur (Coluzzi, 2004; van As, 2004; Eick ve ark., 2017).

Er: YAG lazerler diş hekimliği pratiğinde restoratif diş tedavisinde; eski restorasyonların çıkartılmasında, çürüğe karşı direncin artırılmasında, dentin ve minenin pürüzlendirilmesinde, çürük temizlenmesinde, kavite preparasyonunda ve sterilizasyonunda, açığa çıkan pulpayı kapatmalarda, dentin hassasiyetinin azaltılmasında, dişeti düzeltilmesinde ve kron boyu uzatılmasında güvenle kullanılmaktadır (Coluzzi, 2004; Yazıcı, 2009).

Dentindeki etki mekanizması asitlerden farklıdır. Termomekanik ablasyon denilen bu mekanizmada, özellikle hidroksiapatit kristallerinin hidroksi kısmını etkiler, apatit kısmı ise serbest bırakır böylece yüzeyde mikro kraterler oluşturur. Ayrıca dentin yüzeyindeki smear tabakasını kaldırarak dentin tübüllerinin açılmasını sağlaması adezyonu olumlu etkileyeceğini düşündürmektedir (Visuri ve ark., 1996; Gurgan ve ark., 2009).

Er: YAG ve Er, Cr: YSGG lazerlerin, etkileri değerlendirildiğinde yüzeyde ısıya bağlı herhangi bir hasar belirtisi olmaksızın pürüzlü alanlar meydana getirdikleri görülmüştür. Araştırmacılar bu pürüzlü alanın rezin esaslı materyaller ve adeziv restorasyonlarla olan bağlantıyı arttırabileceği düşünmüşlerdir (Akin ve ark., 2014; Zhang ve Jiang, 2020).

2.1.9.6. Plazma Spreyi Yöntemi ile Pürüzlendirme

Kısmen iyonize edilmiş gaz olan plazma spreyi elektron, iyon, atom ve nötral parçacıklar ihtiva eder. Bu yöntem sayesinde yüksek bağlantı değerlerine ulaşabilmektedir. Gazın arzu edilen şekilde iyonize olabilmesi için vakum kullanılması gerekmektedir. Yüksek frekanslı bir jeneratör ile gaz iyonize edilerek plazmaya çevirme esasına dayanmaktadır (Prithviraj ve ark., 2010).

2.9.2. Kimyasal Bağlantı Oluşturan İşlemler

Rezin siman ve dental restorasyonlar arasında kimyasal adezyon oluşturan fonksiyonel monomer içeren silan ve metal primerleri içerir (Sahafi ve ark., 2004).

2.9.2.1. Silan uygulanması

Silan bağlayıcı ajanlar silisyum (Si) atomları içeren organik yapılardır ve çift fonksiyonlulardır. Organik matriksle reaksiyona giren bölümü organik fonksiyonel kısım adını alırken, inorganik maddelerle reaksiyona giren kısmına ise alkali grup denir. İlk kez Bowen tarafından Bis-GMA esaslı rezinler içerisine dolgu maddesi olarak katılmıştır (Sahinkesen ve ark., 2011).

Diş hekimliği uygulamaları için sıklıkla kullanılan silan bağlayıcı ajan pH'ı 4-5 arasında olan bir etanol-su solüsyonunda seyreltilmiş pre-hydrolized monofunctional methacryloxypropyltrimethoxysilane (MPS)dır (Perdigao ve ark., 2006). Bu kimyasal ve fiziksel birleştirici özelliği nedeniyle metal kompozit, kompozit-kompozit ve seramik-kompozit arası bağlantıyı arttırmak için kullanılmaktadır. Kompozit reçine ile seramik bağlantısını %25 oranında arttırdığı bildirilmiştir. Ancak silika ile kaplama yöntemiyle beraber kullanılması önerilmektedir. Silan bağlayıcı ajanlar, fiber postların ve porselenin ıslanabilirliğini geliştirerek düşük viskozitedeki kompozit rezinlerin akışkanlıklarını da arttırmırlar (Park ve Jin, 2001; Özcan ve Vallittu, 2003; Purton ve ark., 2003; Goracci ve ark., 2005).

Kompozit rezinlerde doldurucular ile matriks arasında güçlü bir bağlanmaya ihtiyaç vardır. Bu bağlanma ajan ve ara faz arasında sağlanır. Ara faz denilen bu yapı organik silisyum bileşiği olan uzun moleküllü silanlardan oluşur. Kompozit rezinlerde silika partiküllerinin yüzeyi silan bağlayıcı ajanlarla kaplanmıştır. Silan bağlayıcı ajanlar, molekül zincirlerinin her iki ucundaki farklı fonksiyonel gruplara sahiptir. Uzun moleküllü silanlar bir uçtan polimer matrikse bağlanırken, diğer uçtan da doldurucuya (silika) bağlanır. Silan bağlayıcı ajanlar zayıf yapıya sahip olan matriksten, nispeten daha güçlü yapıya sahip olan doldurucular streslerin iletimini sağlar, rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirmesinin yanısıra rezin-doldurucu ara yüz boyunca suyun geçişini önleyerek rezinin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır (Kern ve Thompson 1994; Özcan ve Vallittu 2003; ve ark., 2003).

2.9.3. Mekanik ve Kimyasal Yöntemlerin Birlikte Kullanımını İçeren Yüzey İşlemleri

2.9.3.1. Silisyum oksit (SiO₂) partikülleri ile kumlama

Bu yöntemde yüzeye silika ile modifiye edilmiş Al₂O₃ tanecikleri içeren kum uygulanır. Çarpma hızıyla silika yüzeye gömülür. Silika ile modifiye olan yüzeyler silan bağlayıcı ajan ile kimyasal bağlantı kuracak hale gelirler. Silika ile kaplama metodunun hem klinik içi hem de laboratuvar kullanımını için uygun şekilleri mevcuttur (Monticelli ve ark., 2006; Yenisey ve Kulunk, 2008; Prithviraj ve ark., 2010).

a) Rocatec Sistemi

Rocatec; laboratuvarında uygulama imkânı olan bir tribokimyasal silika kaplama yöntemidir. Bu sistemde iki aşamalı kum uygulaması yapılır. Önce 1 cm mesafeden Rocatec-Pre denilen 110 µm kum ile 2,5 bar basınç altında restorasyon 5 saniye boyunca temizlenir. Sonrasında ise Rocatec-Plus ismindeki 110 µm silisyum oksit kumu, yüzeye silika partikülleri gömülmesi amacıyla 2,5 bar basınç altında püskürtülür. Silika ile kaplanan alanın yüzey enerjisi artar. Silan ajanı sayesinde silika kaplanan restorasyon yüzeyi, rezin siman ile bağlantı kurar. Bu bağlantının oluşması iki şekilde meydana gelir; birincisi rezinin organik fazı ile seramiğin inorganik fazı arasındaki kimyasal kovalent bağ ile gerçekleşmektedir. İkincisi ise, silanların seramik yüzeyinin ıslanabilirliğini, yüzey alanını ve andırkatlarını arttırması ile birlikte mekanik tutuculuğun arttırılması yoluyla oluşmaktadır. Rocatec sistemi kırılmış porselen restorasyonlarının tamir edilmesinde, metal restorasyonların rezin ile bağlantısının sağlanmasında kullanılmaktadır. Estetik fiber postların ve zirkonyum seramik postların rezin simanlarla bağlantısını arttırmak amacıyla da kullanılmaktadır (Frankenberger ve ark., 2000; Vano ve ark., 2006; Bitter ve ark., 2007; Soares ve ark., 2008). Rocatec uygulamasında Rocatec-Plus kumu ile fiber post yüzeyine silika partikülleri gömülmekte ve fiber postun yüzey enerjisi artmaktadır. Uygulanan silan bağlayıcı ajan ile, fiber post yüzeyindeki silika tabakası silan ajan ile kimyasal bağ oluşturmaktadır. Silan bağlayıcı ajan aynı zamanda rezin siman ile bağlantı oluşturarak fiber post ile rezin simanın bağlantısını arttırmaktadır (Vano ve ark., 2006; Radovic ve ark., 2007; Prithviraj ve ark., 2010).

b) CoJet Sistemi

CoJet sistemi ağız içi uygulamalara uygun olmayan Rocatec sisteminin modifiye edilmiş halidir ve 1989'dan beri kullanılan bir tribokimyasal silika kaplama yöntemi olup, kaplayıcı-aşındırıcı bir kum ve silan ajanından oluşur. 10 mm uzaklıktan silika ile modifiye edilmiş 30 μm Al_2O_3 kum partikülleri 90° açı ve 2,5 bar basınçla, 15 saniye püskürtüldüğünde, yüzey küçük silika partikülleri ile kaplanır. Böylece hem de silan uygulaması sayesinde kimyasal tutuculuk sağlanır hem de yüzey alanı arttığı için mikro-mekanik tutuculuk elde edilmiş olur. Silika kaplı Al_2O_3 partikülleri yüzeye oldukça yüksek bir enerjiyle ulaşır ve bu yüksek ısı aşındırıcı partiküllerin etkilerinin 15 μm derinliğe ulaşmasını sağlamaktadır. Bu sayede yüzeyde mikro-mekanik ve kimyasal adezyonu sağlayacak bir tabaka oluşmaktadır (Kern ve Thompson, 1994; Monticelli ve ark., 2006; Radovic ve ark., 2007; Soares ve ark., 2008).

2.9.4. Kombine Uygulamalar

Yüzey işlemlerini tek başına kullanmak yerine, birkaçını kombinleyerek birlikte kullanmanın post yüzeyi ile kompozit rezinin bağlanmasını arttırmada daha etkili olacağını bildiren çalışmalar vardır (Ozcan, 2003; Sahafi ve ark., 2003; Balbosh ve Kern, 2006). Silan ile hidroflorik asit kombinasyonunu (Sahafi ve ark., 2003; Sahafi ve ark., 2004), kumlama, frezleme ve hidroflorik asit kombinasyonlarını (Sahafi ve ark., 2003; Sahafi ve ark., 2004), kumlama, hidroflorik asit ve silan kombinasyonlarını (Sahafi ve ark., 2003; Sahafi ve ark., 2004) beraber inceleyen çalışmalar bulunmaktadır.

2.9.5. Elektrokimyasal pürüzlendirme

Elektrokimyasal pürüzlendirme tekniği Dr. Tegart tarafından 1959 yılında geliştirilmiştir. Hem mekanik hem de kimyasal pürüzlendirme işlemi ile porselen ve metal arasındaki mekanik bağlantı artmaktadır. Elektrokimyasal pürüzlendirme işleminin amacı metal yüzeyinde maksimum büyüklükte mikro retantif yüzey morfolojisi elde etmektir. Elektrokimyasal pürüzlendirme işlemi ile metal yüzeyinden yaklaşık 30 μm 'luk bir metal yapı uzaklaştırılabilir. Adeziv bağlayıcı ajanların metal yüzeyine daha iyi bağlantı oluşturmalarını sağlamak için kullanılabilir (Yenisey, 2001).

2.10. Bağlanma Dayanımını Değerlendirme Yöntemleri

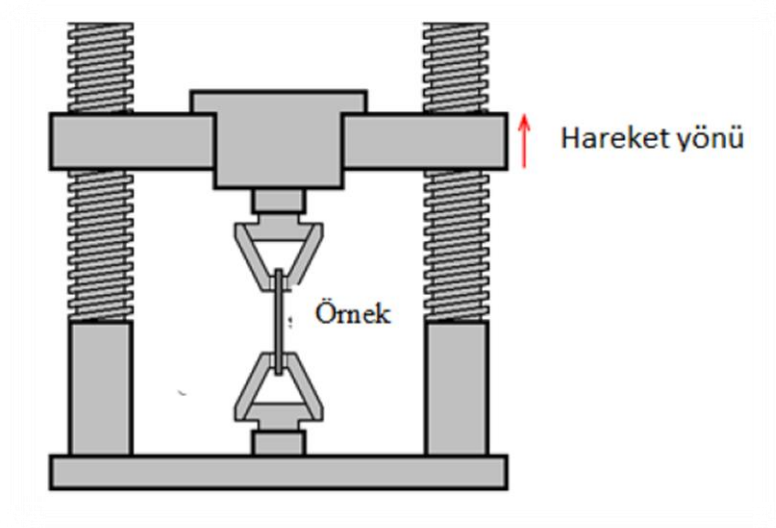
Üretilen yeni dental materyallerin klinik testleri için çok fazla zamana ve hastaya ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde geliştirilen laboratuvar testleri ise hızlı ve güvenilir biçimde bu materyalleri test ederek klinik kullanım için bizlere ön bilgi vermektedir (Van Meerbeek ve ark., 1998).

Bağlanma testleri maddeleri kantitatif yani nicelik ve kalitatif yani nitelik analizleri içermektedir. Niteliksel olarak bağlanmanın incelenmesinde, tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) ve iletim elektron mikroskobu (TEM) gibi ara yüzeylerin yüksek çözünürlüklerde görüntülenmesini sağlayan mikroskopik teknikler kullanılmaktadır (Goracci ve ark., 2007).

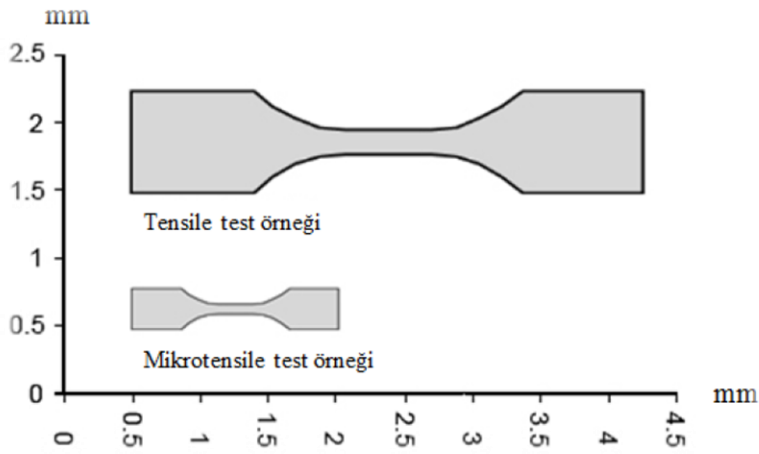
Bağlanma dayanımının nicelik testleri ise gerek kullanılan materyaller arasında gerek ise dentin ve mine yüzeyi ile uygulanan materyal arasındaki bağlanmayı ölçen testlerdir. Bu testlerin mantığı ‘adezyon yani bağlanma ne kadar güçlü ise strese bir nevi kırılma ve kopmaya olan direnç de o kadar iyi olur’ düşüncesidir (De Munck ve ark., 2005).

2.10.1. Geleneksel Çekme Germe Testi (Tensile Test)

Çekme testi, materyallerin gerilme değerlerini ölçmek için yapılır. Bu testte, kullanılan materyaller kısa bir süre için sabit bir oranda çekme kuvvetine maruz bırakılır. Üniversal test cihazıyla gerilmeye maruz kalan örneğe uygulanan kuvvet yine testi yapan makine tarafından ölçülerek MPa cinsinden değerlendirilir (Hagge ve ark., 2002) (Şekil 2.1.a ve 2.1.b).



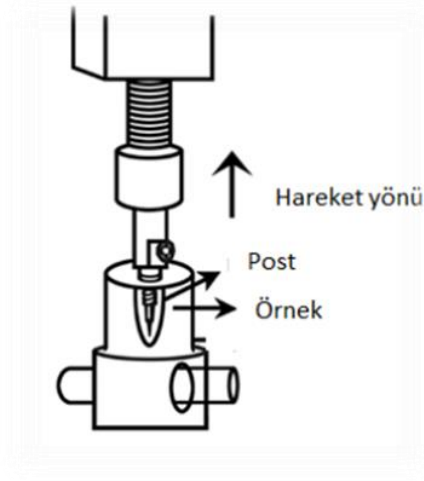
Şekil 2.1.a. Tensile ve Mikrotensile test yöntemi (Do 2015)



Şekil 2.1.b. Tensile ve Mikrotensile test örnek boyutları (Do 2015)

2.10.2. Diametral Çekme Testi (Pull-out Test)

Kök dentinine bağlanma dayanımını, geleneksel çekme testine oranla klinik durumu daha iyi taklit ederek ölçen bir yöntemdir (Goracci ve ark., 2005) (Şekil 3). Ancak bu testin, fiber postlara uygulanan yüzey işlemlerinin rezin simanların bağlanma dayanıklılığı üzerine etkisini değerlendirmede etkili bir yöntem olmadığı sonucuna varılmıştır (Sahafi ve ark., 2004). Test, universal test cihazıyla gerçekleştirilir ve sonuçlar MPa cinsinden hesaplanır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Pull-out test yöntemi (AEFAC Technical Note – Site testing guidelines: Vol 1 23/02/17)

2.10.3. İtme Testi (Push-out Test)

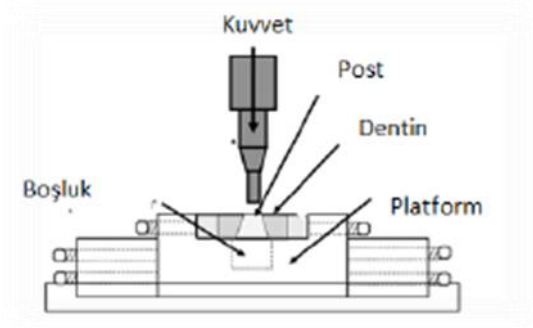
İtme testi diş hekimliğinde ilk defa 1970 yılında tanımlanmıştır (Roydhouse, 1970) ve kök kanal dentinine bağlanma çalışmaları için ise ilk olarak 1996’da kullanılmıştır (Patierno ve ark., 1996).

Bu test yönteminde disk şeklinde bölümlere ayrılmış kök içinden post materyali apikalden koronale doğru dışarı doğru itilir. İtme testinde uygulanan kuvvet dentin bağlantı yüzeyine paralel olduğundan bu test bağlanma dayanıklılığının belirlenmesinde geleneksel düz yüzey kesme testinden daha güvenilirdir (Kurtz ve ark., 2003; Perdigão ve ark., 2004; Perdigao ve ark., 2007).

Bütün post üzerinde veya kalın kök bölümleri üzerinde itme testi uygulandığında adeziv ara yüzeyinde yüksek derecede ve eşit olmayan stresler gelişebileceği iddia edilmektedir. Bu durum, adezyon testinde bu yöntem kullanıldığında nispeten daha düşük seviyelerde bağlanma dayanıklılığı değeri elde edilmesini açıklamaktadır (Boschian Pest ve ark., 2002).

Eşit olmayan stresler sebebiyle itme bağlanma dayanıklılığı testinde kullanılan örneklerin 1-2 mm kalınlığında olacak şekilde ince kesitleri alınarak test uygulanmaya başlanmıştır. ‘Mikropush-out test’ veya ‘ince kesitli push-out test’ olarak adlandırılmıştır. Postlar kök kanallarına simante edildikten sonra kökler yatay olarak ince kesitlere ayrılırlar. Dijital cihaz ile kesitlerin kalınlıkları ölçülür. Test sırasında uygulanan kuvvetin yönü apikalden koronale olacak şekildedir. Bağlantının

başarısızlığa uğradığı andaki kuvvet Newton (N) cinsinden tespit edilir. Bulunan değer yüzey alanına bölünerek, MPa cinsinden hesaplanır (Goracci ve ark., 2007) (Şekil 2.3).

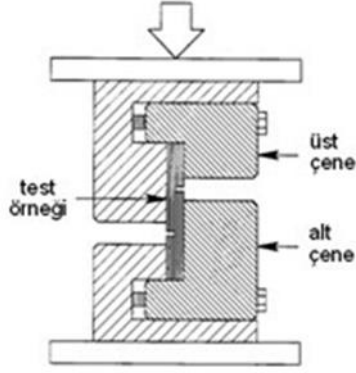


Şekil 2.3. Push-out (itme) testi (Sonmez, Sönmez ve ark.. 2013)

2.10.4. Makaslama (Shear) Testi

Birbirine bağlanan iki materyal arasında ayrılma meydana gelene kadar, bağlantıya en yakın noktadan kuvvet uygulanan in-vitro test yöntemidir. Bağlanma dayanımının araştırılmasında en çok tercih edilen yöntem olan makaslama testinin değeri; ayrılmanın gerçekleştiği anda ölçülen kuvvet değerinin, bağlantı yüzey alanına bölünmesi ile elde edilir (Al-Dohan ve ark., 2004; Aboushelib ve ark., 2005; Aboushelib ve ark., 2006). Birimleri kg/cm^2 , N/mm^2 (MPa) ve yahut da pound/inch^2 olarak ifade edilebilir (Versluis ve ark., 1997) (Şekil 2.4).

En çok tercih edilen yöntem olmasının sebepleri; örnekleri hazırlamanın kolay olması, testin uygulanmasının hızlı ve basit olması, gerektiğinde rahat bir şekilde testin tekrar edilebilmesi ve mikrotestler kadar teknik hassasiyet gerektirmemesi olarak açıklanabilir (Aboushelib ve ark., 2005; Dündar ve ark., 2005; Aboushelib ve ark., 2006). Bağlanma yüzeyinin genişliği, testte kullanılan bıçak tasarımları ve çapraz kafa hızı, kullanılan yaşlandırma yöntemi, örneklerin saklanma koşulları testin hassasiyetini etkileyen parametrelerdir.



Şekil 2.4. Makaslama (shear) testi (Prof. Dr. Bilsen Beşergil ders notları)

Şekil 2.4. Makaslama (shear) testi (Prof. Dr. Bilsen Beşergil ders notları)

2.10.5. Kırılma Dayanımı Testi (Mechanical Loading Test)

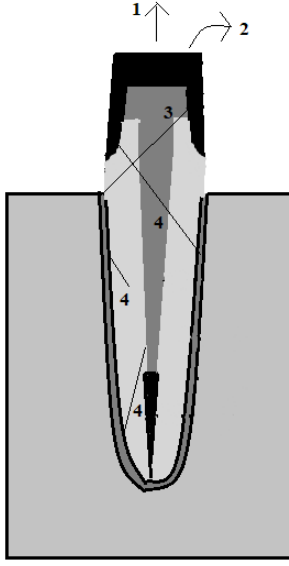
Post uygulanmış dişler basma kuvvetlerine maruz kaldıklarında kırılabilirler. Kırılma dayanımı testleriyle in-vitro koşullarda postlardaki başarısızlıklar değerlendirilir ve sonuçlar materyallerin klinikte kullanımına ilişkin fikirler verir. Test, universal test cihazıyla gerçekleştirilir, sonuçlar Newton cinsinden kaydedilir.

Araştırmacılar kırılma dayanımı değerlerinin yanı sıra başarısızlık tiplerini de incelemişler ve sınıflamışlardır. Tip I, II ve III "tamir edilebilir" başarısızlık olarak isimlendirilirken, Tip IV kırık "tamir edilemeyen" başarısızlık olarak adlandırılmıştır (El-Damanhoury ve ark., 2015; Gresnigt ve ark., 2016).

Tüm kırık yüzeyler, başarısızlık tiplerini tanımlamak için x20 büyütmede bir stereomikroskop (Axiocam MRC, Carl Zeiss, Almanya) kullanılarak analiz edildiler.

Tüm örnekler değerlendirildikten sonra, başarısızlık tipleri şu şekilde sınıflandırılmıştır (Şekil 2.5.):

- a) Kron'un çıkması (Tip I)
- b) Kronun kırılması (Tip II)
- c) Mine-sement sınırının üstünde kron / diş kompleksinin kırılması (Tip III)
- d) Mine-sement sınırının altında kron / diş kompleksinin kırılması (Tip IV)



Şekil 2.5. Kırık tipleri

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmanın etik kurul başvurusu Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'na yapılmıştır. (02.10.2019 tarihli 927 nolu karar)

Çalışmada kullanılan materyaller ve üretici firmaları Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan materyaller

MATERYAL	MARKA- ÜRETİCİ FİRMA	ÜRETİM NUMARASI (LOT)
Kompozit	Arabesk N Voco, Almanya	1934524
Asit	Vococid Voco, Almanya	2004360
Prefabrik Kron	Zeby Boczne Anger G&A, Polonya	1300959
Kanal Dolgu Pati	AH Plus Dentsply-Sirona, ABD	2009000978
Kanal Eğesi	ProTaper Dentsply Sirona, ABD	1639210
Kanal Dolgu Malzemesi	ProTaper Dentsply Sirona, ABD	0000255288
Hidroflorik Asit	Ultradent Porcelain Etch UltraDent, ABD	BJSPX
Akrilik	Duracryl Duradent, Türkiye	K010030
Fiber Post	Rebilda, Voco, Almanya	1648359
Rezin Siman	Bifix SE Voco, Almanya	2039215
Zirkonya Blok	Sapphire Duradent, Türkiye	20030115

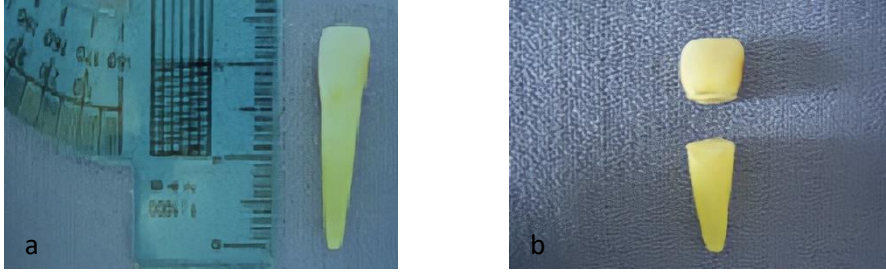
3.1. Dişlerin Seçimi ve Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda ortodontik veya periodontal nedenlerle çekilmiş; çürüksüz, benzer boyutlarda 120 adet; düz, tek köklü, tek kanallı, apeksi kapanmış insana ait küçük azı dişleri kullanıldı (Şekil 3.1.). Dişlerin üzerindeki yumuşak ve diğer tüm doku artıkları ultrasonik kazıyıcı yardımıyla temizlendi. Dişlerin her biri işlemler öncesinde abrazyon, erozyon, rezorpsiyon, çatlak ve kırık, açısından 40 büyütmede stereomikroskop (Axiocam MRC, Carl Zeiss, Almanya) altında incelenerek, hasarlı dişler sağlam olanlar ile değiştirildi. Seçilen dişler işlem yapılınca kadar %10'luk formalin solüsyonunda tutulmuştur.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılmak üzere seçilen dişlerin bir kısmı

120 adet küçük azı dişleri 60'ar dişten oluşan iki ana gruba ayrıldı. Ferrule yapılmayacak gruplarda (n=60), kök kanal uzunluklarını standart hale getirmek için dişler bukkal mine-sement sınırından, dişin uzun aksına dik olacak şekilde, dakikada 390.000 rpm devirle dönen aerator (Alegra, W&H, Bürmoos, Avusturya) ile elmas separe kullanılarak su soğutması altında kök boyutları 14 mm olacak şekilde kesildi (Şekil 3.2.a-b.).

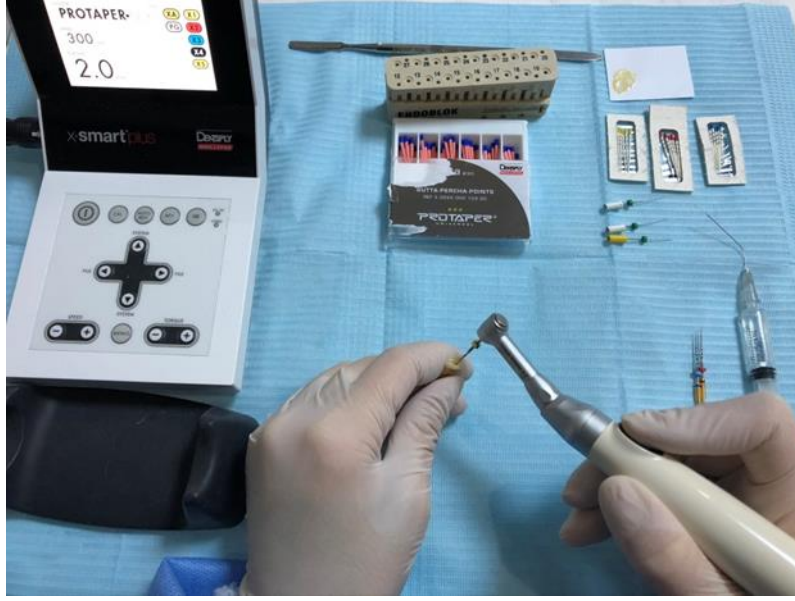


Şekil 3.2.a Dişlerin ölçülmesi **Şekil 3.2.b.** Dişlerin 2 mine sement sınırından kesilmesi

Ferrule oluşturulan gruplar ise bukkal mine-sement sınırının 2 mm koronalinden cetvel ile ölçülüp işaretlenerek su soğutmalı bir aeratör yardımıyla (KaVo, Warthausen, Almanya) elmas fissür frez (Horico, Berlin, Almanya) ile kesilerek hazırlandı. Mine-sement sınırının üzerinde kalan 2 mm'lik dikey dentin yüksekliği ferrule oluşturmak için kullanıldı.

3.2. Kanalların Hazırlanması ve Postların Yerleştirilmesi

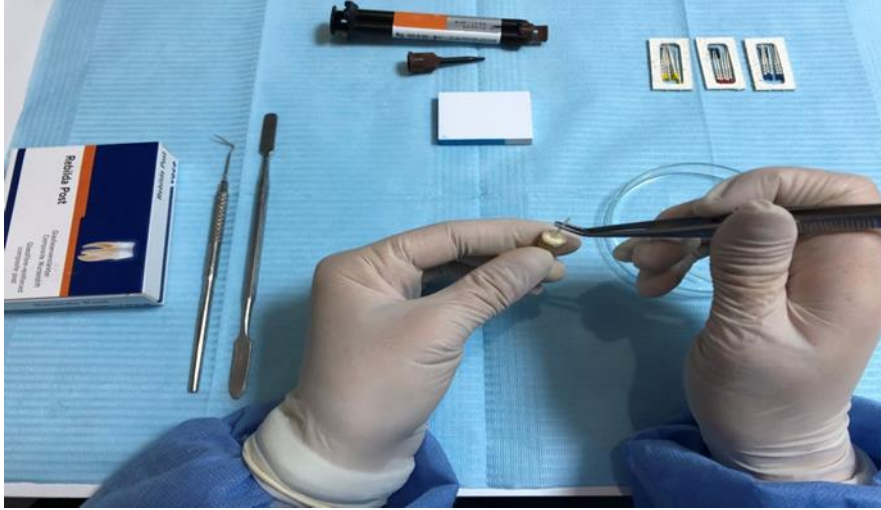
Endodontik giriş kavimleri rond frezle (Horico, Berlin, Almanya) hazırlandı. Hazırlanan dişlerin kök kanallarında #15-K tipi eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, foramen 1mm kısa olacak şekilde belirlendikten sonra endomotor ile (Endo Mate TC2, NSK, Japonya) döner alet ve Ni-Ti eğelerle (S1-S2-F1-F2, F3; ProTaper Universal, Dentsply Maillefer, Almanya) crown-down tekniğiyle genişletildi. Her eğe değişiminde kök kanalları bir 27-G açık uçlu standart enjektör (Ultradent, South Jordan Utah, ABD) yardımıyla 2 ml %2,5 sodyum hipoklorit (NaOCl) ve 2 ml serum fizyolojik ile yıkandı. Genişletme işlemi tamamlandığında, kanallar 1 dakika boyunca 5 ml %17 etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) ve 1 dakika boyunca 5 ml %2,5 NaOCl ve 5 ml damıtılmış su ve son olarak da klorheksidin (KHX) ile yıkandı. Kanallar kâğıt konlar ile kurulandıktan sonra AH Plus kanal patı (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) ve gutta perka (Dentsply Protaper Gutta Perka, Almanya) ile step-back tekniğiyle dolduruldu (Şekil 3.11.). Hazırlanan dişler kanal patının tamamen donması için 1 hafta süreyle 37°C' de ve %100 nemli bir ortamda bekletildi.



Şekil 3.3. Dişlere kanal tedavisi yapılması

Kanal patları tamamen sertleştikten sonra post boşluklarının hazırlanması aşamasına geçildi. Kök kanal dolgusu, apikalde 4 mm gütta perka bırakılacak şekilde bir Gates-Glidden frez (Peeso) (Horico, Berlin, Almanya) kullanılarak kısmen boşaltıldı. Ardından kök kanalını genişletmek için post için önerilen frez kullanıldı (1,5 mm çaplı) (1000-2000 rpm). Hazırlanan post boşluğu %17 EDTA+%2 KHX ile yıkandı ve uygun boyuttaki paper pointler ile tekrar kurutuldu. Rebilda marka fiber postlar (Rebilda Post, Voco GmbH, Almanya) prova edildi ve ardından postlar alkolle temizlenip hava ile kurutuldu.

Bifix SE (Voco GmbH, Almanya) self-adeziv siman üreticinin talimatlarına göre karıştırıldı ve içerisinden çıkan endo karıştırma kanülü ile kanal içerisine gönderildi. Postlar, rezin siman ile kaplanarak yerine yavaş yavaş oturtuldu (Şekil 3.4.). Bu sırada 2 dk. parmak basıncı uygulanarak fazla simanın çıkması sağlandı.



Şekil 3.4. Fiber postların yerleştirilmesi

Fazla siman bir pamuk pelet yardımıyla uzaklaştırıldıktan sonra siman her yönden toplam 40 sn. olmak üzere ışınladı (750 mW/cm^2) (Woodpecker Medical Instrument Co., Guilin, Çin) (Şekil 3.5.).

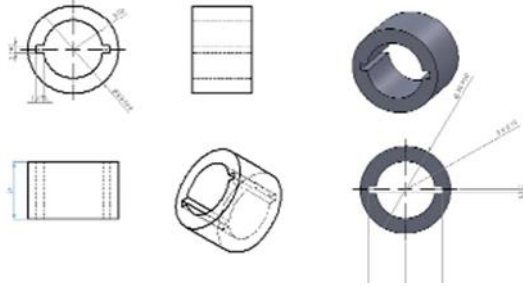


Şekil 3.5. Woodpecker ışın tabacası

3.3. Dişlerin Akril Bloğa Gömülmesi

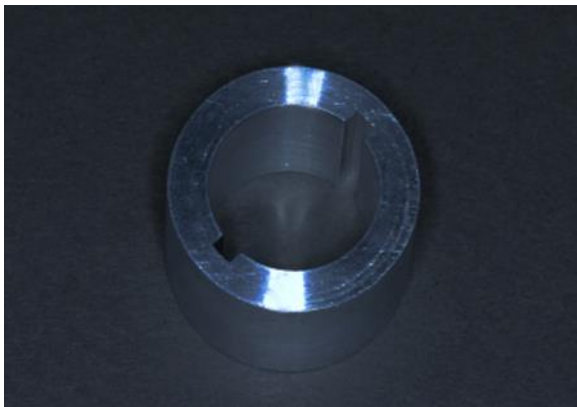
Postların simante edildiği kökler, yüzey işlemleri yapılabilmesi ve kırılma dayanımı testi uygulanabilmesi için özel olarak hazırlanan akrilik blokların içerisine gömüldü. Akrilik rezin blokların boyutlarının aynı olması amaçlandığı için, iç çapı 2 cm, yüksekliği 2 cm ve kalınlığı 5 mm olan halka şeklinde özel kalıplar 3 boyutlu tasarım programı (Solidwoks 2009; Dassault Systemes SolidWorks Corp., Concord, Massachusetts, ABD) ile tasarlanarak metal malzemeden üretilmesi planlandı.

Silindirik metal halkaların tasarımı sırasında akrillerin çıkartılmasını kolaylaştırmak için iç yüzeylerinin her iki duvarında 2,5 mm genişlik, 2,5 mm derinlik ve 2 cm yüksekliğinde dik açılı yivler oluşturuldu (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. Akrilik blokların standardizasyonunda kullanılan özel metal kalıbın teknik çizimi (Aran, 2007)

Akriller doldurulmadan önce halka şeklindeki metal kalıpların iç yüzeyleri likit vazelin ile izole edildi. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda kendiliğinden sertleşen akrilik rezinler (Duracryl, Duradent, Türkiye) metal kalıplara dolduruldu (Şekil 3.7.). Kökler daha önceden ölçülerek bukkal mine-sement sınırının 2 mm apikalinde kurşun kalem ile işaretlenen seviyeye kadar mum eritme cihazı (Sel-wax, Ankara, Türkiye) ile ısıtılmış mavi mum havuzuna batırılıp çıkarılarak yaklaşık olarak 0,3 mm kalınlığında mumla kaplanması sağlandı. Mumla kaplanmış dişler işaretlenen bölüme kadar oto polimerizan akrilik rezin (Duracryl, Duradent, Türkiye) içine gömüldüler.



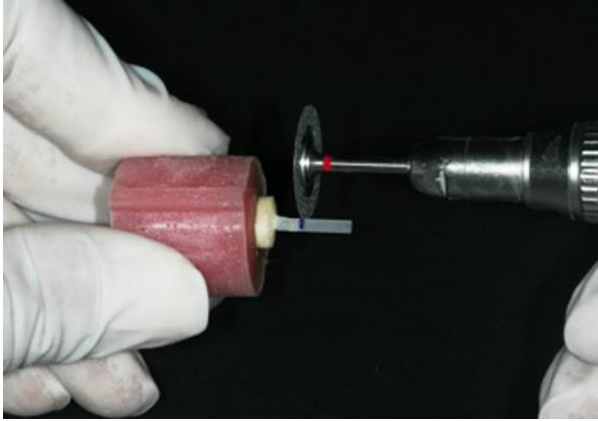
Şekil 3.7. Akrilik blokların standardizasyonu için üretilen özel metal kalıp

Polimerizasyonun başlamasının ardından dişler yerlerinden çıkartılarak, kök ve akrilik rezinin üzerinde kalan mumlar kaynar su yardımı ile temizlendi. Daha sonra dişlerin akrilik içindeki yuvalarına ince kıvamlı silikon ölçü maddesi enjekte edildi

(Oranwash, Zhermack S.p.a., Badia Polesine, Italy) ve dişler tekrar yerlerine oturtuldu. Böylece kök yüzeyinden temizlenen mumun yeri silikon ölçü maddesi ile doldurularak kök etrafında ortalama 0,2-0,3 mm kalınlığında yapay bir periodontal mebran elde edilmiş oldu (Akman ve ark., 2011).

Akrilik rezinin sertleşmesini takiben bloklar metal kalıplardan ayrıldılar. Bu yöntem ile her örneğin yer düzlemine dik olacak şekilde ve metal kalıpların tam ortasında konumlandırılması sağlanmış oldu.

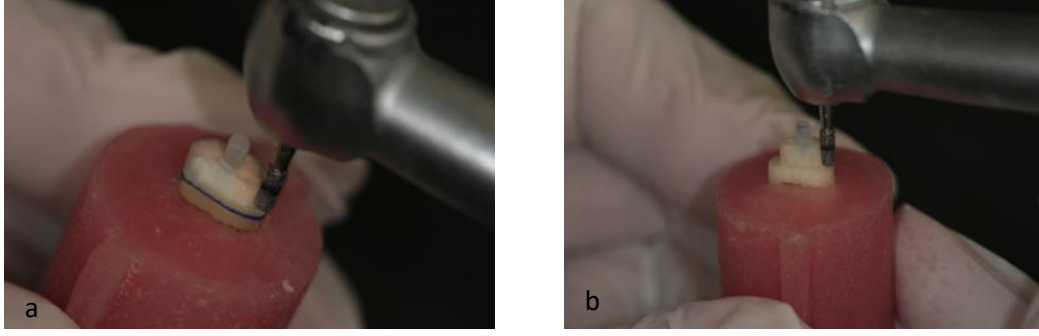
120 adet diş akrilik rezin bloklara gömüldükten sonra tüm gruplarda postların koronal uzantılarının kesilmesi amacıyla her bir post, bukkal mine-sement sınırının 4 mm koronalinden işaretlenerek, FGK postların kesilmesi için özel olarak üretilen elmas separe (Recherches Techniques Dentaires, St. Egrevé, Fransa) yardımı ile kesilerek kısaltıldı (Şekil 3.8.).



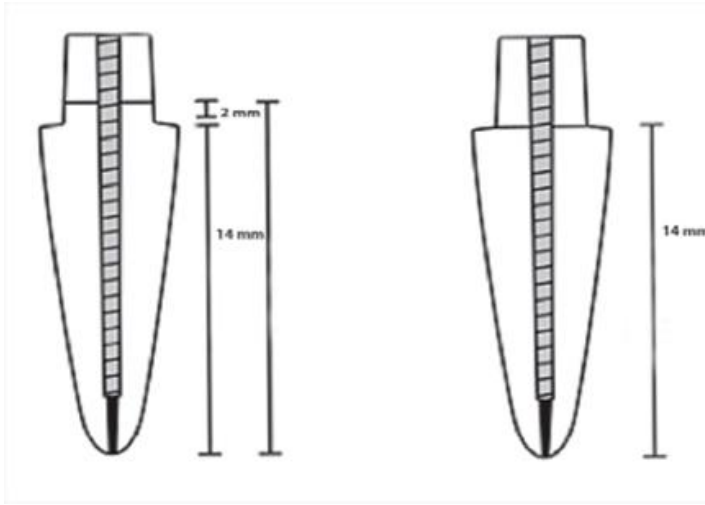
Şekil 3.8. Mine-sement sınırının 4 mm koronalinden işaretlenen postun kesilmesi

3.4. Ferrule Oluşturulması

Ferrule oluşturulacak olan gruplar için, bukkal mine-sement sınırının üzerinde kalan 2 mm yüksekliğindeki diş dokusu kullanıldı. Bukkal mine-sement sınırında, ferrule hazırlığı sırasında preparasyonu şekillendirmek ve bunu tüm örneklerde standardize edebilmek amacıyla çepeçevre bir referans çizgisi işaretlendi. 6° koniklik açısına sahip silindirik formda frezi (Horico, Berlin, Almanya) ve çizilen referans çizgi sınırından başlayacak şekilde konumlandırılarak 1 mm genişliğinde bantlar oluşturuldu (Şekil 3.9.a.). Her diş için daha önceden kullanılmamış frez kullanıldı. Bu yöntem ile dişlerde 2 mm ferrule yüksekliği elde edilmiş ve 4 alt grup için ferrule oluşturulmuş oldu (Şekil 3.9.b.). Ferruleli ve ferrulesiz dişlerin şematik görüntüsü Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9.a. Mine-sement sınırında 2 mm ferrule oluşturulması **b.** 2 mm yüksekliğinde ferrule oluşturulan örnek



Şekil 3.10. Ferrule ve Ferrulesiz dişlerin şematik görünümü

3.5. Yüzey İşlemlerinin Yapılması

Ferrule oluşturulan (Grup F) ve oluşturulmayan (Grup NF) olmak üzere iki ana gruba ayrılan; benzer çaplarda rasgele seçilmiş 60 posttan oluşturuldu. Her ana grup kendi içinde 15 adet posttan oluşan dört alt gruba ayrıldı;

Yüzey işlemi yapılmayan grup (Grup K): Bu grupta yer alan postlara herhangi bir yüzey işlemi yapılmadı. Kontrol grubu olarak ayrıldılar ve bu örnekler başlangıç seviyesinde test edildiler.

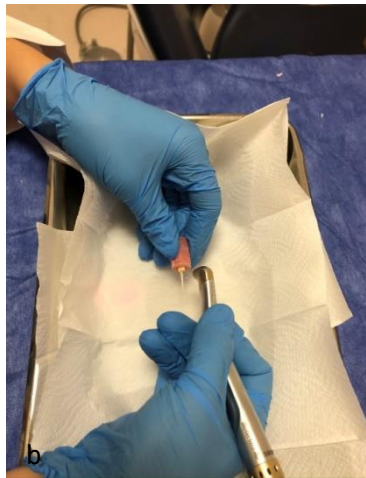
Hidroflorik asit uygulanan grup (Grup HF): Koronal post bağlanma yüzeyleri, 20 sn boyunca %9,5 Hidroflorik Asit (Ultradent Products, Inc., South Jordan, ABD) ile asitlenerek, 30 saniye boyunca su ile durulandılar. 10 saniye boyunca da kalıntıları uzaklaştırmak için yağsız sıkıştırılmış hava ile kurutuldular.

Al₂O₃ kum partikülleri uygulanan grup (Grup A)– Koronal post bağlanma yüzeyleri, ışınlama ucu ile arasında 10 mm mesafe olacak şekilde 120 µm Al₂O₃ kum partikülleri (Ney, Blastmate II, Yucaipa, CA) ile 20 sn boyunca kumlama işlemine tabi tutuldu. Kumlama için hava basıncı 2 bar olarak ayarlandı. İşlemin ardından numuneler akan su altında durulandı ve 10 saniye boyunca kalıntıları uzaklaştırmak için yağsız sıkıştırılmış hava ile kurutuldu (Şekil 3.12.).



Şekil 3.12. Kumlama cihazında örneklerin kumlanması

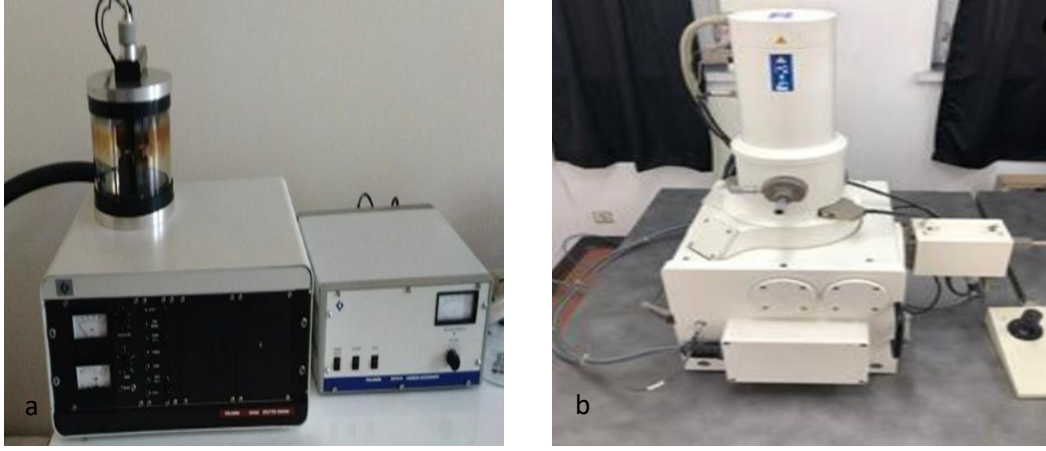
Er,Cr: YSGG Lazer uygulanan grup (Grup E)–Koronal post bağlanma yüzeylerine 150 mJ enerji, 10 Hz frekans, 1,5 W güç, 140 ms darbe 1,91 W/cm² enerji yoğunluğunda, % 50 su % 50 hava soğutması altında toplam 20 saniye ışınlama süresi, 10 mm mesafeden kontaklız (Sapphire tip MG6, 0,6 mm spot büyüklüğünde) uygulama modunda Er,Cr: YSGG waterlase lazer uygulandı (Şekil 3.13.a-b.).



Şekil 3.13.a Lazer cihazı b. Koronal post yüzeylerine lazer uygulanması

3.6.Yapılan Yüzey İşlemlerinin Tarama Elektron Mikroskopunda İncelenmesi

Farklı yüzey işlemleri sonrası fiber post yüzey analizi SEM (Axiocam MRC, Carl Zeiss, Almanya) cihazında yapıldı. Seçilen örneklerin yüzeyleri iyice kurutulduktan sonra altın kaplama ünitesinde (EMS550X püskürtmeli kaplayıcı, Electron Microscope Sciences, Hatfield, PA, ABD) 40 mA'lık akım ve 10-1 mbar/Pa basınçta (vakum) 120 saniye boyunca altın film (altın yoğunluğu 19,32 g/cm³ ve boyutu 13 nm) kaplanarak ve 1000X büyütmede inceleme yapıldı (Şekil 3.14.a-b.).



Şekil 3.14.a. Altın-palladyum kaplama cihazı b. Örneklerin incelendiği SEM cihazı

3.7. Kor Yapının İşlenmesi

Fiber postların çevresindeki koronal kısımlar başlangıçta 2 mm'lik kompozit rezin (Arabesk N Kompozit, Voco, Almanya) ile restore edilerek, toplamda 80 saniye boyunca dalgalı şekilde polimerize edildiler. Ardından, aynı kompozit ile doldurulmuş bir erişkin premolar strip kronu postun koronal kısmına yerleştirilerek, (Şekil 3.15.) toplam 80 saniye boyunca çevresel olarak polimerize edildi. Bu prosedür ile, numunelerin standart olarak hazırlanması amaçlandı. Her kompozit tabakası 20 saniye ışınlanarak, her numuneye konik şeklinde kor yapıldı. Tüm polimerizasyon işlemleri için 750 mW /cm²'lik bir ışık yoğunluğuna sahip bir ışınlama cihazı (Woodpecker Medical Instrument Co., Guilin, Çin) kullanıldı.



Şekil 3.15. Erişkin premolar strip kron

3.8. Kron protezlerinin üretilmesi

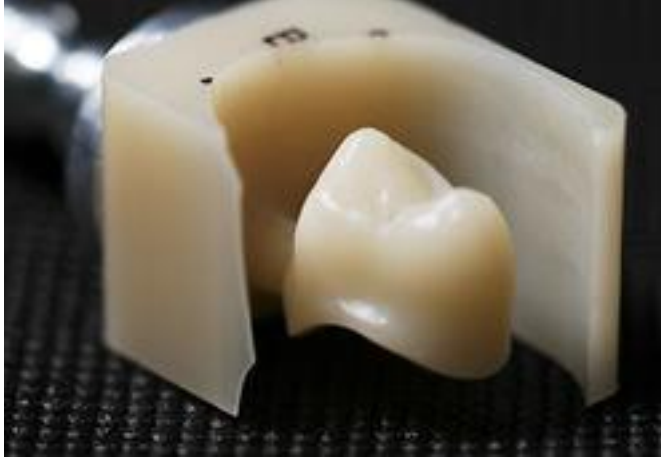
Hazırlanan temel kor tasarımı CAD/CAM cihazında (Şekil 3.16) (Cercon Smart Ceramics, Cercon brain expert, DeguDent GmbH, Hanau-Wolfgang, Almanya) taranarak standart kron protezi tasarımı elde edildi (Vignesh ve ark., 2020).



Şekil 3.16. Cercon Smart Ceramics, Cercon brain expert CAD-CAM cihazı

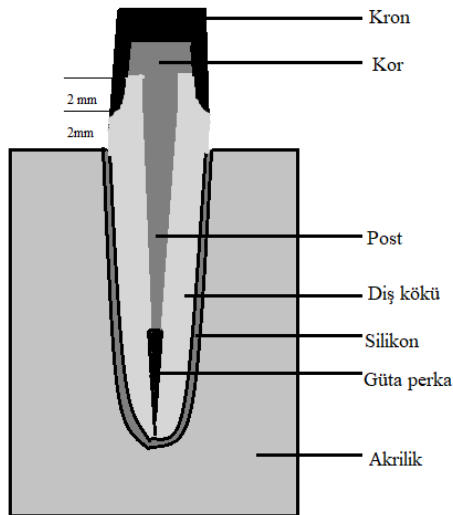
Kron protezinin tasarımı sırasında, kırılma dayanımı testinde uygulanacak kuvvetin tüm örneklerde aynı noktaya gelmesi amacıyla, palatinalde, servikal kenardan 5 mm insizalde konumlanacak ve uzun eksene dik olacak şekilde 1 mm genişlik ve derinliğinde bir çentik hazırlandı. Sanal modelajı tamamlanan kron protezler Katana

(Zirconia Block, Noritake Dental, Aichi, Japonya) bloklar kullanılarak freze edildiler (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Zirkonya bloktan kazınmış bir premolar

Bifix SE (Voco GmbH, Berlin, Almanya) self- adeziv siman üreticinin talimatlarına göre karıştırılarak kron iç yüzeyine uygulanıp bütün gruplarda kor kısım üzerine yapıştırıldılar. Simantasyon sonrası deney örneğine ait şematik görünüm Şekil 3.18.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.18. Simantasyon sonrası deney örneğine ait şematik görünüm

3.9. Termal Siklus Uygulaması

Tüm örnek gruplarına termal siklus cihazı (Şekil 3.19.) (4K teknik termal siklus cihazı, Adana, Türkiye) kullanılarak 5 °C'lık banyoda 30 saniye, 55°C'lık banyoda 30 saniye (banyo değişim süresi 10 saniye) kalacak şekilde 5000 siklus uygulandı.



Şekil 3.19. Termal siklus cihazı

3.10. Kırılma Dayanımı Testi

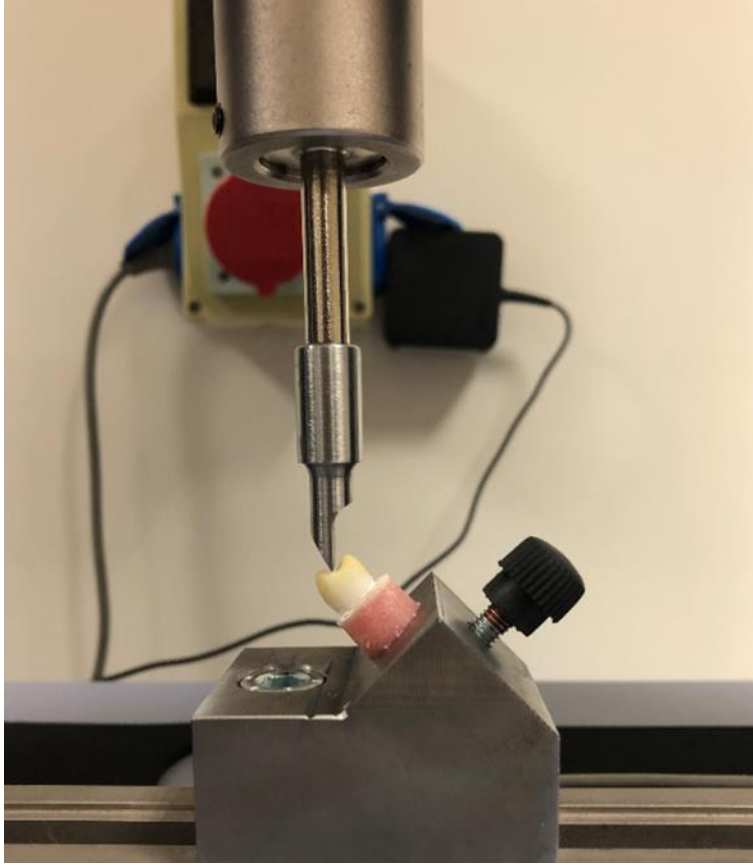
Deney örneklerinin kırılma dayanımının belirlenmesi için geleneksel kırma cihazı (Şekil 3.20.) (Autograph AG-IS/5kN, Shimadzu, Kyoto, Japonya) ve cihaz ile uyumlu olacak özelliklerde tasarlanıp üretilen bir statif ile kuvvet uygulayıcı sivri uç kullanıldı.



Şekil 3.20. Geleneksel kırma cihazı

Örnekler kuvvet uygulayıcı uç ile 135° açılı oluşturacak şekilde konumlandırıldı. Böylelikle dişlerin uzun eksenine 45° derecelik açı yapmış oldular. Bu çalışmada, ağız içi koşulları taklit etmek için 45° derece açı seçilmiştir. Böylece kuvvetin hem dikey hem de yatay doğrultuda uygulanması sağlanmıştır (Kanat-Erturk ve ark., 2017).

Kuvvet uygulayıcı uç, incelerek 1 mm genişliğinde sonlanacak şekilde Ni-Cr alaşımdan seçilmiştir. Dişlerin gömülü olduğu akrilik bloklar geleneksel kırma cihazının tablasına yerleştirildi ve tüm örneklerde, koronal restorasyonun palatinalinde konumlandırılan çentiğe kuvvet uygulayıcı uç ile, 1 mm/dk hızla, kırık oluşuncaya kadar kuvvet uygulanarak kırılma direnci değerleri belirlendi. Geleneksel kırma cihazına bağlı olan bilgisayar ekranında ani düşüşün gözlemlendiği kuvvet değeri, post-kor-kron sisteminde kırılmaya sebep olan kuvvet olarak belirlenerek o değer kaydedildi (Şekil 3.21.)



Şekil 3.21. Dişlerin uzun eksenine 45° derecelik açı ile kuvvet gelmesi

3.11.Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi

Tüm kırık yüzeyler, başarısızlık tiplerini tanımlamak için $\times 20$ büyütmede bir stereomikroskop (Axiocam MRC, Carl Zeiss, Almanya) kullanılarak analiz edildiler.

Tüm örnekler değerlendirildikten sonra, başarısızlık tipleri şu şekilde sınıflandırıldı:

- a) Kron'un çıkması (Tip I),
- b) Kronun kırılması (Tip II),
- c) Mine-sement sınırının üstünde kron / diş kompleksinin kırılması (Tip III),
- d) Mine-sement sınırının altında kron / diş kompleksinin kırılması (Tip IV).

Tip I, II ve III "tamir edilebilir" başarısızlık olarak isimlendirilirken, Tip IV kırık "tamir edilemeyen" başarısızlık olarak adlandırılmıştır (El-Damanhoury ve ark., 2015; Gresnigt ve ark., 2016).

3.12. İstatistiksel Analiz

Her bir deney grubu için ortalama kırılma değerleri hesaplandı. Verilerin tanımlayıcı istatistikleri; ortalama, standart sapma ve yüzde değerleri olarak verilmiştir. Nicel verilerin normallik varsayımı Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. Kırılma dayanımlarının Grup F ve Grup NF arasında karşılaştırılmasında iki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA yöntemi (Two-way Repeated Measures ANOVA) kullanılmıştır. Grupların ikili karşılaştırmaları için Bonferroni testi yapılmıştır. Kategorik değişkenler arası ilişkiler, Pearson Ki-kare testi ile incelenmiştir.

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 23,0 (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23,0 Armonk, NY: IBM Corp.) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tüm analizlerde p değeri 0,05 olarak belirlenmiştir.

Tez çalışmasında her bir alt grupta kullanılmak üzere 15'şer adet veri içeren 8 grup oluşturulmuş ve toplamda da 120 adet örnekten elde edilen sonuçlar üzerinde değerlendirilme yapılmıştır. Elde edilen ilk sonuçlar IBM SPSS Statistics 25,0 paket programına girilmiştir. SPSS veri düzenleyicisinde gerekli ön kontrolleri yapılan ham veriler, istatistiksel analize uygun hale getirilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan verilerin sürekli, bir başka değişle ölçümlerle elde edilen türden olmasından dolayı ve bağımsız her bir alt gruptaki gözlem sayılarının 15 olarak gerçekleşmesi analizlerde parametrik istatistik yöntemler kullanılmasına olanak sağlamıştır. Ayrıca, gruplar bazında yapılan verilerin normal dağılıma uygunluğu kontrolünde de Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilks testleri yapılmış, alt gruplardaki gözlem sayıları 50 sayısından daha az olduğu için normallik testi değerlendirmesinde Shapiro-Wilks test sonuçları esas alınmıştır (Akgül, 2003).

Bu testler sonrasında gruplar arası fark söz konusu olduğunda da farklılığın kaynaklandığı grubun hangisi olduğunu belirlemek için Post-Hoc testlerden yararlanılmıştır. Gruplar arası farkın homojen olduğu durumlarda elde edilen farklılık sonuçlarını belirlemede çoklu karşılaştırma testlerinden Bonferroni testi kullanılmıştır. Kategorik değişkenler arası ilişkiler, Pearson Ki-kare testi ile incelenmiştir (Kalaycı, 2016).

Analiz sonuçlarının istatistiki olarak anlamlılıklarının yorumlarında ise $\alpha = 0,05$ yanlışlığı düzeyi esas alınmıştır. Elde edilen p değerinin alfa (α) değerinden küçük

olduğu durumlarda ($p < \alpha$) anlamlı bir farktan söz edilirken, p değerinin alfa değerin den büyük ya da eşit olduğu durumlar ($p \geq \alpha$) için ise anlamlı bir fark olmadığı yorumu yapılmıştır.

4.BULGULAR

4.1.Kırılma Dayanımı Testi Bulguları

Kırılma dayanımı testi yapılan tüm gruplar içerisinde bağlanma dayanımı en yüksek olan grup; Grup F alt gruplarından Grup K ($696,01 \pm 135,09$) en düşük olan ise Grup NF alt gruplarından Grup HF ($276,25 \pm 59,99$) olarak bulunmuştur (Tablo 4.1.).

Tablo 4.1. Tüm örneklerin alt gruplar ile birlikte kırılma dayanımı testi sonuçlarının istatistiki verileri

GRUP	ALT GRUP	ORTALAMA DEĞERLER	STANDART SAPMA	ÖRNEK SAYISI
GRUP F	Grup K	696,01	135,09	15
	Grup A	610,31	157,73	15
	Grup HF	485,08	88,35	15
	Grup E	482,57	95,27	15
	Toplam	568,49	149,88	60
GRUP NF	Grup K	429,54	138,05	15
	Grup A	355,01	110,55	15
	Grup HF	276,25	59,99	15
	Grup E	297,89	62,44	15
	Toplam	339,67	113,05	60

Grup F ve Grup NF alt grupları tek tek incelenip birbiri ile karşılaştırıldığında görülmüştür ki etkileşim p değeri ($p:0,332$) anlamlı değildir (Tablo 4.2.). Grup F ve Grup NF içerisindeki örneklerin gruplardaki değişimi benzerdir. Bu benzerlik grafik gösterimde karşımıza paralellik olarak çıkmaktadır (Tablo 4.3.).

Tablo 4.2. İki yönlü tekrarlı ölçümler ANOVA tablosu

	Grup F Ort±SS	Grup NF Ort±SS	Grup p değeri	Ferrule p değeri	Etkileşim p değeri
Grup K	696,02±135,10 ^a	429,54±138,05 ^c	<0,001	<0,001	0,332
Grup A	610,31±157,73 ^a	355,01±110,56 ^c			
Grup HF	485,09±88,35 ^b	276,26±60,0 ^d			
Grup E	482,58±95,27 ^b	297,90±62,45 ^d			

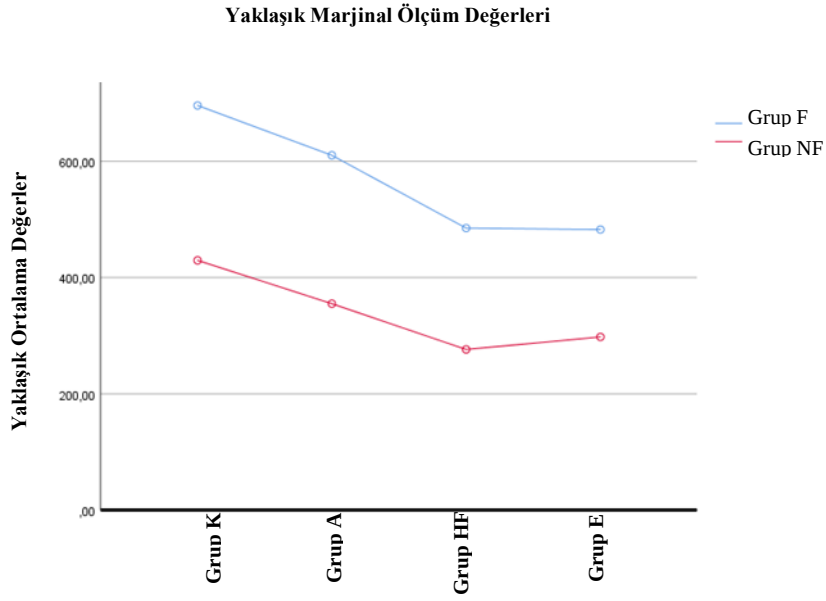
SS: Standart Sapma

İkili grupların karşılaştırılmasında Bonferroni testi (Aynı harflere sahip gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır)

Grup F ve Grup NF işlem gören örnekler için kırılma dayanımları bakımından dört grup arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($p < 0,001$) (Tablo 4.2.). Aynı şekilde Grup F ile Grup NF arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p < 0,001$) (Tablo 4.2.).

Etkileşim p değerinin anlamlı olmaması ($p = 0,332 > 0,05$ olması); Grup F ve Grup NF alt grupları arasında görülen değişim benzer olduğu, aralarındaki farkın birbirine paralellik gösterdiği anlamına gelmektedir (Tablo 4.3.).

Tablo 4.3. Ferrruleli ve Ferrulesiz gruplar arasında etkileşimin grafik üzerinde gösterimi



Grafiğin paralel olması Grup F ile Grup NF arasında herhangi bir etkileşim olmadığı anlamına gelmektedir. Tablo 4.4.'de verilen p değeri hem Grup F hem de Grup NF için aynıdır.

Tablo 4.4. İki Yönlü Tekrarlı Ölçümler ANOVA tablosu

Grup	Grup NF Grup F	Ortalama Fark	Std Sapma	p
Grup K	Grup A	80,118	27,795	0,072
	Grup HF	182,109*	23,726	0,000
	Grup E	172,545*	27,233	0,000
Grup A	Grup K	-80,118*	27,795	0,072
	Grup HF	101,991*	24,180	0,005
	Grup E	92,427*	24,239	0,011
Grup HF	Grup K	-182,109*	23,726	0,000
	Grup A	-101,991*	24,180	0,005
	Grup E	-9,564	19,124	1,000
Grup E	Grup K	-172,545*	27,233	0,000
	Grup A	-92,427*	24,239	0,011
	Grup HF	9,564	19,124	1,000

Grup F alt gruplarından Grup K ile Grup A arasında ve Grup HF ile Grup E arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Tablo 4.4.).

Grup F alt gruplarından Grup K ile Grup HF ve Grup E arasında; Grup A ile Grup HF ve Grup E arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmiştir (Tablo 4.4.).

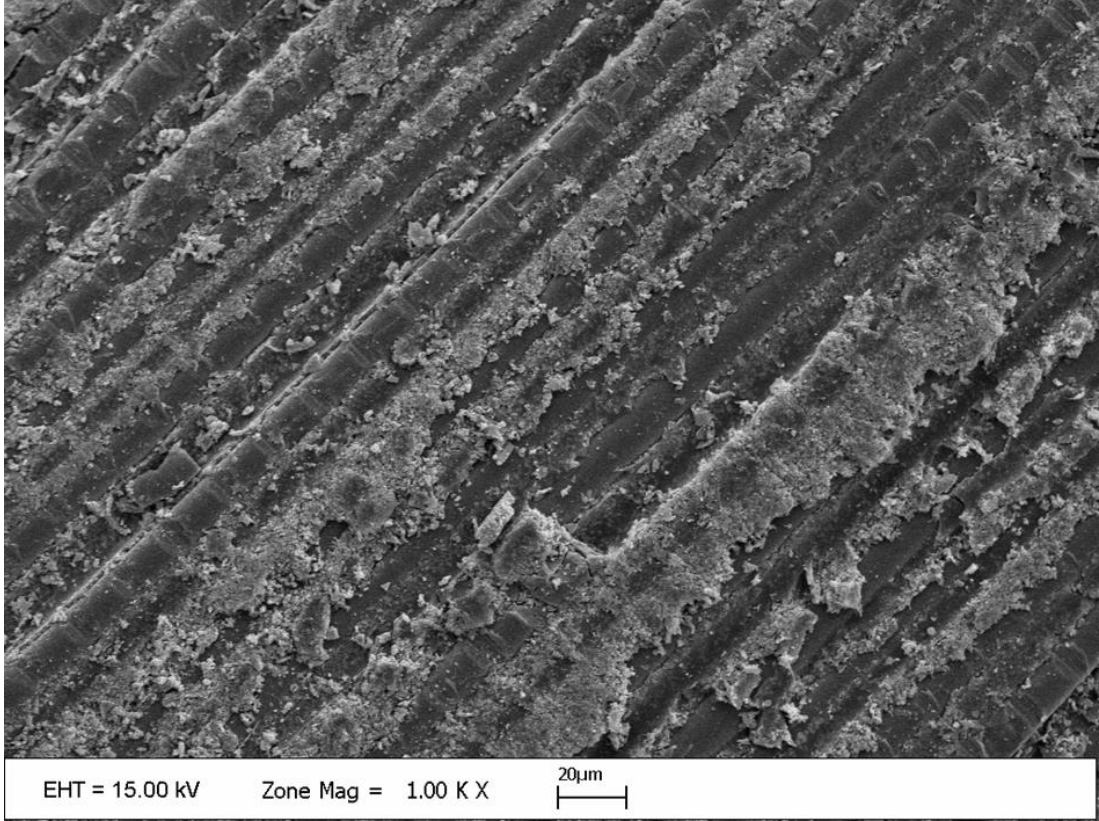
Grup NF incelendiğinde ise alt gruplarından Grup K ile Grup HF ve Grup E arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir (Tablo 4.4.).

Grup NF alt gruplarından Grup A ile Grup K arasında ve Grup HF ile Grup E arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (Tablo 4.4.).

4.2. SEM Analizi Bulguları

4.2.1. Yüzey işlemleri uygulanmamış fiber post bulguları

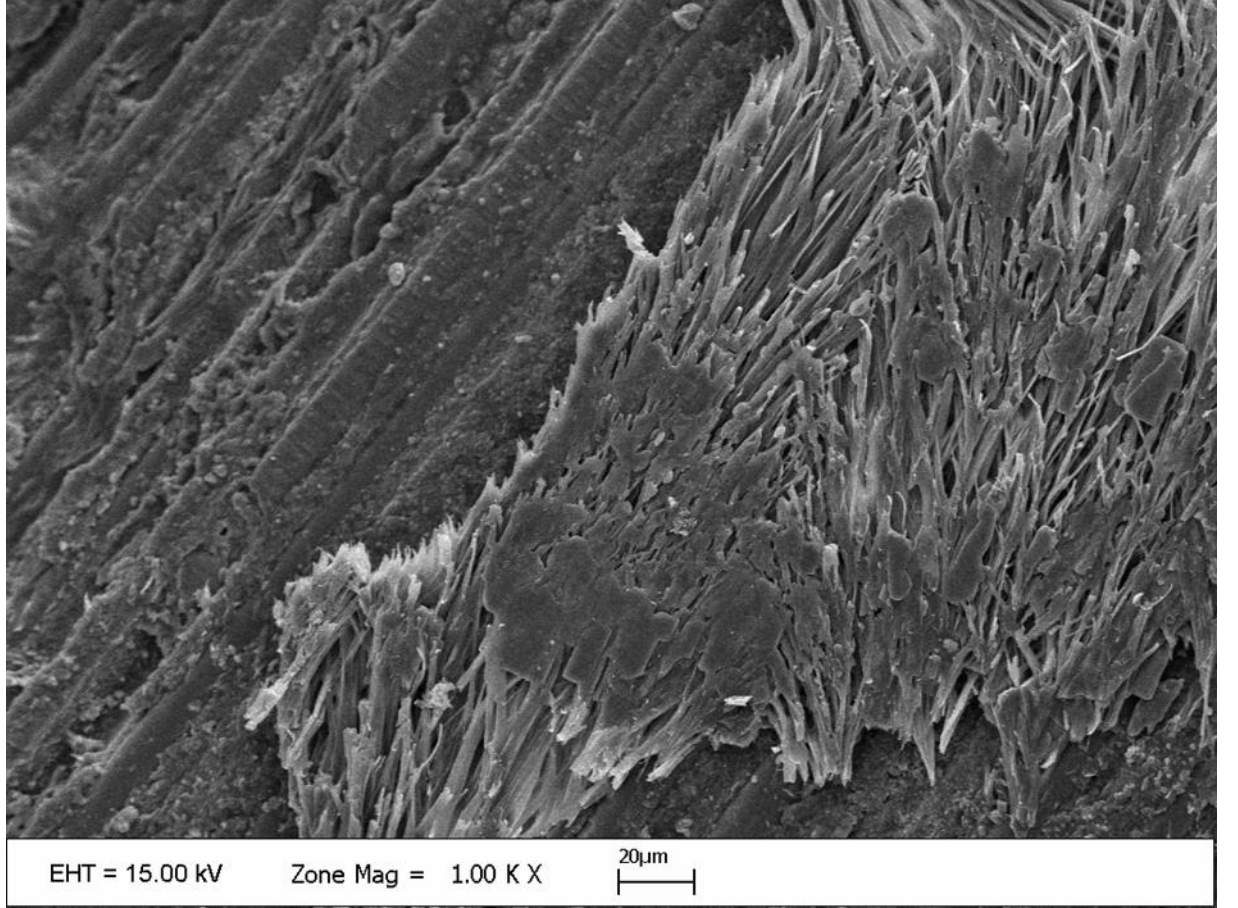
Koronal bölgesine yüzey işlemleri uygulanmamış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri Şekil 4.1.'de sunulmaktadır. Hiçbir işlem yapılmamış fiber post yüzeyinde fibrillerin düzgün bir şekilde sıralandığı, herhangi bir deformasyon olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.1. Koronal bölgesine yüzey işlemleri uygulanmamış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri (1000X büyütme)

4.2.2. Lazer İşlemi Uygulanmış Fiber Post Bulguları

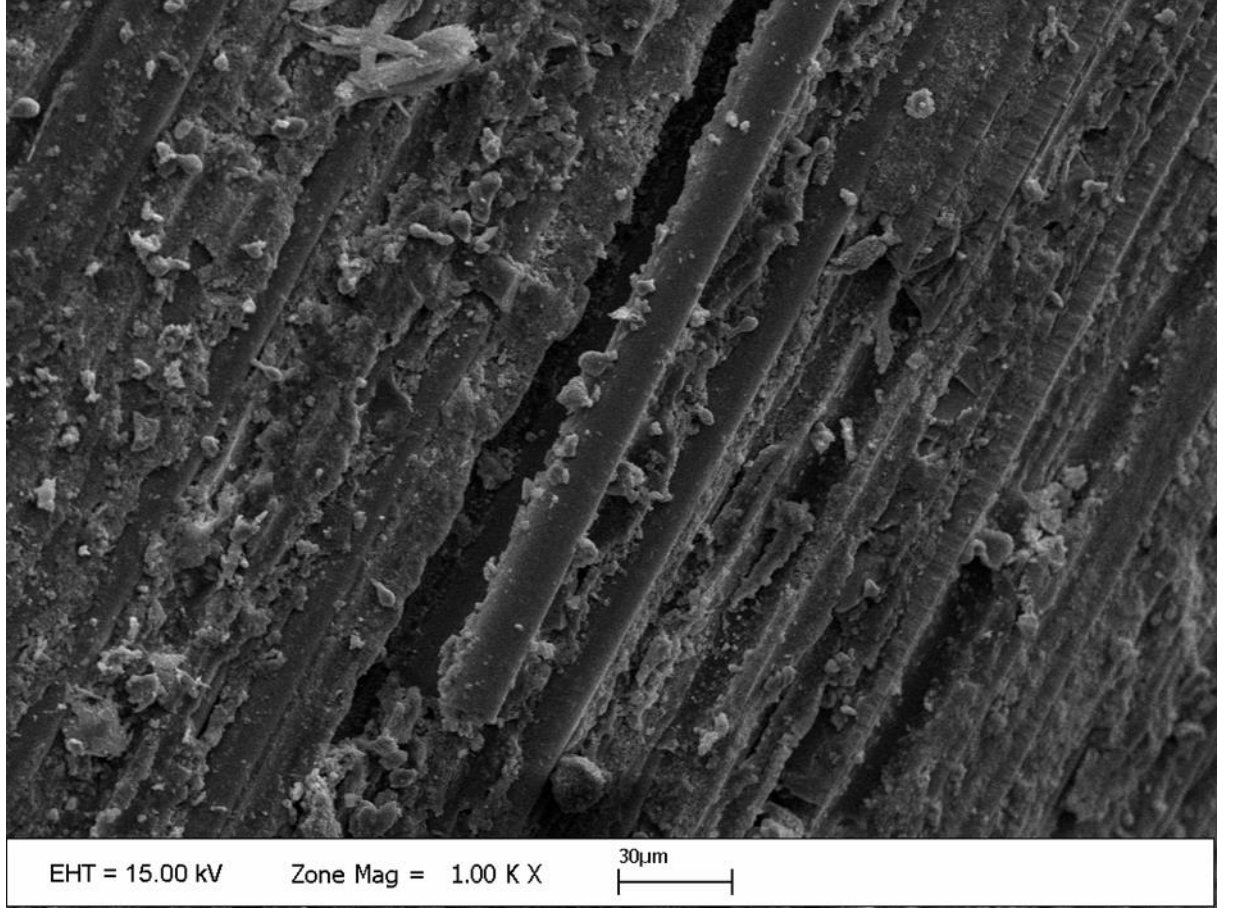
Koronal bölgesine lazer uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri Şekil 4.2.'de sunulmaktadır. Fibril demetlerinin oldukça dağılmış olduğu görülmekte ve bolca erime ve çökme alanı olduğu izlenmektedir.



Şekil 4.2. Koronal bölgesine lazer uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri. (1000X büyütme)

4.2.3. Asit İşlemi Uygulanmış Fiber Post Bulguları

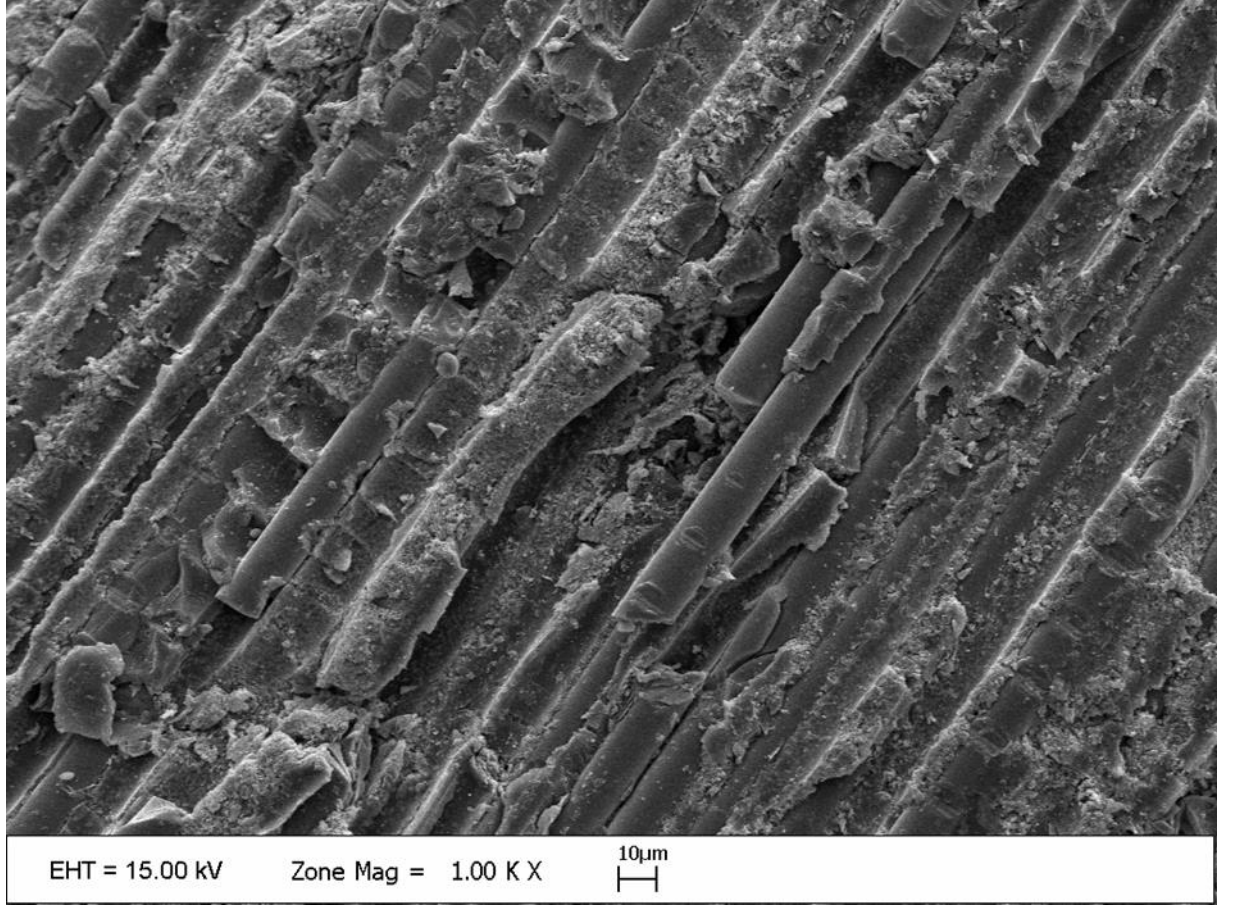
Koronal bölgesine asit uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri Şekil 4.3.'de sunulmaktadır. Fibril demetlerinde kırılmaların meydana geldiği ve zarar görmüş olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.3. Koronal bölgesine asit uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri. (1000X büyütme)

4.2.4. Kumlama İşlemi Uygulanmış Fiber Post Bulguları

Koronal bölgesine kumlama işlemi uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri Şekil 4.4.'de sunulmaktadır. Fibril demetlerinin koparak dağıldığı düzensiz alanlar gözlenmektedir.



Şekil 4.4. Koronal bölgesine asit uygulanmış fiber post örneklerden alınan SEM görüntüleri. (1000X büyütme)

4.3. Kopma Şekillerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmadaki bulgulara göre kırıklar aşağıda gösterilen tablodaki gibi oluşmuştur (Tablo 4.5.).

Tablo 4.5. Örneklerin kırılma tipleri

		TAMİR EDİLEBİLEN	TAMİR EDİLEMİYEN
GRUP F	GRUP K	9	6
	GRUP A	9	6
	GRUP HF	8	7
	GRUP E	7	8
GRUP NF	GRUP K	7	8
	GRUP A	6	9
	GRUP HF	7	8
	GRUP E	6	9

Tablo 4.6. incelendiğinde görülmektedir ki Grup F'ye ait örneklerin %55'i tamir edilebilen kırıklar iken, %45'i tamir edilemeyen kırıklardır. Gruplar arasında tamir edilebilen kırıkların en yüksek olduğu örnekler ise Grup K ve Grup A içerisinde bulunmaktadır.

Tablo 4.6. Ferruleli örneklerin kırılma sonrası tamir edilebilirlik yüzdesi

		TAMİR EDİLEBİLEN	TAMİR EDİLEMEYEN	TOTAL
GRUP K	SAYI	9	6	15
	Grup içindeki yüzdesi	%60	%40	%100
	Tamir edilenler arasındaki yüzdesi	%27,27	%22,22	%25
	Toplam içindeki yüzdesi	%15	%10	%25
GRUP A	Sayı	9	6	15
	Grup içindeki yüzdesi	%60	%40	%100
	Tamir edilenler arasındaki yüzdesi	%27,27	%22,22	%25
	Toplam içindeki yüzdesi	%15	%10	%25
GRUP HF	Sayı	8	7	15
	Grup içindeki yüzdesi	%53,33	%46,67	%100
	Tamir edilenler arasındaki yüzdesi	%24,24	%25,92	%25
	Toplam içindeki yüzdesi	%13,33	%11,7	%25
GRUP E	Sayı	7	8	15
	Grup içindeki yüzdesi	%46,67	%53,33	%100
	Tamir edilenler arasındaki yüzdesi	%21,21	%29,63	%25
	Toplam içindeki yüzdesi	%11,7	%13,33	%25
TOPLAM	Sayı	33	27	60
	Grup içindeki yüzdesi	%55	%45	%100
	Tamir edilenler arasındaki yüzdesi	%100	%100	%25
	Toplam içindeki yüzdesi	%100	%100	%25

Grup NF içerisindeki örnekler incelendiğinde ise dişlerin %43,33'ünde tamir edilebilir kırıklar meydana gelmişken %56,67'sinde oluşan kırıklar tamir edilemeyecek kırık sınıfında yer almaktadır. Tamir edilebilen kırıkların en yüksek olduğu grup ise %46,67 oranıyla Grup K ve Grup A olarak öne çıkmaktadır (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7. Ferrulesiz örneklerin kırılma sonrası tamir edilebilirlik yüzdesi

		TAMİR EDİLEBİLEN	TAMİR EDİLEMİYEN	TOTAL
GRUP K	SAYI	7	8	15
	GRUP İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%46,67	%53,33	%100
	TAMİR EDİLENLER ARASINDAKİ YÜZDESİ	%26,92	%23,52	%25
	TOPLAM İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%11,67	%13,33	%25
GRUP HF	SAYI	6	9	15
	GRUP İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%40	%60	%100
	TAMİR EDİLENLER ARASINDAKİ YÜZDESİ	%23,07	%26,47	%25
	TOPLAM İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%10	%15	%25
GRUP A	SAYI	7	8	15
	GRUP İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%46,67	%53,33	%100
	TAMİR EDİLENLER ARASINDAKİ YÜZDESİ	%26,92	%23,52	%25
	TOPLAM İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%11,67	%13,33	%25
GRUP E	SAYI	6	9	15
	GRUP İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%40	%60	%100
	TAMİR EDİLENLER ARASINDAKİ YÜZDESİ	%23,07	%24,47	%25
	TOPLAM İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%10	%15	%25
TOPLAM	SAYI	26	34	60
	GRUP İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%43,33	%56,67	%100
	TAMİR EDİLENLER ARASINDAKİ YÜZDESİ	%100	%100	%25
	TOPLAM İÇİNDEKİ YÜZDESİ	%100	%100	%25

Gruplar arasında kırıkların tamir edilebilirliği yönünden istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

5. TARTIŞMA

Çalışmanın sonuçları çerçevesinde farklı yüzey işlemleri FGK postların kırılma dayanımını farklı oranlarda etkilemiş ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar elde edilmiştir. Ayrıca 2 mm ferrule uygulanan ile ferrule uygulanmayan gruplar arasında FGK postların kırılma dayanımları arasında da anlamlı fark bulunmuştur. Bundan dolayı FGK postların koronal yüzeylerine uygulanan farklı yüzey işlemleri ve 2 mm ferrule varlığının postların dayanıklılığını etkileyemeyeceği yönündeki hipotez, bu çalışma sonuçları ile reddedilmiştir.

Endodontik tedavinin başlangıç aşamasından son aşamasına kadar birçok etken, tedavinin başarılı olmasında rol oynamaktadır. Kök kanalının şekillendirilmesi, kemomekanik irrigasyon, sızdırmaz bir kök kanal dolumu elde edilmesi gibi endodontik tedavinin birçok aşaması dişin uzun yıllar fonksiyon görebilmesi için dikkat ve özenle yapılmalıdır. Klinik başarı için endodontik tedavinin aşamaları kadar endodontik tedavi sonrası restorasyon uygulamaları da büyük önem taşımaktadır (Yıkılğan ve Bala, 2013). Endodontik tedavili dişler; genellikle önceden yapılmış restorasyonlar, travma ve çürük gibi etkenler sebebiyle madde kayıplarına uğramakta ve bu durum dişlerin restorasyonunda güçlüğüne sebep olmaktadır (Scotti ve ark., 2016).

Son dönem çalışmalar incelendiğinde, kanal tedavisi yapılmış dişlerin başarısızlığı ile çeşitli faktörler ilişkilendirilmiştir. Birçok çalışmada periapikal lezyonun varlığı ve durumu, endodontik tedavinin kalitesi ve dişin restore edilebilirliği gibi operasyon öncesi durum, operasyonel sebepler ve postoperatif faktörlerlere yoğunlaşmıştır (Sjögren ve ark., 1990; Chugal ve ark., 2001; Ng ve ark., 2010; Olcay ve ark., 2018). Diğer taraftan dişlerin restoratif faktörlerinin de endodonti tedavisinin başarısına etkileri araştırılmıştır. Weine ve arkadaşları (Weine, 2003), endodontik tedavili dişin kök kanal tedavisindeki başarısızlıktan çok uygunsuz restorasyon veya ikincil çürükler nedeniyle kaybedildiğini öne sürmüştür. Vire ve arkadaşları (Vire, 1991) yaptıkları çalışmalarında endodontik tedavi görmüş dişlerin çekim nedenlerini incelemiş ve en yaygın nedenin %59,4'lik bir oranla protetik nedenler olduğunu bildirmiştir. Fuss ve arkadaşları da (Fuss ve ark., 1999) yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmiş ve endodontik tedavisi yapılmış dişlerin, %43,5'inin restoratif nedenlerle kaybedildiğini bildirmiştir. Chen ve arkadaşları (Chen ve ark., 2008)

araştırmasında ise kanal tedavisi yapılmış dişlerin en sık çekim nedeninin %46,4'lük bir oranla restore edilemeyen çürükler olduğunu bildirmiştir. Aynı şekilde Zadik'in (Zadik ve ark., 2008) araştırmasında; endodontik tedavili dişlerin, restore edilemeyen çürük nedeniyle çekim oranının %61,4 olduğu gösterilmiştir. Toure de benzer sonuçları kendi çalışmasında bulmuştur (Touré ve ark., 2011). Başka bir araştırmacı Tzimpoulas'ın (Tzimpoulas ve ark., 2012) çalışmasında da en sık sebebin %37,1'lik bir oranla tedavi edilemeyen çürük olduğu bildirilmiştir. Ray ve Trope (Ray ve Trope, 1995), 1010 adet kanal tedavisi yapılmış dişi inceledikleri çalışmalarında ise apikal periodontal sağlık için, koronal restorasyonun kalitesinin, endodontik tedavinin kalitesinden daha önemli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Çürük, diş kırığı veya önceki büyük restorasyonlardan dolayı endodontik tedavi görmüş dişlerin koronal diş dokusunun çoğunlukla zayıf olduğu, Chuang ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada belirtmişlerdir (Chuang ve ark., 2010). Bu durumdaki bir dişin tedavisi için dentin duvarlarının miktarı ve yeri (Ng ve ark., 2006), post sistemi, post simantasyonun şekli ve kullanılan ajanlar (Santos-Filho ve ark., 2008), ferrule varlığı (Da Silva ve ark., 2010; Juloski ve ark., 2012) ve nihai restorasyon (Tang ve ark., 2010; Naumann ve ark., 2012) gibi çeşitli faktörler mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Başta vertikal kök kırıkları (Lertchirakarn ve ark., 2003) olmak üzere, hatalı restoratif uygulamalar dişin kaybedilmesiyle sonuçlanabilecek başarısızlıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle, koronal restorasyonun başarılı bir şekilde yapılabilmesi için hem tutuculuk hem de destek görevinde bir kor yapıya gerek duyulmaktadır. Kanal tedavili dişlerin yapısından gelen bazı zayıflıklar nedeniyle yapılacak restoratif tedavinin, dişlerin yapısal bütünlüğünü korumaya yardımcı olması ve restorasyon için gerekli estetik ve fonksiyonel görevleri de yerine getirmesi beklenmektedir (Fernandes ve Dessai, 2001). Bazı yazarlar post tedavilerinin kalan diş dokusuna destek olması amacıyla uygulanması gerektiğini savunmuşlardır. Bu düşüncenin altında, postların dişe gelen kuvvetlerin daha iyi dağıtılmasını sağlayarak dişlerin kırılma direncini arttıracığı düşüncesi bulunmaktadır (Ferrari ve ark., 2007; Crysanticagidiaco ve ark., 2008). Post-kor sistemlerinin temel amacı; köke yerleştirilen post ve kayıp koronal yapıyı tekrar oluşturmak için hazırlanan kor yapı ile dişe dayanıklılık ve tutuculuk kazandırmaktır (Alaçam ve ark., 1998).

Post-kor restorasyonlar ile ilgili yapılan in-vitro çalışmalarda genellikle çekilmiş insan dişleri kullanılmıştır (Nergiz ve ark., 1997; Nergiz ve ark., 2002; Newman ve ark., 2003). Türkiye’de Ok ve arkadaşları yaptıkları çalışmada birinci premolar dişlerin %93,5; ikinci premolarların ise %98,5 oranında tek kanallı olduğunu belirtmişlerdir (Ok ve ark., 2014). Bu in-vitro çalışmada da test örneklerinin hazırlanması için çekilmiş insan alt çene küçük azı dişleri genellikle tek köklü ve kolay bulunabilir oldukları için tercih edilmişlerdir (Yu ve ark., 2012). Çekilmiş insan dişlerinin kullanımıyla ilgili karşılaşılan en büyük problem, boyut ve mekanik özelliklerdeki çeşitliliktir (Bergman ve ark., 1989; Morgano ve Milot, 1993). Dentinin yapısal farklılıkları, değişken su içerikleri, çekim öncesindeki pulpa durumu ve hastanın yaşı bu çeşitliliğe sebep olmaktadır. Yapılan testlerin sonuçlarını etkileyebilen bu çeşitlilik sebebiyle, bazı araştırmacılar doğal dişler yerine yapay kökler kullanmayı tercih etmişlerdir (Milot ve Stein, 1992). Yapay dişler, aynı materyalle standart bir boyutta oluşturulabilse de, doğal dişlerin elastiklik modülü ve bağlantı özelliklerini taklit etmeleri mümkün değildir (Toksavul ve ark., 2005). Strub ve arkadaşları doğal dişler kullanıldığında, yapay dişler için tespit edilenden daha yüksek kırılma dirençleri elde edildiğini bildirmişlerdir (Strub ve ark., 2001). İn-vitro çalışmalarda kullanılan, çekilmiş insan diş boyutlarında standardizasyon bağlantı dayanımı açısından önemli bir değişkendir (Sirimai ve ark., 1999).

Ash ve Nelson’un yaptıkları çalışmada; alt premolar dişlerin kök boyunun ortalama 14 mm olduğu belirtilmiştir (Ash ve Stanley, 2003). Bu çalışmada birbirine yakın boyutta alt premolar dişler seçilmiş, bütün dişler kök boyları 14 mm olacak şekilde mine-sement sınırından kesilerek ayrılmıştır. Köklerin mezio-distal boyutları ve bukkal-lingual boyutları ölçülerek kaydedilmiş, aralarında istatistiksel fark olmayacak şekilde gruplar oluşturulmuştur. Bu şekilde dişlerin boylarından kaynaklanabilecek etki mümkün olduğunca ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.

Literatürde in-vitro çalışmalarda kullanılan dişlerin dezenfeksiyon ve saklanma koşullarının sonuçları etkileyebileceği düşünülerek, araştırmacılar tarafından birbirinden farklı yöntemler kullanılmıştır. Wu ve Wesselink (Wu ve Wesselink, 1993), çekilen insan dişlerini %2’lik NaOCl ile temizledikten sonra yıkayıp, çalışmanın başlangıcına kadar %4’lük formaldehit solüsyonunda bekletmişler, Miletić ve arkadaşları (Miletić ve ark., 1999) ise çekilen dişleri temizledikten sonra serum fizyolojik solüsyonunda saklamışlardır. Pommel ve arkadaşları (Pommel ve

ark., 2003), dişler çekildikten sonra 4°C’ de %0,5’lik kloramin solüsyonunda saklarken, De Almedia ve arkadaşları %1’lik NaOCl’de bekletmişler (De Almeida ve ark., 2000), Çökük ve arkadaşları çekilmiş dişleri işlem öncesi %0,02’lik timol solüsyonunda bekletmeyi tercih etmişlerdir (Çökük ve ark., 2016). Zmener ve arkadaşları (Zmener ve ark., 1997) dişler birikene kadar %10’luk formalin solüsyonunda tutmuş, preparasyona başlamadan önce 48 saat %5’lik NaOCl’de bekletip yumuşak eklentileri diş yüzeyinden temizlemişlerdir. Lee ve arkadaşları, 170 sıgır kesici dişini rastgele gruplara ayırıp sırasıyla distile su, %0,9 NaCl, %0,5 kloramin-T, %5,25 NaOCl, %2 glutraldehit, %10 formalin içerisinde 37 °C’de 60 gün bekleterek kompozit ile bağlantısını incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre; NaOCl’de bekletmek bağlanmayı önemli ölçüde düşürürken, sadece formalinde bekletmenin bağlanma üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir olmamıştır (Lee ve ark, 2007). Tosun ve arkadaşları 60 çürüksüz insan dişini 3 gruba ayırıp %0,1 timol, %10 formalin ve distile suda bekleterek kompozit ile olan mikro kesme bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. Timol grubu, diğer distile su grubuna göre daha düşük bağlanma dayanımı gösterirken, formalin grubu ile distile su grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmamıştır (Tosun ve ark., 2007). Bu araştırmada ise çalışma başlayana kadar tüm dişler %10’luk formalin solüsyonunda tutulmuştur.

Heydecke ve arkadaşları (Heydecke ve ark., 2002), endodontik tedavili dişler için uygun restorasyon seçiminde estetik ve dayanıklılığın belirleyici kriter olduğunu bildirmişlerdir. Günümüzde hastaların estetik beklentilerini karşılamak, için aşırı madde kaybına uğramış dişlerde döküm ve metal postların yerine, fiber postlar tercih edilmektedir. FGK postların rezin siman ve kompozit kor ile kimyasal bağlantı oluşturmamasından dolayı konservatif bir kanal preparasyonu yapılabilmektedir (Piwowarczyk ve ark., 2004). FGK postlar, dentine daha yakın fiziksel özelliklere sahiptir ve bu sayede fonksiyonel yükler karşısında diş dokularına daha az zarar verirler (Alonso de la Peña ve ark., 2016). FGK postların rezin simanlarla kimsayal benzerlik gösterdiği ve bu nedenle başarılı kimyasal bağlar kurarak bağlantı dayanımını ve mikrosızıntı riskini azalttığı kabul edilmiştir (Radovic ve ark., 2008). Bu çalışmada da post tercihi FGK posttan yana kullanılmıştır.

Bazı araştırmacılara (Guzy ve Nicholls, 1979; Trope ve ark., 1985; Schwartz ve Robbins, 2004) göre, endodontik tedavi sonrası kök kanalını güçlendirmek için post

yerleştirilmesi gerekirken, bir kısım araştırmacıya göre ise, gerekli boşluğu hazırlama ve postu yerleştirme sırasında kökü zayıflatmakta hatta kök kırıklarına bile neden olmaktadır (Morgano, 1996; Heydecke ve ark., 2001). Post-kor sistemlerinin uygulandığı tedavilerde, restorasyonun uzun süreli başarısı için yeteri kadar sağlam diş yapısı bulunması, işlem esnasında diş dokusunun zayıflatılmaması, ferrule uygulanması ve post-kor'un iyi bağlantısı önemlidir (Fernandes ve Dessai, 2001; Schwartz ve Robbins, 2004; Dietschi ve ark., 2007; Dietschi ve ark., 2008; Baba ve ark., 2009; Goracci ve Ferrari, 2011) Son zamanlarda yapılan hem in-vitro hem de in-vivo çalışma sonuçlarını konu alan bir derlemede (Skupien ve ark., 2016), ferrule varlığının endodontik tedavili dişlerin kırılma direncinin, ferrulesiz kanal tedavili dişlere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede farklı olduğu bildirilmiştir ($p = 0.03$). Bu çalışmada kalan kök yapısı üzerinde ferrule oluşturulan gruplarda dişlerin kron kısımları mine-sement sınırının 2 mm koronalinde konumlandırılmıştır. Aynı yöntem başka araştırmacıların çalışmalarında da kullanılmıştır (Al-Hazaimeh ve Gutteridge, 2001; Zhi-Yue ve Yu-Xing, 2003; Pereira ve ark., 2006; Juloski ve ark., 2012). Ayrıca, postun kök kanalı içindeki derinliği mine-sement sınırından itibaren 8 mm olarak sabitlenerek postun kök kanalı içindeki uzunluğunun, kök uzunluğunun 2/3'ü ile sınırlandırılması ve apikalde 4 mm kanal dolgusunun bırakılması belirlenirken önceki çalışmalarda da belirtilen esaslar dikkate alınmıştır (Hu ve ark., 2003). Diş kökünün kemik içerisindeki klinik durumunu modellemek amacıyla, kökler mine-sement sınırının 2 mm altında akrilik bloklara gömülmüştür (Al-Hazaimeh ve Gutteridge, 2001; Al-Wahadni ve Gutteridge, 2002; Stankiewicz ve Wilson, 2008).

Bu çalışmada, kök kanalların şekillendirilmesi için döner alet ve Ni-Ti eğelerle eğeleme yapılmıştır ve her eğelemeden sonra 2 ml %5,25'lik NaOCl kullanılmıştır. Preparasyon tamamlandıktan sonra, 5 ml %17'lik EDTA, final irrigasyon solüsyonu olarak kullanılır. Daha sonra kanallar EDTA ve NaOCl solüsyonlarının uzun süreli etkilerini ortadan kaldırmak için 10 ml distile su ile irrig edilmiştir (Caneppele de Souza ve ark., 2012; Collares ve ark., 2016). Literatürde yer alan çalışmalarda, kanal tedavisi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonlarının, kanal içi debrislerin ve kanal dolgu maddelerinin de ilgili dişin dentin yüzey morfolojisini etkileyerek yapısal ve fiziksel özelliklerinde değişime neden oldukları rapor edilmiştir (Carrieri ve ark., 2007; Mount ve ark., 2016; Peroba Rezende Ramos ve ark., 2020). Irrigasyon

solüsyonlarından non-spesifik proteolitik bir ajan olan NaOCI'in magnezyum ve karbonat iyonları gibi organik materyalleri uzaklaştırmada etkinliği olduğu açıklanmıştır (Pascon ve ark., 2009; Suer ve ark., 2020). NaOCI'in dentinin organik içeriğine olan bu etkisinin dentinin mekanik özelliklerini de etkilediği bildirilmiştir (Barón ve ark., 2013). Neelakantan ve arkadaşları (Neelakantan ve ark., 2011) yaptıkları çalışmada, epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patının kök dentinine olan bağlantısının NaOCI kullanımı ile azaldığını bildirmişlerdir. Bunun nedeninin, NaOCI'in sodyum klorür ve oksijene ayrışması ve bu oksijenin bir taraftan metakrilat rezinlerin yüzeyler arası polimerizasyonunu inhibe etmesi, diğer taraftan da oksijen baloncuklarının rezin-dentin arasında kalarak, rezinin tübüllere infiltrasyonunu engellemesi olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışmalarında epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patı varlığında, final irrigasyonu olarak, dekalsifiye edici ajanların kullanımında ise bağlanma dayanımının arttığını bildirmişlerdir. Bu görüş doğrultusunda bu çalışmada da kök kanal preparasyonu sırasında final irrigasyonu olarak %17'lik EDTA solüsyonu kullanılmıştır. Kök kanal dolgusunun sökölüp, ardından post boşluğu hazırlanması sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonlarının da dentinin yapısını değiştirerek ya da rezin polimerizasyonuna engel olarak, yapıştırma simanlarının adezyonunu negatif yönde etkilediğini gösteren çalışmalar (Ari ve ark., 2003, Gu ve ark., 2009) bulunmaktadır. Bununla beraber 2021 yılında Kaki ve arkadaşlarının, irrigasyon solüsyonlarının fiber postların bağlanma dayanımına olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında, %17'lik EDTA %2'lik KHX yalnızca EDTA-distile su ve yalnızca KHX-distile su ile irrigasyondan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı olduğunu ortaya koymuşlardır (Kaki ve ark., 2021). Bu çalışmada da irrigasyon solüsyonlarının bu etkileri göz önünde bulundurularak post boşluğunun hazırlanması sırasında irrigasyon solüsyonu olarak %17 EDTA-%2 KHX kullanımı tercih edilmiştir.

Literatürde ideal post çapı hakkındaki ortak görüş ise, gereğinden büyük post yerleştirmenin kök kanalının fazla genişletilmesine ve kök kırıklarına sebep olabileceği yönündedir (Fernandes ve ark., 2003). Asmussen ve arkadaşları yaptıkları bir araştırmada, post çaplarının fazla artmasıyla dayanıklılığın azaldığını ortaya koymuşlardır (Asmussen ve ark., 1999). Bu çalışmada da üretici firma tarafından

mandibular premolar dişler için kullanımı tavsiye edilen 1,2 mm çapındaki postlar tercih edilmiştir.

FGK post sistemlerinde adeziv başarısızlığın en sık nedeni rezin siman ile dentin arayüzünde meydana gelen çözünmedir (Ferrari ve Vichi, 2000; Monaco ve ark., 2003; Choi ve ark., 2010). Bu nedenle literatürde FGK post ile dentin yüzeyi arasında adezyonu değerlendiren birçok çalışma bildirilmiştir (Belwalkar ve ark., 2016; Mirseifinejad ve ark., 2017; Carvalho ve Yamauti, 2020). Bunlara ilaveten araştırmacılar FGK postların kompozit kor ile olan bağlanma direncinin de restorasyonların başarısını etkilediğini ifade etmişlerdir (Castellucci ve Becciani, 2004; Schwartz ve Robbins, 2004; Goracci ve ark., 2005).

FGK postların, uzunluğu, şekli, çapı gibi özelliklerin yanı sıra yüzeylerine uygulanan yüzey işlemleri de bağlanma direncini etkilemektedir (Stockton, 1999; Nergiz ve ark., 2002; Stankiewicz ve Wilson, 2002; Liu ve ark., 2014; Mirseifinejad ve ark., 2017). Birçok çalışmada farklı yüzey işlemlerinin FGK postların rezin siman ile bağlanmasına etkisi değerlendirilmiş ve çelişkili sonuçlar rapor edilmiştir (Mirseifinejad ve ark., 2017; Carvalho ve Yamauti, 2020). Bu çerçevede FGK post yüzeyine HF asit (Kırmalı ve ark., 2017; Aksornmuang ve ark., 2017; Gomes ve ark., 2017), lazer ile pürüzlendirme (Hashemikamangar ve ark., 2018; Kırmalı ve Akçakuş Battal, 2020), kumlama (Sipahi ve ark., 2014; Akın ark., 2014; Maroulakos ve ark., 2018) ve bunların kombinasyonu şeklinde çeşitli mekanik yüzey işlemleri uygulanmıştır. Ayrıca araştırmacılar, çeşitli silan uygulamaları ile gerek kimyasal gerekse mekanik bağlantıyı beraber değerlendirmişler ve silan uygulanan fiber postların kor bağlanma dayanımının kontrol grubuyla istatistiksel olarak farkları olmadığını bulmuşlardır (Yenisey ve Külünk, 2008; El-Saka, 2013).

Yapılan çalışmalarda kanal içine yerleştirilen postların dentin yüzeyine bağlantısını etkileyen bir başka faktörün de kullanılan kök kanal dolgu patlarının kimyasal yapıları olduğu bildirilmiştir (Bayındır ve ark., 2003; Kishen ve ark., 2004; Hill ve Lott, 2011). Bu çalışmalarda, kök kanal dolgu patlarının içeriğinde bulunan öjenolun, postların yapıştırılmasında kullanılan rezin bazlı yapıştırma simanlarının polimerizasyonunu engelleyerek, postların dentine olan bağlantısında bozulmalar meydana getirdiği gösterilmiştir. Çalışmamızda bu nedenle kök kanal dolgu patı olarak rezin esaslı bir pat olan AH plus tercih edilmiştir. Dişin servikalinden apikale

doğru gidildikçe dentin tübüllerinin yoğunluğu azalmaktadır. Apikal bölgede mm² 'ye düşen tübül sayısının azalmasıyla daha az rezin girintilerinin olduğu SEM çalışmalarıyla da gösterilmiştir (Foxton ve ark., 2005; Akgungor ve Akkayan, 2006). Bu nedenle, dişin koronal dentini ile kök dentini arasındaki ve kökün üç farklı bölümü arasındaki morfolojik değişiklikler göz önüne alınarak postların simantasyonu için en uygun bağlantı sistemi tercih edilmelidir. Fiber postlar için asit, primer ve bonding ajanının ayrı ayrı uygulanmasını gerektiren üç aşamalı dentin bağlayıcı sistemlerinin kullanımı tavsiye edilmiştir (Foxton ve ark., 2005; Akgungor ve Akkayan, 2006). Ancak fiber post -rezin siman veya rezin siman- dentin arayüz bağlantı mekanizmalarını basitleştirmek son zamanlarda daha çok tercih edilen amaç olmuştur. Tek şişe bonding sistemlerinin hedefi ise primer ve adeziv rezin komponentlerini bir şişede birleştirmektir ve amacı fiber postların dentine bağlantısını arttırmaktır. En uygun hibrit tabakasını oluşturmak ve böylelikle dentin bağlanma dayanıklılığını artırmak için tek şişe primer/ adeziv sistemlerin ıslak bağlantı tekniği ile kullanılmaları gerekmektedir. Bununla birlikte dentin yüzeyinde kalan nemin miktarını belirlemek zordur ve bu faktör bağlanma dayanıklılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Post boşluğu tam olarak izlenemediği, özellikle yan kanallarda ve eğimli köklerde nemin kontrolü daha zor olduğu için de bağlantı problemleri oluşmaktadır. Nemli uygulama tekniği ile ilgili problemleri elimine etmek için endodontik postların simantasyonunda self-etching (kendinden asitli) primerler ile birlikte hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olan rezin siman uygulaması tavsiye edilmektedir (Foxton ve ark., 2005; Akgungor ve Akkayan, 2006). Ayrıca, yapılan çalışmalarda II. Jenerasyon LED ışık kaynağı ile elde edilen polimerizasyon derinliğinin ve bağlanma dayanıklılığı değerinin diğer ışık kaynaklarına göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Uhl ve ark., 2004; Jandt ve Mills, 2013). Bu nedenle, simantasyon tekniğine bağlı başarısızlık ihtimalini azaltmak için çalışmamızda self-etch primer ile hem ışıkla hem de kimyasal olarak polimerize olan rezin siman Rely X U200 (3M ESPE Dental Products, St Paul, MN, ABD) ve bir II. Jenerasyon LED ışık kaynağı tercih edilmiştir.

Dişler, alveol soket içinde kemiğe periodontal ligamentlerle bağlanırlar. Bu ligamentler, gelen kuvvetlerin kemiğe dağıtılarak iletilmesini sağlar. İn-vivo koşulları taklit etmek amacıyla örnek dişlerin kök yüzeyi etrafında silikon ölçü materyali ile yapay periodontal ligament oluşturulmuştur (Toksavul ve ark., 2005).

Yapılan bu yapay ligament, dişlerin akrilik bloklarla direkt temasını önlemektedir (Ottl ve ark., 2002). Böylece, kırma testi sırasında rijit akrilik bloğun kökü sımsıkı sararak desteklemesi ve sonuçlara etki etmesi önlenir. Bu planda örnek dişlerin gömülü olduğu akrilik bloklar ise alveoler soketi temsil etmektedir (Heydecke ve ark., 2002; Ottl ve ark., 2002). Post-kor çalışmalarında periodontal membran uygulanan (Martinez-Insua ve ark., 1998; Heydecke ve ark., 2001; Heydecke ve ark., 2002) ve uygulanmayan (Libman ve Nicholls, 1995; Pontius ve ark., 2002; Hu ve ark., 2003) araştırmalar mevcuttur. Doğal ortamı taklit etmesi, hem de uygulanan kuvvetler sırasında köklerin doğrudan akrilik kaide ile karşılaşmasının engellenmesi amacıyla bu çalışmada silikon materyali uygulanmıştır.

Normal şartlarda ağız ortamında, restorasyonlar hem mekanik hem kimyasal olaylara maruz kalır; nem ve sıcaklık değişimi ara yüzlerde deformasyonları ve internal stresleri tetikler (Keul ve ark., 2013; Vidotti ve ark., 2013; Madrigal ve ark., 2020). İn-vitro çalışmalarda ise in-vivo koşulları yakalamak adına sıcaklık değişimlerinin çeşitli materyaller arasındaki bağlanmaya etkisini incelemeye termal siklus yaygın olarak kullanılmaktadır (Keul ve ark., 2013; Vidotti ve ark., 2013; Madrigal ve ark., 2020). Ayrıca su varlığı restorasyonun dayanımını ve kırığın tipini kimyasal olarak etkileyebilmektedir (Vidotti ve ark., 2013). Termal siklusun uygulandığı çalışmalarda genellikle 5-55°C sıcaklıklar kullanılmaktadır (Guess ve ark., 2008; Guarda ve ark., 2013; Sadighpour ve ark., 2014; Ehlers ve ark., 2015; Hallmann ve ark., 2016). Keul ve arkadaşları (Keul ve ark., 2013) yaptıkları çalışmada zirkonya ile rezin siman arasındaki bağlanma dayanımına termal siklusun etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 1500, 3500, 6000, 24000 ve 37500 termal siklusun karşılığı olacak şekilde 1, 4, 9, 16 ve 25 gün suda bekletilmiştir; suda bekletmenin termal siklus uygulamasına kıyasla etkisiz bir yöntem olduğu iddia edilmiştir. Blatz ve arkadaşları (Blatz ve ark., 2004) termal siklusun rezin siman ile zirkonya arasındaki makaslama bağlanma dayanımı etkisini araştırdıkları çalışmada, tüm örneklerle 12000 termal döngü uygulamışlardır. Sadighpour ve arkadaşları (Sadighpour ve ark., 2014) zirkonya kronların farklı simanlarla bağlanma dayanımının etkisini araştırdıkları çalışmada, tüm örneklerle 3000 termal döngü uygulanmıştır. Kırmalı ve arkadaşları (Kırmalı ve ark., 2013) zirkonya ile üstyapı seramiği arasındaki makaslama bağlanma dayanımına çeşitli yüzey işlemlerinin etkisini inceledikleri çalışmalarında tüm örneklerle 5000 termal döngü uygulanmıştır.

Diğer taraftan post-kor restorasyonlarındaki başarısızlıkların klinik olarak hasta ağzında uzun dönem fonksiyonda kaldıktan ve tekrarlayan yüklemeler sonucunda meydana geldiği bildirilmektedir. Bu nedenle statik baskı kuvvetlerinin yerine düzenli aralıklarla tekrarlayan yükleme ve yorgunluk testlerinin de kullanılmaları önerilmektedir (Hsu ve ark., 2002; Irmak ve ark., 2018). Bu çalışmada yorgunluk testlerinin kullanılmaması çalışmanın limitasyonlarından olmakla beraber örneklerin ağız ortamındaki durumunu taklit etmek amacıyla 5000 termal siklus uygulaması yapılmıştır.

Kırılma dayanım testlerinin yapıldığı bazı çalışmalarda kor ve ferrule yapısını saran kron restorasyonları (Bittner ve ark., 2010) uygulanırken bazı çalışmalarda kuvvet doğrudan post (Wandscher ve ark., 2015) veya kor materyaline (Bilgin ve ark., 2016) uygulanmıştır. Kor yapısı oluşturulmaksızın kanal boşluklarına uyguladıkları fiber posttan destek alan direkt kompozit kronlar üzerinde çalışma yapan araştırmacılar da mevcuttur (Büttel ve ark., 2009). Pilo ve arkadaşları (Pilo ve ark., 2002) tarafından yapılan bir çalışmada, post-kor restorasyonlara kron uygulanması durumunda, gelen kuvvetlerin post ve kök üzerindeki dağılımının etkileyeceği bildirilmiştir. Barkhordar ve arkadaşları (Barkhordar ve ark., 1989) kron restorasyonların yapılmasıyla sağlıklı dentin çevresinde ferrule etkisinin görüldüğünü rapor etmişlerdir. Cormier ve arkadaşları (Cormier ve ark., 2001) yaptıkları çalışmada zirkonyum oksit, cam fiber ve 4 farklı materyalden oluşan postların, kırılma dayanımlarını üç farklı şekilde test etmişlerdir. Zirkonyum oksit post için, dişe sadece post uygulanan grupta 101,5 N'luk ortalama değer alınırken, kor uygulanan grupta bu değer 179,7 N'a, kron kaplama yapılan grupta ise 238,8 N'a kadar artmıştır. Diğer post grupları için de benzer artışlar gözlenmiştir. Tüm bu çalışmalar göz önünde bulundurularak sonuçların klinik koşulları yansıtabilmesi amacıyla, bu çalışmada tüm örnekler tam kron formunda hazırlanarak üretilen zirkonya kronlar ile restore edilmişlerdir (Salameh ve ark., 2008; Lin ve ark., 2018).

Tey ve Lui cam fiber postların bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında; örnekleri universal test cihazında 135° açı ile test etmişlerdir (Tey ve Lui, 2014). Mandibular premolardaki prefabrik postların kırılma dayanımını inceledikleri çalışmalarında Kim ve arkadaşları örnekleri benzer şekilde universal test cihazında dişin uzun aksına 135° açı yapacak şekilde yerleştirmişlerdir (Kim ve ark., 2017). Sınıf I oklüzyonda, üst ve alt çenede kesici dişler arasındaki açının

yaklaşık olarak 135° olması ve benzer çalışmalarda da bu şekilde uygulanması nedeniyle bu çalışmada da deney örneklerinin kırılma dayanımı değerlerini belirlemek amacıyla, universal test cihazında, dişin uzun eksenine 135° açı ile ve 1 mm/dk hızla baskı kuvveti uygulanmıştır.

Birçok araştırmacı, farklı ferrule yüksekliği ve lokalizasyonunun, kanal tedavili dişlerin kırılma dayanıklılığına etkisini araştıran birçok çalışma yapmıştır (Rodrigues ve ark., 2017; John Mamoun, 2017; Kar ve ark., 2017; Pantaleón ve ark., 2018). Bu çalışmaların çoğunda araştırmacılar çevresel 2 mm ferrule varlığının devital dişlerin kırılma dayanıklılığını arttıran en etkin ferrule yüksekliği ve şekli olduğunu vurgulamışlardır (Libman ve Nicholls, 1995; Akkayan, 2004; Tan ve ark., 2005; Ng ve ark., 2006; Fokkinga ve ark., 2007; Magne ve ark., 2017; Santos Pantaleón ve ark., 2018). Tan ve arkadaşları (Tan ve ark., 2005) in-vitro olarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında 2 mm çevresel ferrule bulunan, 2 mm kısmi ferrule bulunan (2 mm bukkal ve lingual, 0,5 mm proksimal ferrule) ve ferrule bulunmayan kanal tedavili üst santral dişleri statik yüklemeye tabi tutarak kırılma dayanıklılığını karşılaştırmışlardır. Buna göre, 2 mm çevresel ferrule bulunan dişlerin kırılma dayanıklılığının, kısmi ferrule bulunan ve ferrule bulunmayan dişlere kıyasla daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Santos Pantaleon ve arkadaşları (Santos Pantaleón ve ark., 2018) da benzer bir in vitro çalışma gerçekleştirmişler ve endodontik tedavili 60 adet üst santral dişi, farklı ferrule yükseklik ve yerleşimine (ferrule yok, çevresel 2 mm ferrule, bir tane interproksimal kavite duvarı eksik olan 2 mm, 3 mm, 4 mm ve 6 mm'lik kısmi ferrule) göre gruplandırdıktan sonra kontrol grubu (6 mm'lik kısmi ferrule) dışındaki örnekleri döküm post-kor restorasyonu ile restore etmiş ve ardından termal siklus uygulanan tüm örnekleri kırma testine tabi tutmuşlardır. Buna göre en düşük kırılma dayanıklılığı interproksimal kavite duvarı eksik, kısmi 2 mm ferrulenin bulunduğu grupta gözlenirken, kırılmanın gerçekleştiği en yüksek yük değeri çevresel 2 mm ferrule varlığında olduğu bildirilmiştir. 2007 yılında gerçekleştirilen ve farklı metal post-kor sistemleriyle tedavi edilen kanal tedavili dişlerin 17 yıllık takip sonuçlarını gösteren (Guzy ve Nicholls, 1979; Trope ve ark., 1985; Schwartz ve Robbins, 2004), kontrollü klinik çalışma da (Fokkinga ve ark., 2007), 2mm ferrule varlığının dayanıklılığı arttırdığını ortaya koymuştur. Yapılan bu kontrollü klinik çalışmaya dahil edilen döküm metal post-kor, prefabrike metal post-kor ve kompozit rezinle restore edilen 304 adet diş çevresel 2 mm ferruleli ve

ferrulesiz iki gruba ayrıldıktan sonra incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda ise farklı kor yapılarına göre kanal tedavili dişlerin sağ kalımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken, kanal tedavili dişlerin uzun dönemde yüksek sağ kalım ile varlığını sürdürebilmesinde bu dişlerin yeterli ferrule miktarı (çevresel 2 mm) korunarak restore edilmesinin kritik bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Bu çalışmanın 2 ana grubundan ferrule uygulanmış fiber postların kor yapıya olan bağlanma dayanımlarının, ferrule uygulanmayanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yaptığımız in-vitro çalışmada, kırma testi sonucunda, ferrule yokluğunda restore edilen kanal tedavili dişlerin ortalama kırılma dayanımı 429 N iken, 2 mm ferrule varlığında bu değerin 696 N'a yükseldiği bulunmuştur. Yani 2 mm'lik çevresel ferrule varlığı, devital dişlerin kırılma dayanımını 1,5 kattan fazla arttırmaktadır. Bu çalışmanın sonucu; Santos ve arkadaşları (Santos Pantaleón ve ark., 2018) Mamoun (Mamoun, 2017), Ausiello ve arkadaşları (Ausiello ve ark., 2020) ve Stankiewicz ve arkadaşlarının (Stankiewicz ve Wilson, 2002; Stankiewicz ve Wilson, 2008) yaptığı çalışmaların sonuçları ile de örtüşmektedir. Bu sonuç aynı zamanda çalışmanın hipotezini tamamıyla desteklemektedir.

Araştırmacılar FGK post üzerine çeşitli yüzey işlemleri yaparak bağlanma dayanımına olan etkisini incelemişlerdir. Bu yüzey işlemleri arasından kumlama prosedürü fiber postun yüzeyini mekanik olarak aşındırıp pürüzlendirme yaparak rezin siman ile bağlantısını arttırmayı amaçlar (Monticelli ve ark., 2008). Sahafi ve arkadaşları, Al_2O_3 tanecikleri ile fiber post yüzeyinde yapılan kumlama yönteminin, rezin simanlar ve postlar arasındaki bağlanma dayanımını arttırmak için etkili bir işlem olduğunu ifade etmektedir (Sahafi ve ark., 2004). Bu çalışmayı destekler nitelikte sonuçlar elde eden diğer araştırmacılar da (Bitter ve ark., 2006; Choi ve ark., 2010; Liu, ve ark., 2014), kumlama işleminin fiber postun rezin simana olan bağlanmasını olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Mikromekanik yüzey işlemlerinin yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını böylelikle yüzey enerjisinin ve yüzey alanının arttığını, hatta rezin matriksin yüzey katmanını aşındırdığını ve bu şekilde kimyasal bağlantı için fiber lif demetlerinin etkileşime girdiğini rapor etmişlerdir (Matinlinna ve ark., 2004; Bitter ve ark., 2006). Al-Qahtania ve arkadaşları 1 mm çap ve 20 mm uzunluğundaki FGK postlara çeşitli yüzey işlemleri uygulayarak kompozit korla olan bağlanma dayanımını incelemişlerdir. Yaptıkları itme bağlanma dayanımı testinde 50 μm Al_2O_3 ile kum püskürtmeye maruz bırakılan örnekler için

bağlanma mukavemeti, %37 H₃PO₄ uygulanan, %40 H₂O₂ uygulanan ve hiçbir işlem yapılmayan kontrol gruplarına oranla önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (Al-Qahtania ve ark., 2018). Kurtulmuş Yılmaz ve arkadaşları quartz ve fiber postlar üzerinde 50µ Al₂O₃ kumlama ile rezin siman post itme bağlanma değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede artmış olduğunu belirtmişlerdir (Kurtulmuş-Yılmaz ve ark., 2014). Benzer şekilde Arslan ve arkadaşları da 50µ Al₂O₃ kumlama ile fiber postların rezin siman bağlanmasında istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu bulmuşlardır (Arslan ve ark., 2016). Mosharraf ve Yazdi 64 adet fiber post üzerine yaptıkları çeşitli yüzey işlemleri sonrası postların kor yapıya olan bağlantısını değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre; 50 µm Al₂O₃ ile kumlama, fiber post ve kompozit rezin kor arasındaki bağlanmayı arttırmış ancak bu grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir (p <0.001) (Mosharraf ve Yazdi, 2012). Bir başka çalışmada ise Sipahi ve arkadaşları da cam fiber postlar üzerine uygulanan kumlama işlemlerinin fiber post rezin siman bağlantısını arttırdığını, fakat aradaki bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermişlerdir (Sipahi ve ark., 2014).

Bunların aksine bazı araştırmacılar mikromekanik yüzey işlemlerinin fiber postların lif demetleri için agresif olduğunu, fiberin yapısına zarar vererek bozduğunu ve böylece rezin siman bağlanmasını olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir (Monticelli ve ark., 2008; Soares ve ark., 2008). Al₂O₃ ile yapılan kumlama ile fiber postlar yüzeyinde meydana gelen pürüzlülük ve plastik deformasyona bağlı olarak materyal hacminde bir miktar kayıp ve bu sebeple de yüzey alanında bir artış gerçekleşmektedir (Sahafi ve ark., 2003; Sahafi ve ark., 2004; Bitter ve ark., 2006). Bunun yanında Al₂O₃ taneciklerinin boyutuna ve uygulama süresine bağlı olarak fiberlerin de hasar görebileceği anlaşılmıştır (Magni ve ark., 2007). Üstelik Soares ve arkadaşları da kumlamanın (Soares ve ark., 2008) fiber postların mekanik özelliklerine olumlu bir etkisi olmadığını hatta fiberler üzerinde istenmeyen yüzey değişiklikleri oluşturarak rezin yüzeyine olan bağlanma dayanımını negatif yönde etkilediğini bildirmiştir. Tunçdemir ve arkadaşlarının (Tuncdemir ve ark., 2013) ve Magni ve arkadaşlarının (Magni ve ark., 2007) araştırılmalarında ise kumlamanın; FGK postlar ile rezin siman arasındaki bağlanma dayanımı üzerinde olumlu bir etkisi olmadığı görülmüştür. Hashemikamangar ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, fiber post yüzeyine uyguladıkları çeşitli yüzey işlemleri sonrası fiber post kompozit

kor arasındaki bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. 50 μ Al₂O₃ kumlama uygulanan grup ile hiçbir yüzey işlemi yapılmayan kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir fark bulunmamıştır (Hashemikamangar ve ark., 2018).

Kırmalı ve arkadaşları (Kırmalı ve ark., 2017; Kırmalı ve Akçakuş Battal, 2020) Tunçdemir ve arkadaşları (Tuncdemir ve ark., 2013), Arslan ve arkadaşları (Arslan ve ark., 2014), FGK post üzerine uygulanan kumlama işlemi sonrası rezin ile elde edilen bağlanma dayanımı değerlerinin azaldığını ifade etmişlerdir. Kum partiküllerinin fiber post lif demetlerinin üzerine zararlı etkileri olduğunu ve bunun da rezin simana olan bağlanmasını olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Prithviraj ve arkadaşları çalışmalarında kumlamanın, post şeklini önemli ölçüde değiştirdiği için fiber postlar için agresif bir ön işlem olarak kabul edileceğini bildirmişlerdir (Prithviraj ve ark., 2010). Bu çalışmanın sonucunda da Al₂O₃ kumlama uygulanan grubun kor bağlantısının kontrol grubuna göre azaldığı fakat bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Valandro ve arkadaşları Al₂O₃ parçacıklarının fiber üzerinde çatlaklara sebep olduğunu söylemişlerdir (Valandro ve ark., 2006). Hashemikamangar ve arkadaşları da tıpkı Yenisey ve arkadaşları gibi 10 mm mesafeden 5 saniye boyunca 2,8 bar basınçta Al₂O₃ parçacıklar ile FGK postlara kumlama işlemi yapmışlar ve aldıkları SEM görüntülerinde, fiber postların her tarafında rezin matrisin düzensiz ve çökmüş alanlara sahip olduğunu ortaya koymuşlardır (Yenisey ve Kulunk, 2008; Hashemikamangar ve ark., 2018). Magni ve arkadaşları ile Kırmalı ve arkadaşları fiber post yüzeyine 110 μ m; Tunçdemir ve arkadaşları ise 50 μ m Al₂O₃ kum parçacıkları uygulamışlar ve SEM incelemesinde fiber post yüzeyinde pürüzlü alanların arttığını görmüşlerdir (Magni ve ark. 2007, Tunçdemir ve ark. 2013, Kırmalı ve ark. 2017). Akın ve arkadaşları, 10 sn boyunca 110 μ m Al₂O₃ kumlama işlemi uyguladıkları quartz fiber postları SEM altında incelediklerinde; post liflerinde kopmalara rastladıklarını belirtmişlerdir (Akın ve ark. 2014). Sipahi ve arkadaşları da FGK post yüzeylerine 10 sn boyunca 110 μ m Al₂O₃ kumlama işlemi uygulamış ve SEM mikrograflarını incelediklerinde fiber liflerinin koptuğunu rapor etmişlerdir (Sipahi ve ark., 2014). Bu çalışmada da fibril demetlerinin koparak dağıldığı düzensiz alanlar gözlenmiştir.

Çeşitli araştırmalarda, fiber post üzerine HF asit, farklı konsantrasyon ve uygulama zamanlarının etkileri değerlendirilmiştir (Valandro ve ark., 2006; Güler ve ark., 2012; Kurt ve ark., 2012). Bazı araştırmacılar fiber post yüzeyine 60 sn boyunca %4 ve %5'lik HF asit tatbik etmiş ve fiber post rezin siman bağlanmasının arttığını bildirmişlerdir (Güler ve ark., 2012; Kurt ve ark., 2012; Sipahi ve ark., 2014). Bunların aksine çeşitli çalışma sonuçları %9,5'lik ve %9'luk konsantrasyonlarda HF asitin; FGK post yüzeyinde ve farklı uygulama zamanlarında çelişkili sonuçlar verdiğini bildirilmiştir (Schmage ve ark., 2009; Cekic-Nagas ve ark., 2011; Kurt ve ark., 2012). Vano ve arkadaşları çeşitli yüzey işlemleri uyguladıkları fiber postlar ile kompozit korun adezyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında hidrojen peroksit ve silanizasyonun birlikte uygulandığı gruptaki bağlanma dayanımını silanizasyon ile birlikte %4 HF asit uygulanan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sebebinin, HF asitin fiber postun cam bileşenini seçici olarak çözmesi ve post yüzeyinde düzensiz bir mikro boşluk modeli oluşturması olabileceği iddia edilmiştir (Vano ve ark., 2006).

Post yüzeyinde HF asitinin mekanik aşındırıcı etkisi sebebiyle rezin matris ve cam fiberlerin çözünmesi sonucu oluşan pürüzlü yüzey, rezin simanın daha iyi etki etmesine ve bağlanma dayanımının artmasına olanak sağlamaktadır. Etki mekanizması silikon dioksiti (SiO_2) bozmak suretiyle yüzey pürüzlülüğü oluşturmak olan (D'Arcangelo ve ark., 2007) HF asit kullanımının; bu amaca ulaşmasına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda ve uzun süreli uygulanmasında cam fiberlere zarar vererek; fiber postun yapısal bütünlüğünü bozarak değiştirebileceğini belirtilmektedir (Valandro ve ark., 2006). Ayrıca Vano ve arkadaşları (Vano ve ark., 2006) fiber postlara uygulanan HF asitin bağlanma dayanımını az da olsa iyileştirmesine rağmen; fiber yüzeylerinde küçük çatlaklar ve vertikal kırıklar meydana getirdiğini bildirmektedirler. HF asitin cam fiber yüzeylerine (SiO_2 bağlarına) etki ederek tetraflorosilan ve su oluşturduğu bildirilmektedir. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) incelemelerinde bu reaksiyon sonucunda cam fiber ile rezin matris ara yüzü boyunca bir çökelti olduğu görülmektedir (Naves ve ark., 2011).

HF asitin etkisinin; uygulama süresine ve yoğunluğuna bağlı olduğu; ayrıca uygulanacak postun yapısal özelliklerinden etkilendiği de düşünülmektedir (Monticelli ve ark., 2008). FGK post yüzeylerinin asitlenmesi için farklı

konsantrasyonlar ve asitleme süreleri önerilmektedir. 60-120 saniyelik asitleme süreleri için daha düşük %4-5'lik HF asit konsantrasyonları (Schmage ve ark., 2009; Naves ve ark., 2011; Güler ve ark., 2012) önerilse de normalde yüksek %9,6'lık HF asit konsantrasyonu ile 15-60 saniye arasında daha kısa asitleme süreleri kullanılmaktadır (D'Arcangelo ve ark., 2007; Samimi ve ark., 2014; Kırmalı ve ark., 2017). Aksornmuang ve arkadaşları (Aksornmuang ve ark., 2017) yaptıkları çalışmada farklı asitleme yöntemleri ve değişen asit yoğunluklarının fiber postların yüzey özelliklerine ve eğilme dayanımı üzerine etkisini incelemişlerdir. İncelemenin akabinde hem %4,5'lik hem de %9,6'lık HF asit ile asitleme yapmanın fiber postun türünden bağımsız olarak dayanıklılığını etkilemediği ayrıca HF asit yoğunluklarının ve asitleme zamanının fiber postun dayanıklılığının yanında elastiklik özellikleri üzerinde de önemli bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. HF asit ile yapılan yüzey işlemlerinin cam fiberlerin yapısına zarar verdiği ve postun bütünlüğünü bozduğu da tespit edilen bilgiler arasındadır (Vano ve ark., 2006; Naves ve ark., 2011).

Akın ve arkadaşları (Akin ve ark., 2014), Sipahi ve arkadaşları (Sipahi ve ark., 2014), Kırmalı ve arkadaşları (Kırmalı ve ark., 2017) rezin siman fiber post bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında %9,7'lik HF asit kullanmışlardır. Üç araştırmacı da fiber post yüzeyine 20 sn, %9,7'lik HF asit uygulamasının kontrol grubuna kıyasla bağlanma dayanımı değerlerini etkilemediğini, hatta azalttığını belirtmişlerdir. Kurtulmuş Yılmaz ve arkadaşları 120 sn %9 HF asit uyguladıkları post yüzeyinin kompozit kor ile bağlanma dayanımını araştırmışlardır. Quartz fiber post yüzeyine uygulanan HF asit gruplarında, kontrol grubuna kıyasla kompozit kor bağlanmasında istatistiksel olarak artış olduğunu, ancak cam fiber post gruplarında rezin siman bağlanma değerlerinde anlamlı derecede azalma olduğunu rapor etmişlerdir (Kurtulmuş-Yılmaz ve ark., 2014) Bu çalışmada da %9,5'lik HF asit (20 saniye) uygulanan bütün gruplarda fiber post; post kor bağlanma dayanımının azaldığı görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçları Kırmalı ve arkadaşları, (Kırmalı ve ark., 2017, Kırmalı ve Akçakuş Battal, 2020), Sipahi ve arkadaşları (Sipahi ve ark., 2014), Kurtulmuş Yılmaz ve arkadaşları (Kurtulmuş-Yılmaz ve ark., 2014) ve Akın ve arkadaşları (Akin ve ark., 2014) sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Valandro ve arkadaşları yaptıkları SEM incelemelerinde HF asit uygulamanın FGK postların içerisindeki cam fiber liflerine önemli ölçüde zarar verdiğini ve postun yapısını bozduğunu göstermişlerdir (Valandro ve ark., 2006). Addison ve Fleming yaptıkları çalışmada, HF asitin cam fazı üzerinde aşındırıcı etkisi olduğu sonucuna varmışlardır (Addison ve Fleming, 2004). Vano ve arkadaşları ise çalışmalarında, HF asit uygulanan FGK postlarda kompozit bağlanma mukavemetindeki iyileşmeye rağmen, fiber yüzeyinde mikro çatlaklardan; uzunlamasına kırılmalarına kadar değişen dikkate değer bir yüzey değişikliği belirlemişlerdir (Vano ve ark., 2006). Yapılan bu çalışmanın SEM bulgularında da fibril demetlerinde kırılmaların meydana geldiği ve zarar görmüş olduğu gözlenmiş olur yukarıdaki çalışmalar ile örtüşmektedir. Kırmalı ve arkadaşları yaptıkları çalışmada fiber üzerine HF asit uyguladıklarında post yüzeyinde, HF asitin cam faza koroziv etkisinden kaynaklanan zarar görmüş alanlar tespit etmişlerdir (Kırmalı ve ark. 2017). Aksornmuang ve arkadaşları birbirinden farklı süreler boyunca HF asiti FGK post yüzeyine uygulamışlar ve sonuçları SEM altında incelemişlerdir. % 9,6 HF asitin 15 sn ve 60 sn uygulamalarında belirgin bir değişiklik gözlenmezken 120 sn uygulandığında cam fibrillerin küçük parçalar halinde koptuğunu belirtmişlerdir (Aksornmuang ve ark. 2017). Yapılan bu çalışmanın SEM bulgularında da fibril demetlerinde kırılmaların meydana geldiği ve post yüzeyinin zarar görmüş olduğu gözlenmiş olup; yukarıdaki çalışmalar ile örtüşmektedir.

Son yıllarda lazer ile pürüzlendirme yönteminin daha güvenilir ve kullanımının kolay olduğunu aynı zamanda materyallerin bağlanma dayanımlarını arttırdığını savunan araştırmacılar bulunmaktadır (Akin ve ark., 2011; Akin ve Guney, 2012; Sipahi ve ark., 2014). Pürüzlendirme işlemi için en sık tercih edilen lazerler: Er:YAG, Nd:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerlerdir. Erbiyum lazerler grubunda bulunan Er,Cr:YSGG ve Er:YAG lazerler su içeren dokularda lazer enerjisinin su tarafından absorpsiyonu ile oluşan ablasyon mekanizması prensibiyle çalışmaktadır. Konu hakkında yapılan bazı çalışmalarda fiber post yüzey işlemi olarak Er:YAG lazere (2940 nm dalga boyu) benzer dalga boyuna sahip olan Er,Cr:YSGG lazer (2780 nm dalga boyu) tercih edilmiştir (Nagase ve ark., 2011; Mohammadi ve ark., 2013; Kurtulmus-Yilmaz ve ark., 2014).

Akın ve arkadaşları kumlama, silika kaplama, asit, Nd:YAG lazer ve Er:YAG (1,5 W, 10 Hz) lazer uyguladıkları quartz fiber postların rezin siman ile çekme bağlanma

dayanımlarını incelemişler ve Er:YAG lazer uygulanan gruplar ile kontrol grupları ile arasındaki farkı istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır (Akin ve ark., 2014). Benzer bir çalışmada da Sipahi ve arkadaşları cam fiber postlar üzerine Er: YAG lazer yüzey işlemi uygulamışlar, fiber post rezin siman çekme bağlanma dayanımı testi ve fiber post yüzey pürüzlülük değerlerini araştırmışlardır. Yüzey pürüzlülük ve çekme bağlanma dayanımı değerleri yönünden kontrol grubu ile Er: YAG lazer grupları arasındaki farkın, istatistiksel olarak anlamlı olduğunu rapor etmişlerdir (Sipahi ve ark., 2014).

Diğer bir araştırmada ise Arslan ve arkadaşları, farklı güç ayarlarında Er: YAG lazerin FGK postların, rezin siman ile çekme bağlanma dayanımını araştırmışlar, Er:YAG lazer gruplarını 1,5 W, 3 W ve 4,5 W, 10 Hz, 60 saniye olarak belirlemişler, kontrol grubu ile 4,5 W Er:YAG lazer uygulanan grup arasında çekme bağlanma dayanımında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kırılma tiplerini değerlendirdiklerinde en fazla koheziv kırılmanın bu grupta olduğunu ifade etmişlerdir. Bir diğer yandan 1,5 W Er: YAG lazer uygulanan gruplarda çekme bağlanma dayanımı değerlerinin, kontrol grubuna göre arttığı, fakat aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını söylemişlerdir (Arslan ve ark., 2014). Benzer şekilde başka bir çalışmalarında 150 mJ uygulanan Er: YAG lazer gruplarında fiber postların rezin siman ile itme bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını rapor etmişlerdir (Arslan ve ark., 2016). Arslan ve arkadaşları yaptıkları başka bir çalışmada ise 4,5 W gücünde Er, Cr;YSGG lazer ışınlamasının, cam elyaf postların kompozit kora bağlanma mukavemetini arttırmada kum püskürtmeye kıyasla daha etkili olduğunu bildirmiştir (Arslan ve ark., 2013).

Bu çalışmaların aksine, Kurt ve arkadaşları 3 farklı değerde Er:YAG lazer uyguladıkları cam fiber postların kor materyali ile arasındaki bağlanma değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonucu; Er:YAG lazerin cam fiberlerin yüzeyinde ısı oluşturarak yüzeye zarar verdiğini, bunun da bağlanma dayanımını etkilemesi şeklinde yorumlamışlardır (Kurt ve ark., 2012). Bir başka çalışmada ise Tunçdemir ve arkadaşları Er:YAG lazer (10 Hz, 150 mJ) uygulamasının quartz fiber post-rezin siman bağlanmasını etkilemediğini ifade etmişlerdir (Tuncdemir ve ark., 2013). Çalışmalarında R14 lazer ucu kullanmışlar ve lazeri yüzeye 60 saniye boyunca

uygulamışlardır. Oluşan kırılma tiplerinin ise çoğunlukla adeziv kopma şeklinde olduğunu bildirmişlerdir (Tuncdemir ve ark., 2013). Değerler arasındaki farklılığın nedeninin kullanılan farklı lazer parametreleri ve lazer ucunun çap ve uzunluğunun farkından olabileceği düşünülmüşlerdir. Hashemikamangar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 30 fiber postu 5 gruba ayırmış ve gruplara sırasıyla 1W, 1,5W, 2W Er,Cr:YSGG lazer ve 2,8 bar basınç altında 50 µ Al₂O₃ uygulamışlar; bir gruba ise hiçbir yüzey işlemi yapmamışlardır. Fiber postların kompozit kora bağlanma dayanımını değerlendikleri bu çalışmada araştırmacılar sadece 1 W Er,Cr:YSGG lazer uygulanan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirtmişlerdir (Hashemikamangar ve ark., 2018).

Ghavami-Lahiji ve arkadaşları 2 farklı fiber post türüne 1 W ve 1,5 W Er, Cr:YSGG lazer uygulayarak kompozit kora olan mikro itme bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. 1,5W Er,Cr:YSGG lazerin Exacto gruplarında mikro itme bağlanma dayanımını istatistiksel olarak azalttığını ($p < 0,05$) kontrol ve 1W Er,Cr:YSGG grupları arasında ise anlamlı bir fark olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. White post DC gruplarında ise farklı yüzey işlemleri arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemişlerdir ($p > 0,05$) (Ghavami-Lahiji ve ark., 2018).

Kurtulmuş Yılmaz ve arkadaşları, çalışmalarında hem quartz hem cam fiber post üzerine Er,Cr:YSGG lazeri 3 farklı parametrede (1-1,5-2 W) uygulamış ve postların kor yapısı ile olan itme bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. Her iki post çeşidinde de 1W ve 1,5W Er,Cr:YSGG uygulanan gruplarda itme bağlanma dayanımı kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış olsa da diğer yüzey işlemi yapılan gruplarla aralarında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. 2W Er,Cr:YSGG uygulanan postlarda ise çok düşük bir artış olduğunu ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir (Kurtulmuş-Yılmaz ve ark. 2014). Kırmalı ve arkadaşları (Kırmalı ve Akçakuş Battal, 2020) çeşitli yüzey işlemleri uyguladıkları cam fiber postların eğilme direncini değerlendirmişler; 1W ve 2W Er,Cr:YSGG uygulanan grup ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu çalışmanın sonuçları Kırmalı ve arkadaşları (Kırmalı ve Akçakuş Battal, 2020) ile Kurt ve arkadaşlarının (Kurt ve ark., 2018) Ghavami-Lahiji ve arkadaşlarının (Ghavami-Lahiji ve ark., 2018) çalışmaları ile örtüşmektedir.

Hashemikamangar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, 1,5 ve 2 W Er,Cr:YSGG lazer yüzey işlemi uygulanmış grupların SEM görüntülerinde, rezin matrisin ve fiberde çökme alanları olduğunu izlemişlerdir (Hashemikamangar ve ark., 2018). Gomes ve arkadaşları yaptıkları çalışmanın SEM görüntülerinde Er,Cr:YSGG lazerin fiber postlara uygulanmasının, yüzey polimer matrisini önemli ölçüde kaldırdığını gözlemlemişlerdir (Gomes ve ark. 2017). Kırmalı ve arkadaşları ise Nd:YAG lazer uyguladıkları fiber post yüzeylerinin SEM görüntülerinde erimiş alanlar, karbonizasyon ve derin yarıklar gözlemlendi ayrıca beyazlamış (parlak) görüntünün, homojen olmayan kaplaması nedeniyle pürüzlü alanda elektronların topraklanamaz olduğunu; lazer gruplarında ise pürüzlü alanların gözlemlendiğini söylemişlerdir (Kırmalı ve ark., 2017). Akın ve arkadaşları Er:YAG lazer uyguladıkları quartz fiber postları SEM altında incelediklerinde; lazerin fiber lifleri arasındaki matriksi kaldırarak lifler arasında ayrılmalara sebep verdiğini gözlemlemişler ve bu hasarın fiberin yapısını bozabileceğini iddia etmişlerdir (Akın ve ark., 2014). Sipahi ve arkadaşları da FGK post yüzeylerine Er:YAG lazer ile işlem yaptıkları çalışmalarında post yüzeyinde belirgin düzensizlikler bulmuşlar ve Er:YAG lazerin lifler arasında ayrılmaya neden olduğunu öne sürmüşlerdir (Sipahi ve ark., 2014). Bu çalışmanın sonucunda da Er,Cr:YSGG lazer uygulanmış post yüzeyindeki fibril demetlerinin oldukça dağılmış olduğu görülmekte ve bolca erime, çökme alanı olduğu izlenmektedir.

Abdulrazzak ve arkadaşları (Abdulrazzak ve ark., 2014) ferrule miktarının kırılma direncine olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında fiber postların kırılma tiplerini de değerlendirmişlerdir. Kırılma tipleri incelendiğinde hemen hemen her grupta tamir edilebilir kırıkların sayısının yakın olduğu gözlenmiştir. Akkayan ve arkadaşları farklı post tipleri ve farklı ferrule miktarlarını kıyasladıkları çalışmalarında dişlerde meydana gelen kırılma tiplerini değerlendirmişlerdir. İnsizal üçlünün altında olup olmamasına göre sınıflandırdıkları kırıkların 2 mm ferrule uygulanmış dişlerde daha çok insizal üçlünün üstünde 1 mm olanlarda ise ona oranla daha çok altında kaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Fakat ferrule miktarı kadar da post materyali de kırılmanın yerini etkileyen faktörlerden olmuştur (Akkayan ve ark., 2004). Ramesh ve arkadaşları da farklı kron kırığı tiplerinde restoratif alternatifleri kıyaslarken fiber postlar ile restore edilen dişlerin polietilen örgü Ribbond postlar ile restore edilmiş dişlere göre daha yüksek kırılma direncine sahip olduğunu, fakat ribbond postların

tümünün tamir edilebilir şekilde kırıldığını belirtmişlerdir (Ramesh ve ark., 2016). Bu araştırmada elde ettiğimiz sonuçlar da Abdulrazzak ve arkadaşları (Abdulrazzak ve ark., 2014), Akkayan ve arkadaşları (Akkayan ve ark., 2004), Ramesh ve arkadaşlarının (Ramesh ve ark., 2016) çalışmalarının sonuçları ile paralellik göstermektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu in-vitro çalışma ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) Çalışmada yüzey işlemi uygulanmış tüm örneklerde kırılma dayanımı direncinin azaldığı,
- 2) Ferrule uygulanmış dişlerde kırılma dayanımının ferrule uygulanmayan dişlere göre daha yüksek olduğu,
- 3) SEM bulgularına göre çeşitli mekanik yüzey işlemlerinin fiber post yüzeyinde değişikliklere yol açtığı,
- 4) Ferrule uygulan gruplarda tamir edilebilir kırıklar %55 iken ferrule uygulanmayan gruplarda bu oran %43 bulunmuştur.

Bu çalışmanın sınırlamaları, örnekler için gerçek dişler kullanılsa ve boy standardizasyonu için her birinin boyu 14 mm olarak kesilse de her bir diş başka insanlardan alındığı için; dişler her ne kadar yaklaşık çaplarda da seçilmiş olsa birbirinin birebir aynı olması beklenemez. Bu da yapılan kron restorasyonunun çapını ve bağlanma dayanımını etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde sadece geleneksel kırma cihazı ile test yapılmıştır. Fakat restorasyonlar ağız içinde birçok kuvvete maruz ~~kalmalar~~ kalmaktadırlar ve bunu tek bir test ile ölçmenin mümkün olmadığı düşünülmektedir.

Ek olarak ağız içini taklit etmesi için örneklere termal siklus yapılmış olsa da bu işlemin süresini uzatmak ve termal siklusa ek mekanik siklus uygulaması da ağız içine benzer koşulları sağlayarak doğru sonuçlar elde edilmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

Diğer bir sınırlama da, yüzey işlemleri uygulamasının teknik hassasiyet gerektirmesi ve uygulamanın ortam şartlarından etkilenmesidir. Her ne kadar yüzey işlemlerinin uygulaması aynı kişi tarafından yapılsa da, standardizasyonu sağlama güçlüğü çalışmadaki diğer bir sınırlamadır.

Bu sonuçlara ve sınırlamalara göre fiber post ile kompozit kor arasındaki bağlanma dayanımının geliştirilmesi için yapılan bu in-vitro çalışmada ulaşılan sonuçların

klirik çalışmalara yol göstereceği ve verilerin uzun dönem takip edilen in-vivo araştırmalarla da desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Abdulrazzak SS, Sulaiman E, Atiya BK, Jamaludin M. Effect of ferrule height and glass fibre post length on fracture resistance and failure mode of endodontically treated teeth. *Aust Endod J*. 2014; 40(2): 81-86.

Abou-Rass M, Jann JM, Jobe D, Tsutsui F. Preparation of space for posting: effect on thickness of canal walls and incidence of perforation in molars. *J Am Dent Assoc*. 1982; 104(6): 834-837.

Aboushelib MN, De Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent Mater*. 2005; 21(10): 984-991.

Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations: Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater*. 2006; 22(9): 857-863.

Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent*. 2006; 95(5):368-78.

Akgül A. İstatistiksel Analiz Teknikleri. Ankara, Emek Ofset. 2003.

Akin GE, Akin H, Sipahi C, Piskin B, Kirmali O. Evaluation of surface roughness and bond strength of quartz fiber posts after various pre-treatments. *Acta Odontol Scand*. 2014; 72(8): 1010-1016.

Akin H, Guney U. Effect of various surface treatments on the retention properties of titanium to implant restorative cement. *Lasers Med Sci*. 2012; 27(6): 1183-1187.

Akin H, Tugut F, Mutaf B, Akin G, Ozdemir AK. Effect of different surface treatments on tensile bond strength of silicone-based soft denture liner. *Lasers Med Sci*. 2011; 26(6): 783-788.

Akkayan B. An in vitro study evaluating the effect of ferrule length on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced and zirconia dowel systems. *J Prosthet Dent*. 2004; 92(2): 155-162.

Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent.* 2002; 87(4): 431-437.

Akman S, Akman M, Eskitascioglu G, Belli S. Influence of several fibre-reinforced composite restoration techniques on cusp movement and fracture strength of molar teeth. *Int Endod J.* 2011; 44(5): 407-415.

Aksornmuang J, Chuenarrom C, Chittithaworn N. Effects of various etching protocols on the flexural properties and surface topography of fiber-reinforced composite dental posts. *Dent Mater J.* 2017; 36(5):614-621.

Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M, Tagami J. Microtensile bond strength of a dual-cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent.* 2004; 32(6):443-50.

Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME, Lang BR. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry.* 2004; 91(4): 349-355.

Al-Hazaimeh N, Gutteridge D. An in vitro study into the effect of the ferrule preparation on the fracture resistance of crowned teeth incorporating prefabricated post and composite core restorations. *Int Endod J.* 2001; 34(1):40-6.

Al-Qahtani AS, AlZain SA, AlHamdan EM, Tulbah HI, Al Alsheikh HM, Naseem M, Vohra F. A comparative evaluation of the effect of phototherapy of fiber post on its bond strength to dental composite. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2018; 24:228-31.

Al-Wahadni A, Gutteridge DL. An in vitro investigation into the effects of retained coronal dentine on the strength of a tooth restored with a cemented post and partial core restoration. *Int Endod J.* 2002; 35(11):913-8.

Alaçam T, Alaçam A. İleri restorasyon teknikleri, Polat Yayınları. 1998.

Alhajj MN, Salim NS, Johari Y, Syahrizal M, Abdul-Muttlib NA, Ariffin Z. Push-out Bond Strength of Two Types of Dental Post Luted with Two Types of Cement at Two Different Root Levels. *Acta Stomatol Croat.* 2020; 54(3):263-272.

Alizadeh Oskoe P, Kimyai S, Talatahari E, Rikhtegaran S, Pournaghi-Azar F, Sajadi Oskoe J. Effect of Mechanical Surface Treatment on the Repair Bond Strength of the Silorane-based Composite Resin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. Spring 2014; 8(2):61-6.

Alonso de la Peña V, Darriba IL, Caserío Valea M, Guitián Rivera F. Mechanical properties related to the microstructure of seven different fiber reinforced composite posts. *J Adv Prosthodont*. 2016; 8(6):433-438.

Anusavice K. Inform atics systems to assess and apply clinical research on dental restorative materials. *Adv Dent Res*. 2003; 17:43-8.

Aoki A, Mizutani K, Schwarz F, Sculean A, Yukna RA, Takasaki AA, Romanos GE, Taniguchi Y, Sasaki KM, Zeredo JL. Periodontal and peri-implant wound healing following laser therapy. *Periodontol 2000*. 2015; 68(1):217-69.

Aran A. Döküm teknolojisi imal usülleri ders notları. İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesi. 2007.

Ari H, Yaşar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod*. 2003; 29(4):248-51.

Arslan H, Barutçigil C, Yilmaz CB, Ceyhanli KT, Topcuoglu HS. Push-out bond strength between composite core buildup and fiber-reinforced posts after different surface treatments. *Photomed Laser Surg*. 2013; 31(7):328-33.

Arslan H, Ayrancı L, Kurklu D, Topçuoğlu H, Barutçigil C. Influence of different surface treatments on push-out bond strengths of fiber-reinforced posts luted with dual-cure resin cement. *Niger J Clin Pract*. 2016; 19(2):218-22.

Arslan H, Kurklu D, Ayrancı LB, Barutçigil C, Yılmaz CB, Karatas E, Topçuoğlu HS. Effects of post surface treatments including Er: YAG laser with different parameters on the pull-out bond strength of the fiber posts. *Lasers Med Sci*. 2014; 29(5):1569-74.

Artopoulou II, O'Keefe KL, Powers JM. Effect of core diameter and surface treatment on the retention of resin composite cores to prefabricated endodontic posts. *J Prosthodont*. 2006;15(3):172-9.

Arunpraditkul S, Saengsanon S and Pakviwat W. Fracture resistance of endodontically treated teeth: three walls versus four walls of remaining coronal tooth structure Arunpraditkul S, Saengsanon S and Pakviwat W. Fracture resistance of endodontically treated teeth: three walls versus four walls of remaining coronal tooth structure. J Prosthodont. 2009;18(1):49-53.

Asakawa Y, Takahashi H, Kobayashi M, Iwasaki N. Effect of components and surface treatments of fiber-reinforced composite posts on bond strength to composite resin. J Mech Behav Biomed Mater. 2013; 26:23-33.

Ash MM, Stanley J. Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion, 8th edn. Saunders. St. Louis. 2003.

Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. J Dent. 1999; 27(4):275-8.

Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. J Prosthet Dent. 2005; 94(4):321-9.

Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent. 1994; 71(6):565-7.

Ateş G. Farklı Dual-cure yapıştırıcı rezin simanın değişik kompozit ve porselen kalınlıkları altında polimerizasyon etkinliğinin karşılaştırılması, Doktora tezi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. 2002.

Ausiello P, Gloria A, Maietta S, Watts DC, Martorelli M. Stress Distributions for Hybrid Composite Endodontic Post Designs with and without a Ferrule: FEA Study. Polymers. 2020; 12(8):1836.

Baba NZ, Golden G, Goodacre CJ. Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. J Prosthodont. 2009; 18(6):527-36.

Baba NZ, Goodacre CJ. Restoration of endodontically treated teeth: contemporary concepts and future perspectives. Endodontic Topics 2014; 31(1): 68-83.

Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts." J Prosthet Dent. 2006; 95(3):218-23.

- Baraban DJ. The restoration of pulpless teeth. Dent Clin North Am. 1967; 633-53.
- Baran G, Boberick K, McCool J. Fatigue of restorative materials. Crit Rev Oral Biol Med. 2001;12(4):350-60.
- Barjau-Escribano A, Sancho-Bru JL, Forner-Navarro L, Rodriguez-Cervantes PJ, Perez-Gonzalez A, Sanchez-Marin FT. Influence of prefabricated post material on restored teeth: fracture strength and stress distribution. Oper Dent. 2006; 31(1):47-54.
- Bark.hordar RA, Radke R, Abbasi J. Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture. J Prosthet Dent. 1989; 61(6):676-8.
- Barón M, Llena C, Forner L, Palomares M, González-García C, Salmerón-Sánchez M. Nanostructural changes in dentine caused by endodontic irrigants. J Prosthet Dent. 1989; 61(6):676-8.
- Bartlett SO. Construction of detached core crowns for pulpless teeth in only two sittings. J Am Dent Assoc. 1968; 77(4):843-5.
- Başaran EG. Geçmişten günümüze post sistemleri. Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg. 2013; 150-156.
- Bateman G, Ricketts DN and Saunders WP. Fibre-based post systems: a review. Br Dent J. 2003; 195(1):43-8; discussion 37.
- Bavbek AB, Korkmaz T, Yılmaz C. Fiber ile güçlendirilmiş kompozit postların mekaniği. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 24(3): 187-192.
- Bayındır F, Akyıl MS, Bayındır YZ. Effect of eugenol and non-eugenol containing temporary cement on permanent cement retention and microhardness of cured composite resin. Dent Mater J. 2003; 22(4):592-9.
- Bayırlı G. Endodontik Tedavi, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları, İstanbul. 1998.
- Beer F. Laser-Atlas Surgery. Oral Laser Application. A. Moritz. Almanya, Quintessence Publishing. 2006.

Belwalkar VR, Gade J, Mankar NP. Comparison of the effect of shear bond strength with silane and other three chemical presurface treatments of a glass fiber-reinforced post on adhesion with a resin-based luting agent: An in vitro study. *Contemp Clin Dent*. 2016; 7(2):193-7.

Bergman B, Lundquist P, Sjo U. Restorative and endodontic results after treatment with cast posts and cores. *J Prosthet Dent*. 1989; 61(1):10-5.

Berruet R, Vinard E, Calle A, Tighzert H, Chabert B, Magloire H, Eloy R. Mechanical properties and biocompatibility of two polyepoxy matrices: DGEBA-DDM and DGEBA-IPD. *Biomaterials*. 1987; 8(3):162-71.

Bilgin MS, Erdem A, Dilber E, Ersoy İ. Comparison of fracture resistance between cast, CAD/CAM milling, and direct metal laser sintering metal post systems. *J Prosthodont Res*. 2016; 60(1):23-8.

Birang R, Poursamimi J, Gutknecht N, Lampert F, Mir M. Comparative evaluation of the effects of Nd:YAG and Er:YAG laser in dentin hypersensitivity treatment. *Lasers Med Sci*. 2007; 22(1):21-4.

Bitter K, Meyer-Lueckel H, Priehn K, Kanjuparambil J, Neumann K, Kielbassa A. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. *Int Endod J*. 2006; 39(10):809-18.

Bitter K, Noetzel J, Neumann K, Kielbassa AM. Effect of silanization on bond strengths of fiber posts to various resin cements. *Quintessence Int*. 2007; 38(2):121-8.

Bitter K, Noetzel J, Stamm O, Vaudt J, Meyer-Lueckel H, Neumann K, Kielbassa AM. Randomized clinical trial comparing the effects of post placement on failure rate of postendodontic restorations: preliminary results of a mean period of 32 months. *J Endod*. 2009; 35(11):1477-82.

Bittner N, Hill T, Randi A. Evaluation of a one-piece milled zirconia post and core with different post-and-core systems: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2010; 103(6):369-79.

Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 2003; 89(3):268-74.

Blatz MB, Sadan A, Martin J, Lang B. (2004). In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. *J Prosthet Dent*. 2004; 91(4):356-62.

Boj JR, Poirier C, Hernandez M, Espasa E, Espanya A. Laser soft tissue treatments for paediatric dental patients. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2011;12(2):100-5.

Bonfante EA, Pegoraro LF, de Góes MF, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. *Dent Mater*. 2008; 24(4):483-91.

Boschian Pest L., Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater*. 2002; 18(8):596-602.

Burnell SC. Improved cast dowell and base for restoring endodontically treated teeth. *J Am Dent Assoc*. 1964; 68:39-45.

Büttel L, Krastl G, Lorch H, Naumann M, Zitzmann N, Weiger R. Influence of post fit and post length on fracture resistance. *Int Endod J*. 2009; 42(1):47-53.

Cadore-Rodrigues AC, Guilardi LF, Wandscher VF, Pereira GKR, Valandro LF, Rippe MP. Surface treatments of a glass-fiber reinforced composite: Effect on the adhesion to a composite resin. *J Prosthodont Res*. 2020; 64(3):301-306.

Canay Ş, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface 1. *J Oral Rehabil*. 2001; 28(1):95-101.

Caneppele TM, de Souza AC, Batista GR, Borges AB, Torres CR (2012). Influence of Nd:YAG or Er:YAG laser surface treatment on microtensile bond strength of indirect resin composites to resin cement. *Lasers surface treatment of indirect resin composites*. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2012; 20(3):135-40.

Carrieri TC, de Freitas PM, Navarro RS, Eduardo CdP and Mori M. Adhesion of composite luting cement to Er: YAG-laser-treated dentin. *Lasers Med Sci*. 2007; 22(3):165-70.

Carvalho MFF, Yamauti M, de Magalhães CS, Bicalho AA, Soares CJ, Moreira AN. Effect of ethanol-wet bonding on porosity and retention of fiberglass post to root dentin. *Braz Oral Res.* 2020; 27;34:20.

Castellucci A, Becciani R. Ricostruzione postendodontica dei denti compromessi. Aspetti biomeccanici. *Dent Cadmos* 2004; 2: 2-21.

Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. *Oper Dent.* 2009; 34(3):280-7.

Cekic-Nagas I, Sukuroglu E, Canay S. Does the surface treatment affect the bond strength of various fibre-post systems to resin-core materials. *J Dent.* 2011; 39(2):171-9.

Chan FW, Harcourt JK, Brockhurst PJ. The effect of post adaptation in the root canal on retention of posts cemented with various cements. *Aust Dent J.* 1993; 38(1):39-45.

Chang JC, Nguyen T, Duong JH, Ladd GD. Tensile bond strengths of dual-cured cements between a glass-ceramic and enamel. *J Prosthet Dent.* 1998; 79(5):503-7.

Chawla KK. Composite materials: science and engineering, Springer Science & Business Media. 2012.

Cheleux N, Sharrock P, Degrange M. Surface treatments on quartz fiber post: influence on adhesion and flexural properties. *Am J Dent.* 2007; 20(6):375-9.

Cheleux N, Sharrock PJ. Mechanical properties of glass fiber-reinforced endodontic posts. *Acta Biomater.* 2009; 5(8):3224-30.

Chen Q, Wang XZ. Evaluation of modified micro-push-out bond strength of glass fiber posts with chemically treated resin cements. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2019; 18: 51(5):968-972.

Chen S-C, Chueh LH, Hsiao CK, Wu HP, Chiang CP. First untoward events and reasons for tooth extraction after nonsurgical endodontic treatment in Taiwan. *J Endod.* 2008; 34(6):671-4.

Cheung GS, Chan TK. Long-term survival of primary root canal treatment carried out in a dental teaching hospital. *Int Endod J*. 2003; 36(2):117-28.

Cheung GS, Liu CS. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *J Endod*. 2009; 35(7):938-43.

Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc*. 2005; 136(5):611-9.

Cho L, Choi J, Yi YJ, Park CJ. Effect of finish line variants on marginal accuracy and fracture strength of ceramic optimized polymer/fiber-reinforced composite crowns. *J Prosthet Dent*. 2004; 91(6):554-60.

Choi Y, Pae A, Park EJ, Wright RF. The effect of surface treatment of fiber-reinforced posts on adhesion of a resin-based luting agent. *J Prosthet Dent*. 2010; 103(6):362-8.

Christensen GJ. Posts and cores: state of the art. *J Am Dent Assoc*. 1998; 129(1):96-7.

Christy JM and Pipko DJ. Fabrication of a dual-post veneer crown. *J Am Dent Assoc*. 1967; 75(6): 1419-1425.

Chuang SF, Yaman P, Herrero A, Dennison JB, Chang CH. Influence of post material and length on endodontically treated incisors: an in vitro and finite element study. *J Prosthet Dent*. 2010; 104(6):379-88.

Chugal NM, Clive JM and Spångberg LS. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2001; 91(3):342-52.

Cohen BI, Condos S, Deutsch AS, Musikant BL. Comparison of the shear bond strength of a titanium composite resin material with dentinal bonding agents versus glass ionomer cements. *J Prosthet Dent*. 1992; 68(6):904-9.

Collares F, Portella F, Rodrigues S, Celeste R, Leitune V, Samuel S. The influence of methodological variables on the push-out resistance to dislodgement of root filling materials: a meta-regression analysis. *Int Endod J*. 2016; 49(9):836-849.

Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am.* 2004; 48(4):751-70.

Coluzzi DJ. Lasers in dentistry. *Compend Contin Educ Dent.* 2005; 26(6A Suppl):429-35; quiz 436.

Coluzzi DJ, Convissar RA. Lasers in clinical dentistry. *Dent Clin North Am.* 2004 Oct; 48(4):xi-xii.

Cooney JP, Caputo AA, Trabert KC. Retention and stress distribution of tapered-end endodontic posts. *J Prosthet Dent.* 1986; 55(5):540-6.

Cormier CJ, Burns DR, Moon P. In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthet Dent.* 2001; 10(1):26-36.

Crysanticagidiaco M, Franklingarcia-Godoy D, Alessandrovichi D. Placement of fiber prefabricated or custom made posts affects the 3-year survival of endodontically treated premolars. *Am J Dent.* 2008; 21(3):179-84.

D'Arcangelo C, D'Amario M, Prosperi GD, Cinelli M, Giannoni M, Caputi S. Effect of surface treatments on tensile bond strength and on morphology of quartz-fiber posts. *J Endod.* 2007; 33(3):264-7.

Da Silva NR, Raposo LHA, Versluis A, Fernandes-Neto AJ, Soares CJ. The effect of post, core, crown type, and ferrule presence on the biomechanical behavior of endodontically treated bovine anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 2010; 104(5):306-17.

da Silva VRM, Viana Í EL, Lopes RM, Zezell DM, Scaramucci T, Aranha ACC. Effect of Er,Cr:YSGG laser associated with fluoride on the control of enamel erosion progression. *Arch Oral Biol.* 2019; 99:156-160.

Dammaschke T, Steven D, Kaup M, Ott KHR. Long-term survival of root-canal-treated teeth: a retrospective study over 10 years. *J Endod.* 2003; 29(10):638-43.

De Almeida W, Leonardo M, Filho MT, Silva L. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *Int Endod J.* 2000; 33(1):25-7.

De Moor RJ, Delmé KI. Laser-assisted cavity preparation and adhesion to erbium-lased tooth structure: part 1. Laser-assisted cavity preparation. *J Adhes Dent.* 2009; 11(6):427-38.

De Munck J, Van Landuyt K, Coutinho E, Poitevin A, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to Class-I cavity-bottom dentin after thermo-cycling. *Dent Mater.* 2005; 21(11):999-1007.

Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue. *J Am Dent Assoc.* 1993; 124(2):57-61.

Dederich DN, Bushick RD. Lasers in dentistry: separating science from hype. *J Am Dent Assoc.* 2004; 135(2):204-12.

Denehy G, Bouschlicher M, Vargas M. Intraoral repair of cosmetic restorations. *Dent Clin North Am.* 1998; 42(4):719-37.

Dewhirst RB, Fisher DW and Schillingburg HT, Jr. Dowel-core fabrication. *J South Calif Dent Assoc.* 1969; 37(10):444-9.

Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature-Part 1. Composition and micro-and macrostructure alterations. *Quintessence Int.* 2007; 38(9):733-43.

Dietschi D, O Duc, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies. *Quintessence Int.* 2008; 39(2):117-29.

Dimitriu B, Vârlan C, Suciu I, Vârlan V, Bodnar D. Current considerations concerning endodontically treated teeth: alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy. *J Med Life.* 2009; 2(1):60-5.

Do SY. Material and Application Report 2015 Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) and 3D Printer. 2015.

Dündar M, Ozcan M, Cömlekoglu E, Güngör M, Artunc C. Bond strengths of veneering ceramics to reinforced ceramic core materials. *Int J Prosthodont.* 2005; 18(1):71-2.

Ehlers V, Kampf G, Stender E, Willershausen B, Ernst CP. Effect of thermocycling with or without 1 year of water storage on retentive strengths of luting cements for zirconia crowns. *J Prosthet Dent.* 2015; 113(6):609-15.

Eick S, Meier I, Spoerlé F, Bender P, Aoki A, Izumi Y, Salvi GE and Sculean A. In Vitro-Activity of Er:YAG Laser in Comparison with other Treatment Modalities on Biofilm Ablation from Implant and Tooth Surfaces. *PLoS One.* 2017; 12(1):e0171086.

El-Damanhoury HM, Haj-Ali RN, Platt JA. Fracture resistance and microleakage of endocrowns utilizing three CAD-CAM blocks. *Oper Dent.* 2015; 40(2):201-10.

Eskitaşcıoğlu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J Endod.* 2002; 28(9):629-33.

Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont.* 2001; 14(4):355-63.

Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. *J Prosthet Dent.* 2003; 90(6):556-62.

Ferrari M, M. Cagidiaco, S. Grandini, M. De Sanctis, C. Goracci. Post placement affects survival of endodontically treated premolars. *J Dent Res.* 2007; 86(8):729-34.

Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent.* 2000; 13(Spec No):15B-18B.

Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater.* 2001; 17(5):422-9.

Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent.* 2000; 13(Spec No):9B-13B.

Fokkinga WA, Kreulen CM, Bronkhorst EM, Creugers NHJ. Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns. *J Dent*. 2007; 35(10):778-86.

Foley J, Saunders E, Saunders WP. Strength of core build-up materials in endodontically treated teeth. *Am J Dent*. 1997; 10(4):166-72.

Foxton R, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Adhesion to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composite core materials. *J Oral Rehabil*. 2005; 32(2):97-104.

Foxton RM, Nakajima M, Hiraishi N, Kitasako Y, Tagami J, Nomura S, Miura H. Relationship between ceramic primer and ceramic surface pH on the bonding of dual-cure resin cement to ceramic. *Dent Mater*. 2003; 19(8):779-89.

Frankenberger R, Kramer N, Sindel J. Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent*. 2000; 25(3):209-15.

Freitas PM, Simoes A. *Lasers in dentistry: guide for clinical practice*, John Wiley & Sons. 2015.

Friedman S and Mor C. The success of endodontic therapy healing and functionality. *J Calif Dent Assoc*. 2004;32(6):493-503.

Fuss Z, Lustig J, Katz A, Tamse A. An Evaluation of Endodontically Treated Vertical Root Fractured Teeth: Impact of Operative Procedures. *J Endod*. 2001; 27(1):46-8.

Fuss Z, Lustig J, Tamse A. Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J*. 1999; 32(4):283-6.

Gateau P, Sabek M, Dailey B. Fatigue testing and microscopic evaluation of post and core restorations under artificial crowns. *J Prosthet Dent*. 1999; 82(3):341-7.

Gegauff AG. Effect of crown lengthening and ferrule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns. *J Prosthet Dent*. 2000; 84(2):169-79.

Gençoğlu N, Sezgin P, Gündoğar M, Şivet C. The effect of surface treatments on the bond strength of fiber post to root canal dentin. *Marmara Dental Journal*. 2013; 1(1): 35-38.

Ghavami-Lahiji M, Benedicenti S, Karimian R, Shahabi S. Influence of Er,Cr:YSGG Laser Surface Treatments on Micro Push-Out Bond Strength of Fiber Posts to Composite Resin Core Materials. *J Dent Biomater*. 2018; 5(1):533-542.

Goldberg AJ, Burstone CJ. The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. *Dent Mater*. 1992; 8(3):197-202.

Goldrich N. Construction of posts for teeth with existing restorations. *J Prosthet Dent*. 1970; 23(2):173-6.

Gomes GM, Rezende E, Gomes O, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. *J Adhes Dent*. 2014;16(1):71-8.

Goodacre CJ and Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part III. Tooth preparation considerations. *J Prosthodont*. 1995; 4(2):122-8.

Goracci C and Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J*. 2011; 56 Suppl 1:77-83.

Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *J Dent*. 2007; 35(11):827-35.

Goracci C, Raffaelli O, Monticelli F, Balleri B, Bertelli E, Ferrari M. The adhesion between prefabricated FRC posts and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. *Dent Mater*. 2005; 21(5):437-44.

Goto Y, Swift EJ, Jr. Ferrules for endodontically treated teeth. *J Esthet Restor Dent*. 2009; 21(5):292-3.

Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. *Dent Mater*. 2005; 21(2):75-82.

Gresnigt MM, Ozcan M, van den Houten ML, Schipper L, Cune MS. Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. *Dent Mater.* 2016; 32(5):607-14.

Gu XH, Mao CY, Liang C, Wang HM, Kern M. Does endodontic post space irrigation affect smear layer removal and bonding effectiveness. *Eur J Oral Sci.* 2009; 117(5):597-603.

Guarda G, Correr A, Gonçalves L, Costa A, Borges G, Sinhoreti M, Correr-Sobrinho L. Effects of surface treatments, thermocycling, and cyclic loading on the bond strength of a resin cement bonded to a lithium disilicate glass ceramic. *Oper Dent.* 2013; 38(2):208-17.

Guess PC, Kuliš A, Witkowski S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub JR. Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dent Mater.* 2008; 24(11):1556-67.

Gurgan S, Kiremitci A, Cakir FY, Yazici E, Gorucu J, Gutknecht N. Shear bond strength of composite bonded to erbium: yttrium-aluminum-garnet laser-prepared dentin. *Lasers Med Sci.* 2009; 24(1):117-22.

Guzy GE, Nicholls JJ. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. *J Prosthet Dent.* 1979; 42(1):39-44.

Güler AU, Kurt M, Duran I, Uludamar A, Inan O. Effects of different acids and etching times on the bond strength of glass fiber-reinforced composite root canal posts to composite core material. *Quintessence Int.* 2012; 43(1):e1-8.

Hagge M, Wong R, Lindemuth J. Effect of three root canal sealers on the retentive strength of endodontic posts luted with a resin cement. *Int Endod J.* 2002; 35(4):372-8.

Hallmann L, Ulmer P, Lehmann F, S Wille, Polonskyi O, Johannes M, Köbel S, Trottenberg T, Bornholdt S, Haase F, Kersten H, Kern M. Effect of surface modifications on the bond strength of zirconia ceramic with resin cement resin. *Dent Mater.* 2016; 32(5):631-9.

Hamilton AI. Porcelain dowel crowns. *J Prosthet Dent*. 1959; 9(4): 639-644.

Harris DM, White JM, Goodis H, Arcoria CJ, Simon J, Carpenter WM, Fried D, Burkart J, Yessik M, Myers T. Selective ablation of surface enamel caries with a pulsed Nd:YAG dental laser. *Lasers Surg Med*. 2002; 30(5):342-50.

Hashemikamangar SS, Hasanitabatabaee M, Kalantari S, Gholampourdehaky M, Ranjbaromrani L, Ebrahimi H. Bond strength of Fiber posts to composite Core: effect of surface treatment with Er, Cr: YSGG laser and thermocycling. *J Lasers Med Sci*. 2018; 9(1):36-42.

He WX, Liu NN, Wang XL, He XY. The application of laser in endodontics. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2016; 51(8):470-4.

Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent*. 2002; 87(4):438-45.

Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *J Dent*. 2001; 29(6):427-33.

Hill E, Lott J. A clinically focused discussion of luting materials. *Aust Dent J*. 2011; 56 Suppl 1:67-76.

Hsu YB, Nicholls JI, Phillips KM, Libman WJ. Effect of core bonding on fatigue failure of compromised teeth. *Int J Prosthodont*. 2002; 15(2):175-8.

Hu YH, Pang LC, Hsu CC, Lau YH. Fracture resistance of endodontically treated anterior teeth restored with four post-and-core systems. *Quintessence Int*. 2003; 34(5):349-53.

Hudis SI, Goldstein GR. Restoration of endodontically treated teeth: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 1986;55(1):33-8.

Hunter AJ, Feiglin B, Williams JF. Effects of post placement on endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*. 1989; 62(2):166-72.

Iandolo A, Iandolo G, Malvano M, Pantaleo G, Simeone M. Modern technologies in Endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2016; 30(1): 2-9.

Ingle JI. Preparation of Coronal and Acicular Spaces. *Ingle's Endodontics*. Hamilton, BC Decker Inc. 2019.

Irmak O, Yaman BC, Lee DY, Orhan EO, Mante FK, Ozer F. Flexural strength of fiber reinforced posts after mechanical aging by simulated chewing forces. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2018; 77:135-139.

Isidor F, Brondum K, Ravnholt G. The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. *Int J Prosthodont*. 1999;12(1):78-82.

Jacoby WE, Jr. Practical technique for the fabrication of a direct pattern for a post-core restoration. *J Prosthet Dent*. 1976; 35(3):357-60.

Jandt KD, Mills RW. A brief history of LED photopolymerization. *Dent Mater*. 2013; 29(6):605-17.

Jardel V, Degrange M, Picard B, Derrien G. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. *Int J Prosthodont*. 1999; 12(1):59-64.

Jardel V, Degrange M, Picard B, Derrien G. Surface energy of etched ceramic. *Int J Prosthodont*. 1999; 12(5):415-8.

Johar S, M. Goswami G, Kumar JK, Dhillon. Caries removal by Er,Cr:YSGG laser and Air-rotor handpiece comparison in primary teeth treatment: an in vivo study. *Laser Ther*. 2019; 30;28(2):116-122.

Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: a literature review. *J Endod*. 2012; 38(1):11-9.

Kaki Devrim G, Recen D, Yıldırım B. Effect of Chelating Irrigation on the Bond Strength of a Fiber Post System. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci*. 2021; 27(1):34-41.

Kalaycı Ş. SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri. Ankara, Asil Yayın Dağıtım. 2016.

Kanat-Erturk B, Saridag S, Koseler E, Helvacioglu-Yigit D, Avcu E, Yildiran-Avcu Y. Fracture strengths of endocrown restorations fabricated with different preparation depths and CAD/CAM materials. *Dent Mater J*. 2018; 37(2):256-265.

Kar S, Tripathi A, Trivedi C. Effect of Different Ferrule Length on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: An In vitro Study. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(4):49-52.

Kern M, Thompson V. Effects of sandblasting and silica-coating procedures on pure titanium. *J Dent*. 1994; 22(5):300-6.

Kern M, VP Thompson. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent*. 1994; 71(5):453-61.

Keul C, Liebermann A, Roos M, Uhrenbacher J, Stawarczyk B. The effect of ceramic primer on shear bond strength of resin composite cement to zirconia: a function of water storage and thermal cycling. *J Am Dent Assoc*. 2013; 144(11):1261-71.

Kim JT, Cho SA. The effects of laser etching on shear bond strength at the titanium ceramic interface. *J Prosthet Dent*. 2009; 101(2):101-6.

Kim AR, Lim HP, Yang HS, Park SW. Effect of ferrule on the fracture resistance of mandibular premolars with prefabricated posts and cores. *J Adv Prosthodont*. 2017; 9(5):328-334.

Kimyai S, Mohammadi N, Navimipour EJ, Rikhtegaran S. Comparison of the effect of three mechanical surface treatments on the repair bond strength of a laboratory composite. *Photomed Laser Surg*. 2010; 28 Suppl 2:S25-30.

Kirmali O, Akin H, Ozdemir AK. Shear bond strength of veneering ceramic to zirconia core after different surface treatments. *Photomed Laser Surg*. 2013; 31(6):261-8.

Kırmalı Ö, Akçakuş Battal T, Türker N, Dünder A. Mechanical properties of glass-fibre-reinforced composite posts after laser irradiation with different energy densities. *Aust Endod J*. 2021; 47(1):34-42.

Kırmalı Ö, Üstün Ö, Kapdan A, Kuştarıcı A. Evaluation of various pretreatments to fiber post on the push-out bond strength of root canal dentin. *J Endod.* 2017; 43(7):1180-1185.

Kishen A, Kumar GV, Chen NN. Stress-strain response in human dentine: rethinking fracture predilection in postcore restored teeth. *Dent Traumatol.* 2004; 20(2):90-100.

Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, Nakagaki H, Nakamura H. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004; 97(1):95-9.

Koutayas SO, Kern M. All-ceramic posts and cores: the state of the art. *Quintessence Int.* 1999; 30(6):383-92.

Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont.* 2004;17(3):357-63.

Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. *J Prosthet Dent.* 1996; 76(2):119-24.

Kurt M, Güler AU, Duran İ, Uludamar A, İnan Ö. Effects of different surface treatments on the bond strength of glass fiber-reinforced composite root canal posts to composite core material. *Quintessence Int.* 2012; 43(1):e1-8.

Kurt S, Kirtiloglu T, Yilmaz NA, Ertas E, Orucoglu H. Evaluation of the effects of Er:YAG laser, Nd:YAG laser, and two different desensitizers on dentin permeability: in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2018; 33(9):1883-1890.

Kurtulmus-Yilmaz S, Cengiz E, Ozan O, Ramoglu S, Yilmaz HG. The effect of Er, Cr: YSGG laser application on the micropush-out bond strength of fiber posts to resin core material. *Photomed Laser Surg.* 2014; 32(10):574-81.

Kurtz JS, Perdigão J, Geraldeli S, Hodges JS, Bowles WR. Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. *Am J Dent*. 2003; 16 Spec No:31A-36A.

Kümbüloğlu Ö. Simanlar. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Ders Notları. 2017.

Kyson M. In Vitro Wear of Nine Cements Against Enamel, University of Alabama at Birmingham, Graduate School. 2013.

Lambjerg-Hansen H, Asmussen E. Mechanical properties of endodontic posts. *J Oral Rehabil*. 1997 Dec; 24(12):882-7.

Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater*. 2005; 21(8):709-15.

Ng C, Dumbrigue CHB, Al-Bayat MI, Griggs JA, Wakefield CW, Influence of remaining coronal tooth structure location on the fracture resistance of restored endodontically treated anterior teeth. *J Prosthet Dent*. 2006; 95(4): 290-296.

Ng YL, Mann V, Gulabivala K, Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*. 2010; 43(3): 171-189.

Nissan J, Dmitry Y, Assif D, The use of reinforced composite resin cement as compensation for reduced post length. *J Prosthet Dent*. 2001; 86(3): 304-308.

O'Brien WJ, Dental materials and their selection 4th ed. Illinois: Quintessence Publishing 2008; 378.

Ok E, Altunsoy M, Nur BG, Aglarci OS, Çolak M, Güngör E, A cone-beam computed tomography study of root canal morphology of maxillary and mandibular premolars in a Turkish population. *Acta Odontol Scand*. 2014; 72(8): 701-706.

Olçay K, Ataoglu H, Belli S, Evaluation of related factors in the failure of endodontically treated teeth: a cross-sectional study. *J Endod*. 2018; 44(1): 38-45.

Orstavik D, Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis, John Wiley & Sons 2020.

Ottl P, Hahn L, Lauer HC, Fay M, Fracture characteristics of carbon fibre, ceramic and non-palladium endodontic post systems at monotonously increasing loads. *J Oral Rehabil.* 2002; 29(2): 175-183.

Ozcan M, Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil.* 2003; 30(2): 194-203.

Özcan M, Vallittu PK, Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater J.* 2003; 19(8): 725-731.

Park SJ, Jin JS Effect of silane coupling agent on interphase and performance of glass fibers/unsaturated polyester composites. *J Colloid Interface Sci.* 2001; 242(1): 174-179.

Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Nobre-dos-Santos M, Puppin-Rontani RM, Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Int J Dent.* 2009; 37(12): 903-908.

Patierno J, Rueggeberg F, Anderson R, Weller R, Pashley DH, Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Dent Traumatol.* 1996; 12(5): 227-236.

Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M, Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials* 2002; 23(13): 2667-2682.

Perdigão J, Geraldeli S, Lee IK, Push-out bond strengths of tooth-colored posts bonded with different adhesive systems. *Am J Dent.* 2004; 17(6): 422-426.

Perdigao J, Gomes G, Augusto V, The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts. *J Prosthodont.* 2007; 16(3): 154-164.

Perdigao J, Gomes G, Lee IK, The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. *Dent Mater.* 2006; 22(8): 752-758.

Pereira JR, De Ornelas F, Conti PC, Do Valle AL, Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts. *J Prosthet Dent.* 2006; 95(1): 50-54.

Perel ML, FI Muroff, Clinical criteria for posts and cores. *J Prosthet Dent.* 1972; 28(4): 405-411.

Peroba Rezende Ramos AT, Fagundes Jordão-Basso KC, Porto TS, Kuga MC, Effect of irrigation protocol during post space preparation on the dentin adhesive interface: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2021; 25(2):324.

Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann M, Restoring endodontically treated teeth with posts and cores--a review. *Quintessence Int.* 2005; 36(9): 737-746.

Pick RM, Pogrel MA, Loh HS. Clinical applications of the CO2 laser. *Lasers in Dentistry.* Chicago: Quintessence, 1995; 145-160.

Pilo R, Cardash HS, Levin E, Assif D, Effect of core stiffness on the in vitro fracture of crowned, endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 2002; 88(3): 302-306.

Piwowarczyk A, Lauer HC, Sorensen JA, In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2004; 92(3): 265-273.

Pommel L, About I, Pashley D, Camps J, Apical leakage of four endodontic sealers. *J Endod.* 2003; 29(3): 208-210.

Pontius O, Nathanson D, Giordano R, Schilder H, Hutter JW, Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems and endodontically treated incisors without coronoradicular reinforcement. *J Endod.* 2002; 28(10): 710-715.

Prithviraj D, Soni R, Ramaswamy S, Shruthi D, Evaluation of the effect of different surface treatments on the retention of posts: A laboratory study. *Indian J Dent Res.* 2010; 21(2): 201.

Purton DG, Chandler NP, Qualtrough AJ, Effect of thermocycling on the retention of glass-fiber root canal posts. *Quintessence Int.* 2003; 34(5).

Qualtrough AJ, Mannocci F, Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent.* 2003; 28(1): 86-91.

Quintas AF, Bottino MA, Neisser MP, De Araujo MA, Effect of the surface treatment of plain carbon fiber posts on the retention of the composite core: an in vitro evaluation. *Pesqui Odontol Bras.* 2001; 15(1): 64-69.

Prithviraj DR, Soni R, Ramaswamy S, Shruthi DP, Evaluation of the effect of different surface treatments on the retention of posts: a laboratory study. *Indian J Dent Res.* 2010; 21:201-6.

Radovic I, Corciolani G, Magni E, Krstanovic G, Pavlovic V, Vulicevic ZR, Ferrari M, Light transmission through fiber post: the effect on adhesion, elastic modulus and hardness of dual-cure resin cement. *Dent Mater.* 2009; 25(7): 837-844.

Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M, Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci.* 2008; 116(6): 557-563.

Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Cury AH, Coniglio I, Vulicevic ZR, Garcia-Godoy F, Ferrari M, The effect of sandblasting on adhesion of a dual-cured resin composite to methacrylic fiber posts: microtensile bond strength and SEM evaluation. *Int J Dent.* 2007; 35(6): 496-502.

Ramesh P, Mathew S, Murthy SB, JV George, Hegde S, Premkumar R, Efficacy of Ribbond and a fibre post on the fracture resistance of reattached maxillary central incisors with two fracture patterns: a comparative in vitro study. *Dental Traumatol.* 2016; 32(2): 110-115.

Ray HA, Trope M, Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995; 28(1): 12-18.

Reagan SE, Fruits TJ, Van Brunt CL, Ward CK, Effects of cyclic loading on selected post-and-core systems. *Quintessence Int.* 1999; 30(1): 61-67.

Robbins JW, Restoration of the endodontically treated tooth. *Dent Clin North Am.* 2002; 46(2): 367-384.

Rodrigues MP, Soares, Priscilla B. F., Valdivia, A. D. C. M., Pessoa, R. S, Veríssimo, C., Versluis, A., Soares CJ, Patient-specific Finite Element Analysis of Fiber Post and Ferrule Design. J Endod. 2017; 43(9): 1539-1544

Rosen H, Operative procedures on mutilated endodontically treated teeth. J Prosthet Dent. 1961; 11: 973-986.

Rosenberg PA, Antonoff SJ Gold posts. Common problems in preparation and technique for fabrication. N Y State Dent J. 1971; 37(10): 601-606.

Rosenstiel SF, LanD MF, Fujimoto J, Restoration of The Endodontically Treated Tooth. Contemporary Fixed Prosthodontics. United States of America, Mosby: 2001; 272-312.

Rosenstiel SF, Fujimoto J. LM, Contemporary fixed prosthodontics. St. Louis Missouri. 2006.

Roydhouse RH, Punch-shear test for dental purposes. J Dent Res. 1970; 49(1): 131-136.

Rueggeberg FA, From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. The J Prosthet Dent. 2002; 87(4): 364-379.

SadighpourA. Fazel, F. Geramipannah and M. Allahdadi (2014). "Effect of Resin Cement Mixing Method on the Retention Strength of a CAD/CAM Zirconia Crowns." The Journal of J Indian Prosthodont Soc. 2014; 14(1): 31-36.

Sahafi A, Peutzfeld A, Asmussen E, Gotfredsen K, Effect of surface treatment of prefabricated posts on bonding of resin cement. Oper Dent 2004; 29(1): 60-68.

Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K, Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber, and zirconia. J Adhes Dent 2003; 5(2): 153-162.

Sahinkesen G, Erdemir U, Oktay EA, Sancakli HS, The effect of post surface silanization and luting agents on the push-out bond strengths of adhesively inserted fiber reinforced posts. Int J Adhes Adhes. 2011; 31(4): 265-270.

Salameh Z, Ounsi HF, Aboushelib MN, Sadig W, Ferrari M, Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars with and without glass fiber post in combination with a zirconia–ceramic crown. *Int J Dent*. 2008; 36(7): 513-519.

Salehrabi r, Rotstein I, Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod*. 2004; 30(12): 846-850.

Samimi P, Mortazavi V, Salamat F, Effects of heat treating silane and different etching techniques on glass fiber post push-out bond strength. *Operative dentistry*. 2014; 39(5):217-24.

Samran A, El Bahra S, Kern M, The influence of substance loss and ferrule height on the fracture resistance of endodontically treated premolars. An in vitro study. *Dent Mater*. 2013; 29(12): 1280-1286.

Santos-Filho P, Castro C, Silva G, Campos R, Soares C, Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *Int Endod J*. 2008; 41(6): 493-501.

Santos Pantaleón D, Morrow BR, Cagna DR, Pameijer CH, Garcia-Godoy F, Influence of remaining coronal tooth structure on fracture resistance and failure mode of restored endodontically treated maxillary incisors. *J Prosthet Dent*. 2018; 119(3): 390-396.

Saupe WA, Gluskin AH Radke Jr. RA, A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and a resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. *Quintessence Int*. 1996; 27(7): 483-491.

Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N, Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals- A Literature Overview. *Biomed Res Int*. 2016; 8421656.

Schmage PF, Cakir Y, Nergiz I, Pfeiffer P, Effect of surface conditioning on the retentive bond strengths of fiberreinforced composite posts. *J Prosthet Dent*. 2009; 102(6): 368-377.

Schwartz RS, Robbins JW Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. J Endod. 2004; 30(5): 289-301.

Scotti N, Forniglia A, Tempesta RM, Comba A, Saratti CM, Pasqualini D, Alovisi M, Berutti E, Effects of fiber-glass-reinforced composite restorations on fracture resistance and failure mode of endodontically treated molars. Int J Dent. 2016; 53: 82-87.

Sevimay S, Aslan B, Post Uygulamalarında Kanal Patlarının Ve Yapıştırma Ajanlarının Koronal Sızıntıya Etkileri. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2002(1).

Shahverdi S, Canay S, Sahin E, Bilge A, Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. J Oral Rehabil. 1998; 25(9): 699-705.

Sheets CE, Dowel and core foundations. J Prosthet Dent. 1970; 23(1): 58-65.

Shenoy M, Melo D, Evaluation of mechanical properties of unsaturated polyester-guar gum/hydroxypropyl guar gum composites. Express Polymer Letters. 2007; 1(9): 622-628.

Sherfudhin H, Hobeich J, Carvalho CA, Aboushelib MN, Sadig W, Salameh Z, Effect of different ferrule designs on the fracture resistance and failure pattern of endodontically treated teeth restored with fiber posts and all-ceramic crowns. J Appl Oral Sci. 2011; 19(1): 28-33.

Shillingburg HT, K. J. (1982). Restoration of Root Canal-Treated Teeth: An Adhesive Dentistry Perspective. Chicago, Quintessence Publish. Co. Inc 1982.

Shylenko D, Shylenko R, Krivda M, Rogov I, Individual Selection Pin Systems Depending On A Clinical Situation. World of Medicine and Biology. 2010; 6(26): 134-140.

Sipahi C, Piskin B, Akin GE, Bektas OO, Akin H, Adhesion between glass fiber posts and resin cement: evaluation of bond strength after various pre-treatments. Acta Odontol Scand. 2014; 72(7): 509-515.

Sirimai S, Riis DN, Morgano SM An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 1999; 81(3): 262-269.

Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K, Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.*1990; 16(10): 498-504.

Skupien J, Luz M, Pereira-Cenci T, Ferrule effect: A meta-analysis. *JDR Clinical & Translational Research.* 2016; 1(1): 31-39.

Smith CT, Schuman N, Prefabricated post-and-core systems: an overview. *Compend Contin Educ Dent.* 1998; 19(10): 1013-1018, 1020.

Smith CT, Schuman NJ, Wasson W, Biomechanical criteria for evaluating prefabricated post-and-core systems: A guide for the restorative dentist. *Quintessence Int.* 1998; 29(5).

Soares CJ, Santana FR, Pereira JC, Araujo TS, Menezes MS, Influence of airborne-particle abrasion on mechanical properties and bond strength of carbon/epoxy and glass/bis-GMA fiber-reinforced resin posts. *J Prosthet Dent.* 2008; 99(6): 444-454.

Sonmez I, Sönmez D, Erkmen Almaz M, Evaluation of push-out bond strength of a new MTA-based sealer. *Eur Arch Paediatr Den.* 2013; 14.

Sorensen JA, Engelman MJ, Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1990; 64(4): 419-424.

Sorensen JA, Engelman MJ, Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1990; 63(5): 529-536.

Sorensen JA, Martinoff JT Clinically significant factors in dowel design. *J Prosthet Dent.* 1984; 52(1): 28-35.

Spohr AM, Borges GA, Junior LH, Mota EG, Oshima HM, Surface modification of In-Ceram Zirconia ceramic by Nd:YAG laser, Rocatec system, or aluminum oxide sandblasting and its bond strength to a resin cement." *Photomed Laser Surg.* 2008; 26(3): 203-208.

Standlee JP, Caputo AA, Hanson EC, Retention of endodontic dowels: effects of cement, dowel length, diameter, and design. *J Prosthet Dent.* 1978; 39(4): 400-405.

Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J.* 2002; 35(7): 575-581.

Stankiewicz N, Wilson P. The ferrule effect. *Dent Update.* 2008; 35(4): 222-224, 227-228.

Stern N, Hirshfeld Z. Principles of preparing endodontically treated teeth for dowel and core restorations. *J Prosthet Dent.* 1973; 30(2): 162-165.

Stockton LW. Factors affecting retention of post systems: a literature review." *J Prosthet Dent.* 2009; 81(4): 380-385.

Strassler HE, Cloutier PC. A new fiber post for esthetic dentistry. *Compend Contin Educ Dent.* 2003; 24(10): 742-48

Streacker AB, Kenyon B. A simplified technique for fabricating an acrylic resin cast dowel and core pattern. *J Prosthet Dent.* 2005; 94(4): 404-405.

Stricker EJ, Gohring TN. Influence of different posts and cores on marginal adaptation, fracture resistance, and fracture mode of composite resin crowns on human mandibular premolars. An in vitro study. *J Dent.* 2006; 34(5): 326-335.

Strub J, Pontius O, Koutayas S. Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems after exposure in the artificial mouth. *J Oral Rehabil.* 2001;28(2): 120-124.

Suer K, Ozkan L, Guvenir M. Antimicrobial effects of sodium hypochlorite and Er,Cr:YSGG laser against *Enterococcus faecalis* biofilm. *Niger J Clin Pract.* 2020; 23(9): 1188-1193.

Summitt J, Robbins J, Hilton T, Schwartz R, Santos J. Fundamentals of operative dentistry. Hanover Park. Quintessence: 2006; 340-393.

Sumra N, Kulshrestha R. Lasers in non-surgical periodontal treatment a review. 2019; 21(5): 255-261.

Swift EJ, Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann H. Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. Elsevier Health Sciences. 2006

Şen D. Simantasyon, Quintessence Yayıncılık. İstanbul.2014

Tan PL, Aquilino SA, Gratton DG, Stanford CM, Tan SC, Johnson WT, Dawson D. In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. J Prosthet Dent. 2005; 93(4): 331-336.

Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. J Endod. 2010; 36(4): 609-617.

Teixeira CS, Silva-Sousa YTC, Sousa-Neto MD. Bond strength of fiber posts to weakened roots after resin restoration with different light-curing times. J Endod. 2009; 35(7): 1034-1039.

Terry DA, Swift EJ. Post-and-cores: Past to present. Dent Today. 2010; 29(1): 132.

Tey KC, Lui JL. The effect of glass fiber-reinforced epoxy resin dowel diameter on the fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthodont. 2014; 23(7): 572-581.

Toksavul S, Toman M, Uyulgan B, Schmager P, Nergiz I. Effect of luting agents and reconstruction techniques on the fracture resistance of pre-fabricated post systems. J Oral Rehabil. 2005; 32(6): 433-440.

Torbjörner A, Karlsson S, Syverud M, Hensten-Pettersen A. Carbon fiber reinforced root canal posts. Mechanical and cytotoxic properties. Eur J Oral Sci. 1996; 104(5-6): 605-611.

Tosun G, Sener Y, Sengun A. Effect of storage duration/solution on microshear bond strength of composite to enamel. Dent Mater J. 2007; 26: 116– 21.

Touré B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: a prospective study. J Endod. 2011; 37(11): 1512-1515.

Trabert KC, Caput AA, Abou-Rass M. Tooth fracture--a comparison of endodontic and restorative treatments. J Endod. 1978; 4(11): 341-345.

Trope M, Maltz DO, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. *Dent Traumatol.* 1985; 1(3): 108-111.

Tuncdemir AR, Yıldırım C, Güller F, Özcan E, Usumez A. The effect of post surface treatments on the bond strength of fiber posts to root surfaces. *Lasers Med Sc.* 2013; 28(1): 13-18.

Tylka DF, Stewart GP. Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *J Prosthet Dent.* 1994; 72(2): 121-127.

Tzimpoulas NE, Alisafis MG, Tzanetakakis GN, Kontakiotis EG. A prospective study of the extraction and retention incidence of endodontically treated teeth with uncertain prognosis after endodontic referral. *J Endod.* 2012; 38(10): 1326-1329.

Uhl A, Sigusch BW, Jandt KD. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dent Mater J.* 2004; 20(1): 80-87.

Uludamar A, Akalin B, Ozkan YK. Zirkonyum esaslı tam seramik restorasyonlarda simantasyon öncesi yüzey hazırlıkları. *Cumhuriyet Dental Journal.* 2011; 14(2): 140-153.

Uzun G, Keyf F. Geleneksel post-core sistemlerine bir alternatif: polietilen fiber post. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi.* 2007; 31(2): 43-48.

Valandro LF, Yoshiga S, De Melo RM, Galhano GAP, Mallmann A, Marinho CP, Bottino MA. Microtensile bond strength between a quartz fiber post and a resin cement: Effect of post surface conditioning. *J Dent Res.* 2006;8(2): 105-111.

Vallittu PK. A review of fiber-reinforced denture base resins. *J Prosthodont.* 1996; 5(4): 270-276.

Vallittu PK. Some aspects of the tensile strength of unidirectional glass fibre–polymethyl methacrylate composite used in dentures. *J Oral Rehabil.* 1998; 25(2): 100-105.

van As G. Erbium lasers in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2004; 48(4): 1017-1059

Van Meerbeek B, J. Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *Int J Dent.* 1998; 26(1): 1-20.

Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriele M, Tay FR, Ferrari M. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J*. 2006; 39(1): 31-39.

Varela SG, Rábade LB, Lombardero PR, Sixto JML, Bahillo JDG, Park SA. In vitro study of endodontic post cementation protocols that use resin cements. *J Prosthet Dent*. 2003; 89(2): 146-153.

Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin. *J Dent Res*. 1997; 76(6): 1298-1307.

Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mater J*. 2002; 18(7): 495-502.

Vidotti HA, Pereira JR, Insaurralde E, de Almeida ALPF, do Valle AL. Thermo and mechanical cycling and veneering method do not influence Y-TZP core/veneer interface bond strength. *Int J Dent*. 2013; 41(4): 307-312.

Vignesh KC, Kandaswamy E, Muthu MS. A Comparative Evaluation of Fracture Toughness of Composite Resin vs Protemp 4 for Use in Strip Crowns: An In Vitro Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2020; 13(1): 57-60.

Vire DE. Failure of endodontically treated teeth: classification and evaluation. *J Endod*. 1991;17(7): 338-342.

Visuri SR, Gilbert JL, Wright DD, Wigdor HA, Walsh Jr JT. Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. *J Dent Res*. 1996; 75(1): 599-605.

Vivadent I. Scientific Documentation SpeedCEM Product Information. 2010.

Wandscher VF, Bergoli CD, de Oliveira AF, Kaizer OB, Borges ALS, Limberguer IF, Valandro LF. Fatigue surviving, fracture resistance, shear stress and finite element analysis of glass fiber posts with different diameters. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2015; 43: 69-77.

Watanabe T, Ino S, Okada S, Katsumata Y, Hamano N, Hojo S, Teranaka T, Toyoda M. Influence of simplified silica coating method on the bonding strength of resin cement to dental alloy. *Dent Mater J*. 2008;27(1): 16-20.

Weine FS. *Endodontic therapy*, CV Mosby. 2003

Weiser F, Behr M. Self-adhesive resin cements: a clinical review. *J Prosthodont*. 2005; 24(2): 100-108.

Wolf DM, Powers JM, O'Keefe KL. Bond strength of composite to porcelain treated with new porcelain repair agents. *Dent Mater J*. 1992; 8(3): 158-161.

Wu MK, Wesselink P. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J*. 1993; 26(1): 37-43.

Xible AA, Tavarez RR, Araujo Cdos R, Bonachela WC. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: An in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2006; 95(3): 224-229.

Üstün Y, Özçelik O. Karbondioksit Lazerin Ağız Dokularında Kullanımı. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*. 2007; 1(4): 55-62.

Yazıcı E. Er:YAG lazerin farklı atım süreleriyle uygulanmasının etch&rinse adeziv sistemi ile kullanılan bir kompozitin mine ve dentine mikro gerilim bağlanma dayanıklılığı üzerine etkisi Doktora, Hacettepe Üniversitesi. 2009.

Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. 2008; *J Prosthet Dent*. 99(1): 38-45.

Yıkılğan, İ, Bala O. Endodontik tedavi görmüş dişlerin konservatif restorasyonları. *Acta Odontologica Turcica*. 2013;30(1): 44-48.

Yu, X, Guo B, Li KZ, Zhang R, Tian Y, Wang H, Hu T. Cone-beam computed tomography study of root and canal morphology of mandibular premolars in a western Chinese population. *BMC medical imaging*. 2012; 12(1): 18.

Yum J, Cheung JGP, Park JK, Hur B, Kim HC. Torsional strength and toughness of nickel-titanium rotary files. *J Endod*. 2011; 37(3): 382-386.

Zadik Y, Sandler V, Bechor R, Salehrabi R. Analysis of factors related to extraction of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(5): 31-35.

Zaimoglu A, Can G. Sabit Protezler. Ankara, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları. 2004.

Zhang Y, Chen W, Zhang J, Li Y. Does Er,Cr:YSGG reduce the microleakage of restorations when used for cavity preparation: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2020;20(1): 269.

Zhang, Y, Jiang A. The influence of Er:YAG laser treatment on the shear bond strength of enamel and dentin: a systematic review and meta-analysis. *Quintessence Int Dent.* 2020; 51(1): 8-16.

Zhi-Yue L, Yu-Xing Z. Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent.* 2003; 89(4): 368-373.

Zhong, B, Zhang Y, Zhou J, Chen L, Li D, Tan J.(2011). UV irradiation improves the bond strength of resin cement to fiber posts. *Dent Mater J.* 2011; 30(4): 455-460.

Zicari, F, De Munck J, Scotti R, Naert I Van Meerbeek B. Factors affecting the cement–post interface. *Dent Mater J.* 2012; 28(3): 287-297.

Zmener, O, Spielberg C, Lamberghini F, Rucci M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. *Int Endod J.* 1997; 30(5): 332-334.