

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**FARKLI İRRİGASYON YÖNTEMLERİNİN FİBER
POSTLARIN BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNE
ETKİLERİ**

DT. BERKAN YILDIZ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Ayşe DÜNDAR
2022-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

FARKLI İRRİGASYON YÖNTEMLERİNİN FİBER
POSTLARIN BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNE

ETKİLERİ

DT. BERKAN YILDIZ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. AYŞE DÜNDAR

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TDH-2020-5461 proje numarası ile desteklenmiştir.

2022- ANTALYA

ONAY SAYFASI

Dt. Berkan YILDIZ tarafından sunulan bu çalışma jürimiz tarafından **oy birliği/oy çokluğu** ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Üye :

Üye :

Üye :

Bu tez,/...../..... tarih ve/..... sayılı Yönetim Kurulu kararıyla belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Diş Hekimliği Fakültesi

Kurum Yöneticisi

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarında etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu çalışmada elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Dt. Berkan YILDIZ

Doç. Dr. Ayşe DÜNDAR

TEŞEKKÜR

Hayatım boyunca desteğini her zaman yanımda hissettiğim, sevgisini hiçbir zaman benden esirgemeyen, bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi canım anneme,

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince, bilgisi ve tecrübesiyle bana yardımcı olan tez danışmanım Doç. Dr. Ayşe DÜNDAR'a,

Uzmanlık eğitimime önemli katkıları olan değerli hocalarım Prof. Dr. Çağatay BARUTÇUGİL ve Prof. Dr. Osman Tolga HARORLI'ya,

Her zaman bilgilerini benimle paylaşan, desteklerini esirgemeyen değerli dostum Sevde Gül BATMAZ'a,

Birçok güzel anıyı paylaştığım asistan arkadaşlarım Tuğçe ODABAŞ, Ahmet GÜLTEKİN, Sergen ÖZDEMİR ile yardımcı personelimiz Kamuran KARAÇAM ve fakülte çalışanımız Nurşen PARTAL'a,

Restoratif Diş Tedavisi kliniğinde beraber çalıştığımız asistan arkadaşlarıma, yardımcı personelimize ve hemşirelerimize,

En içten ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması Cumhuriyetimizin kurucusu ve Ulu Önder Gazi Mustafa Kemal ATATÜRK'e ithaf edilmiştir.

Beni Türk Hekimlerine emanet ediniz!

ÖZET

FARKLI İRRİGASYON YÖNTEMLERİNİN FİBER POSTLARIN BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNE ETKİLERİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin, fiber postun bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma deneysel bir araştırma olup, geleneksel, Diyet lazer, Er,Cr:YSSG lazer ve Pasif ultrasonik irrigasyon aktivasyon yöntemleri kullanıldı. Çalışmaya dahil edilen 135 adet insan alt çene daimi küçük azı dişleri, kök boyları 15 mm olacak şekilde kesilerek standardize edildi. Push-out testi için kullanılacak örneklerin kök kanal tedavileri yapıldı ve ardından farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri uygulandı. Fiber post iki farklı rezin siman ile simante edildikten sonra apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerinden 1 mm kalınlığında disk şeklinde kesitler elde edildi. Elde edilen kesitlere universal bir test cihazı ile 0,5 mm/dakika hızında push-out bağlanma dayanımı testi yapıldı. Çalışmaya dahil edilen dişlerden 10 örnek konfokal lazer taramalı mikroskop analizi için, 5 örnek ise SEM analizi için ayrıldı. SPSS 22 paket programı ile elde edilen verilerin istatistiksel analizi yapılmıştır.

Bulgular: Her iki rezin simanda da, diyet lazer ile irrigasyon aktivasyonu yapılan örneklerin apikal üçlü bölgesinde diğer yöntemlere göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri bulunmuştur. ($p<0,05$) Ancak orta üçlü bölgesinde diyet lazer ile Er,Cr:YSSG lazer irrigasyon aktivasyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır. Koronal üçlü bölgesinde ise her iki rezin simanla yapıştırılan örnekler arasında, Er,Cr:YSSG ile irrigasyon aktivasyonu uygulanan örnekler en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini göstermiştir. Her iki rezin siman grubunda da en fazla koheziv tip kırılma görülmüştür.

Sonuç: Geleneksel irrigasyon hariç tutulmak üzere irrigasyon yöntemlerinin genel olarak fiber postun bağlanma dayanımını arttırdığı sonucuna varılsa da, kök kanalının tüm bölgeleri için tek bir yöntemin ideal olduğunu söylemek mümkün değildir.

Anahtar kelimeler: Fiber post, irrigasyon, push-out, rezin siman

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION METHODS ON BOND STRENGTH OF FIBER POSTS

Purpose: The aim of this study was to evaluate the effect of different irrigation activation methods on the bond strength of the fiber post.

Materials and Methods: This study is an experimental research and traditional, Diode laser, Er,Cr:YSSG laser and Passive ultrasonic irrigation activation methods were used. 135 human mandibular permanent premolars included in the study were standardized by cutting 15 mm in root length. Root canal treatments were performed on the samples to be used for the push-out test, and then different irrigation activation methods were applied. After the fiber post was cemented with two different resin cements, 1 mm thick disc-shaped sections were obtained from the apical, middle and coronal triple regions. Push-out bond strength test was performed on the obtained sections with a universal test device at a speed of 0,5 mm/min. Of the teeth included in the study, 10 samples were reserved for confocal laser scanning microscopy analysis, and 5 samples were reserved for SEM analysis. Statistical analysis of the data obtained with the SPSS 22 package program was performed.

Results: In both resin cements, higher bond strength values were found in the apical tripartite region of the samples with irrigation activation with diode laser. There is no statistically significant difference between irrigation activation. In the coronal triple region, among the specimens bonded with both resin cements, the specimens with Er,Cr:YSSG irrigation activation showed the highest bond strength values. The most cohesive type fracture was observed in both resin cement groups.

Conclusion: Although it is concluded that irrigation methods, excluding conventional irrigation, generally increase the bond strength of the fiber post, it is not possible to say that a single method is ideal for all regions of the root canal.

Keywords: Fiber post, irrigation, push-out, resin cement

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. İrrigasyonun Önemi.....	3
2.2. Smear Tabakası.....	4
2.2.1. Smear Tabakasının Önemi ve Uzaklaştırılması.....	5
2.3. Kök Kanal Dezenfeksiyonunda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	5
2.3.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	6
2.3.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA).....	7
2.4. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktivasyon Yöntemleri	8
2.4.1. Manuel Yöntemler	8
2.4.2. Mekanik Yöntemler	10
2.4.3. Lazer ile Aktivasyon Yöntemleri	14
2.5. Lazerlerin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları.....	16
2.6. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler	17
2.6.1 ER:YAG Lazerler	17
2.6.2. Er,Cr:YSSG Lazerler	19
2.6.3. Diyot Lazerler	20
2.6.4. Nd:YAG Lazerler	20
2.6.5. Argon Lazerler	21
2.6.6. Karbondioksit (CO ₂) Lazerler	21
2.7. Kanal Tedavisi Görmüş Dişlerin Restorasyonu	22

2.8. Post Sistemlerinin Sınıflandırılması	22
2.9. Fiber Postlar	23
2.10. Post Sistemlerinin Simantasyonu	25
2.11. Adezyon.....	26
2.12. Rezin Simanlar	26
2.13. Rezin Simanların Sınıflandırılması	27
2.13.1. Adeziv Sistemlerine Göre Rezin Simanlar.....	28
2.13.2. Polimerizasyon Mekanizmalarına Göre Rezin Simanlar	29
2.14. Bağlanma Dayanımının Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler	29
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	31
3.1. Örneklerin Hazırlanması	31
3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi.....	31
3.3. Post Boşluklarının Hazırlanması.....	33
3.4. İrrigasyon Prosedürleri	33
3.4.1. Kontrol Grubu:	33
3.4.2. Geleneksel İrrigasyon Yöntemi:	33
3.4.3. Pasif Ultrasonik İrrigasyon:.....	33
3.4.4. Diyet Lazer ile Aktivasyon:.....	34
3.4.5. Er,Cr;YSGG Lazer ile Aktivasyon:.....	35
3.5. Postların Simantasyonu:.....	36
3.6. Push-out Testi İçin Örneklerin Hazırlanması:.....	38
3.6.1. Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi:.....	39
3.6.2. Bağlanma Dayanımı Başarısızlıklarının Belirlenmesi:	41
3.7. Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM) Analizinin Yapılması:	43
3.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizinin Yapılması:.....	44
3.9. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi İçin İstatistiksel Analizlerin Yapılması	44
4.BULGULAR	45
4.1. Push-out Bağlanma Dayanımı Testine Ait Bulgular	45
4.2. Kopma Tipleri İnceleme Sonuçları	49
4.3. Dentin Yüzeylerine Ait SEM Analizi Bulguları	50

4.4. CLSM Analizi Bulguları.....	53
5. TARTIŞMA	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR	67



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
%	Yüzde
mm ²	Milimetrekaare
CO ₂	Karbondioksit
mm	Milimetre
w	Watt
nm	Nanometre
µm	Mikrometre
°C	Santigrat derece
sn	Saniye
N	Newton
G	Gauge
ml	Mililitre
mj	Mikrojoule
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
MPa	Megapaskal
GPa	Gigapaskal

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
Bis-GMA	Bis Glisidil Metakrilat
CHX	Klorheksidin
CLSM	Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
Er,Cr:YSGG	Erbium, Chromium:Yttrium Scandium Gallium Garnet
Er:YAG	Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
H₂O₂	Hidrojen Peroksit
Ho:YAG	Holmium: Yttrium Aluminum Garnet
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
LDF	Lazer Doppler Flowmetre
LED	Light Emitting Diode
MTA	Mineral Trioksit Agregat
MTAD	Tetrasiklin, Asit ve Deterjan Karışımı
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Nd:YAG	Neodmium: Yttrium Aluminum Garnet
PIPS	Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma
PUI	Pasif Ultrasonik İrrigasyon
RFT	Radial Firing Tip
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TEGDMA	Trietilen Glikol Dimetakrilat
UDMA	Üretan Dimetakrilat

ŞEKİLLER

		Sayfa
Şekil 3.2.1.	Çalışmada kullanılan endomotor ve döner alet eğeleri	32
Şekil 3.2.2.	Çalışmada kullanılan kanal dolgu patı	32
Şekil 3.4.3.	Pasif ultrasonik irrigasyon aktivasyon yöntemi	34
Şekil 3.4.4.	Diyot lazer ile aktivasyon yöntemi	35
Şekil 3.4.5.	Er, Cr: YSGG lazer ile aktivasyon yöntemi	36
Şekil 3.5.1.	Çalışmada kullanılan fiber post	37
Şekil 3.5.2.	Çalışmada kullanılan self adeziv rezin siman	37
Şekil 3.5.3.	Çalışmada kullanılan universal rezin siman	38
Şekil 3.5.4.	Çalışmada kullanılan LED ışık cihazı	38
Şekil 3.6.1.	Çalışmada kullanılan kesme cihazı	39
Şekil 3.6.2.	Push-out testi için örneklerden kesit alınması	39
Şekil 3.6.1.A	Push-out test düzeneği	40
Şekil 3.6.1.B	Push-out testinin uygulanması	40
Şekil 3.6.2.1.	Çalışmada kullanılan steromikroskop	41
Şekil 3.6.2.2.	Rezin siman ile dentin arasındaki tip 1 adeziv kopmanın görüntüsü	42
Şekil 3.6.2.3.	Rezin siman içerisinde meydana gelen tip 2 koheziv kopmanın görüntüsü	42
Şekil 3.6.2.4.	Her iki kopmanın bir arada görüldüğü tip 3 miks kopmanın görüntüsü	43

Şekil 3.8.	SEM incelemesi için örneklerin hazırlanması	44
Şekil 4.1.1.	Panavia F2.0 için push-out bağlanma dayanımı testine ait bulguların (MPa) grafiksel görünümü	46
Şekil 4.1.2.	Rely X U200 için push-out bağlanma dayanımı testine ait bulguların (MPa) grafiksel görünümü	46
Şekil 4.3.1.	Diyot lazer ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri	50
Şekil 4.3.2.	Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait büyütmelelerdeki SEM görüntüleri	51
Şekil 4.3.3.	PUI ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri	52
Şekil 4.3.4.	Geleneksel yöntem ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri	52
Şekil 4.3.5.	Kontrol grubundaki örneğin örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri	53
Şekil 4.4.	Farklı örneklere ait CLSM görüntüleri	54

TABLÖLAR

		Sayfa
Tablo 4.1.A	Panavia F2.0 grubunda yer alan örneklerin ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları	47
Tablo 4.1.B	Rely X U200 grubunda yer alan örneklerin ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları	47
Tablo 4.1.C	Apikal üçlü bölgesinde farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin Panavia F2.0 ve Rely X U200 simanlarda görülen ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları	48
Tablo 4.1.D	Orta üçlü bölgesinde irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin Panavia F2.0 ve Rely X U200 simanlarda görülen ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları	48
Tablo 4.1.E	Koronal üçlü bölgesinde farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin Panavia F2.0 ve Rely X U200 simanlarda görülen ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları	48
Tablo 4.2.1.	Panavia F2.0 ile yapıştırılan örneklerde kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı	49
Tablo 4.2.2.	Rely X U200 ile yapıştırılan örneklerde kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı	49

1.GİRİŞ

Dişlerde meydana gelen internal veya eksternal rezorpsiyonlar, travma, hatalı yapılan restorasyonlar ve çürük gibi nedenlerle, kök kanal tedavisine ihtiyaç duyulmaktadır. Kök kanal tedavisi uygulanan dişlerin zamanla su kaybettiği ve kollajen çapraz bağlarının değişikliklere uğradığı öne sürülmektedir.⁽¹⁾ Bu nedenle kanal tedavisi yapılmış olan dişler kırılmaya karşı daha hassas olabilmektedir.⁽²⁾

Günümüzde kanal tedavisi yapılmış ve diş kron yapısı parsiyel olarak veya tamamen harap olmuş dişlerin tedavisinde postlar sıklıkla kullanılmaktadır. Post sistemleri, kök kanalına bağlanmanın iyileştirilmesi, dişin elastisite modülüne yakın özellik gösterebilmesi ve post operatif başarısızlıkların önüne geçilmesi amacıyla geçmişten günümüze sürekli gelişim göstermiştir.

Bazı araştırmalarda post boşluğu hazırlığının ve kanal içi post uygulamasının kökü zayıflatabileceği ve kök kırıklarına sebep olabileceği bildirilmesine rağmen, özellikle koronal madde kaybı fazla olan kanal tedavili dişlerin dayanıklılığını arttırmak ve final restorasyonu desteklemek amacıyla post sistemlerinin kullanılması önerilmektedir.^(3, 4)

Günümüzde fiber postlar, kök dentinine yakın elastisite modülü ve estetik gibi avantajları sebebiyle giderek yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. ⁽⁵⁾ Bu yaygın kullanımla birlikte, simantasyona verilen önem artmakta ve bonding teknikleri geliştirilmektedir. Fiber postun kök kanalına bağlanması, kompleks ve uygulama sırasında teknik hassasiyet gerektiren aşamalardan oluşur. ⁽⁶⁾ Post operatif başarısızlıklar arasında en sık gözlenen retansiyon kaybı, rezin simanların post ve kök dentini arasında dayanıklı bir bağlantı oluşturması ile önlenir.^(7, 8)

Fiber postların kök dentinine bağlanmasında yaygın olarak kullanılan rezin simanlar, üretici talimatlarına göre uygulanmakta ve uygulama öncesinde bir ön işleme gerek duyulmamaktadır.^(9, 10) Bağlanma mekanizmaları, içeriğinde bulunan asidik monomerlerin dentini demineralize etmesiyle oluşan infiltrasyon ile birlikte mikromekanik bağlantının oluşmasına dayanır.^(10, 11)

Kök kanallarının temizlenmesi, mekanik preparasyon ve irrigasyon işlemlerinin etkin bir şekilde yapılmasıyla doğrudan ilgilidir.⁽¹²⁾ Post simantasyonundan önce döner aletler ile yapılan kök kanal hazırlığı sırasında oluşan smear tabakası, rezin simanın kök dentinine infiltrasyonunu engelleyebilir.^(9, 13) Nekrotik doku, dentin artıkları, mikroorganizmalar ve pulpa dokusundan oluşan smear tabakasını ortadan kaldırmak için, sodyum hipoklorit, etilen diamin tetra asetik asit ve bunların kombinasyonları, ayrıca poliakrilik asit gibi farklı ajanlar çalışmalarda kullanılmıştır.^(9, 14, 15)

Geleneksel irrigasyon yöntemi ile solüsyonların kanal içerisinde akım kuvveti oluşturarak partikülleri etkin bir şekilde uzaklaştırması çoğu kez mümkün değildir. Ayrıca irrigasyon solüsyonlarının kök kanalındaki etkinliği, kök kanalının karmaşık anatomik yapısı, isthmuslar, yan kanallar ve apikal deltalar sebebiyle sınırlanabilmektedir.⁽¹⁶⁾

Kök kanal preparasyonu sırasında uygulanan mevcut teknikler ile kullanılan irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını uzaklaştırma ve kanal içi dezenfeksiyon etkinliğini arttırmak için araştırmalar devam etmektedir. Farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin kullanımı ile smear tabakasının daha etkili bir şekilde uzaklaştırılması ve irrigasyon solüsyonlarının kök kanal dezenfeksiyon etkisinin artırılması amaçlanmaktadır.⁽¹⁷⁾

Bu tez çalışmasının amacı, farklı irrigasyon yöntemlerinin fiber postların bağlanma dayanımı üzerine etkilerini incelemektir.

2.GENEL BİLGİLER

Kök kanal tedavisinin ve sonrasında yapılacak olan restorasyonun başarısında birçok faktör etkilidir. Mekanik preparasyon teknikleri, kullanılan irrigasyon ajanları ve bu ajanların aktive edilme yöntemleri smear tabakasının uzaklaştırılması ve dezenfeksiyonun sağlanmasında önemli rol oynar.⁽¹⁷⁾

2.1. İrrigasyonun Önemi

İrrigasyon başarılı kök kanal tedavisinin önemli bir parçasıdır. İrrigasyon esnasında birçok önemli mekanik, kimyasal ve mikrobiyolojik işlevler yerine getirilir. Kök kanal tedavisi sırasında isthmuslara, lateral kanallara ve dikkatli yapılan enstrümantasyona rağmen oval ve düz kanallardaki geniş alanlara sınırlı mekanik temas sağlanır. Aynı zamanda bu alanlar, mikroorganizmaların biyofilm oluşturarak kök kanalını enfekte edebildikleri potansiyel tutunma yüzey alanlarıdır. Kanal aletlerinin ulaşamadığı ve temas edemediği bu bölgelere etki etmenin tek yolu irrigasyondur.⁽¹²⁾

Endodontik tedavide irrigasyonun gösterdiği olumlu etkiler şu şekilde sıralanabilir:⁽¹⁸⁾

- İrrigasyon solüsyonları, organik debrisleri uzaklaştırarak mikroorganizmaların çoğalmasını engeller.
- Kök kanal sistemindeki artık organik materyalleri eritir.
- Kök kanal içerisinde bulunan endotoksinlerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olur.
- Mikroorganizmaların kök kanal sistemine adezyonunu engeller ve daha kolay uzaklaştırılmasını sağlar.
- Smear tabakasını uzaklaştırır ve dentin tübüllerinin geçirgenliğini artırır.
- Tedavi sırasında kullanılan kanal içi medikamentlerin etkinliğinin artırılmasına yardımcı olur.
- Lubrikasyon özelliği göstererek kanal aletlerinin çalışmalarını kolaylaştırır.

- Enstrümantasyon sırasında oluşan debrislerin apikal bölgede birikmesini engelleyerek kanalın tıkanmasını önler.

İdeal bir irrigasyon solüsyonu ise şu özellikleri taşımalıdır:⁽¹⁹⁾

- Yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olmalıdır.
- Minimum sitotoksite göstermelidir.
- Nekrotik pulpa dokusunu çözebilmelidir.
- Endotoksinleri inaktive etmelidir.
- Smear tabakasının oluşumunu önlemeli ya da ortadan kaldırmalıdır.
- Düşük yüzey gerilimi göstermelidir.
- Restorasyonların pulpa odası duvarına bağlanmasına olumsuz etki göstermemelidir.
- Anaflaktik etki göstermemelidir.
- Uygulaması kolay ve maliyeti düşük olmalıdır.
- Raf ömrü uzun olmalıdır.
- Kolay muhafaza edilebilmelidir.

Günümüzde halen ideal irrigasyon özelliklerini taşıyabilecek bir solüsyonun arayışı devam etmekte ve buna yönelik bilimsel çalışmalar yapılmaktadır.

2.2. Smear Tabakası

Kök kanal enstrümantasyonu sırasında, bakteri ve yan ürünlerini de içerebilen organik ve inorganik yapıdan oluşan smear tabakası ortaya çıkar. Smear tabakası ilk olarak 1970 yılında Eick ve arkadaşları tarafından taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak rapor edildi.⁽²⁰⁾ Çalışmada smear tabakasının boyutu 0,5-15 µm'den daha küçük partiküllerden oluştuğu belirtilmiştir. Brännström & Johnson 1974 yılında smear tabakasının 2-5 µm kalınlığında olduğunu ve dentin tübüllerinin içerisine birkaç mikrometre nüfuz ettiğini bildirdi.⁽²¹⁾

Smear tabakasının içeriği ve kalınlığı, irrigasyon solüsyonunun özelliğine, kullanım süresine, miktarına, kök kanalının anatomisine ve şekillendirme sırasında kullanılan aletlere göre değişkenlik göstermektedir.⁽²²⁾ Bir çalışmada smear tabakası, 'inorganik

dentin içerisine transloke olmuş organik madde'' olarak tanımlanmıştır.⁽²³⁾ Kanal enstrümantasyonunun ilk aşamalarında, kök kanalındaki nekrotik ya da canlı pulpa dokusu bulunması sebebiyle yüksek organik içeriğe sahip olabilir. SEM altında incelendiğinde, düzensiz amorf ve irregüler bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.⁽²⁴⁾

2.2.1. Smear Tabakasının Önemi ve Uzaklaştırılması

Literatürde smear tabakasının korunması ya da kök kanalından uzaklaştırılmasıyla ilgili farklı görüşler vardır. Bazı çalışmalarda smear tabakasının dentin tübüllerini tıkayarak bakteri ve toksin penetrasyonuna karşı bariyer görevi görebileceği bildirilmiştir.^(25, 26) Farklı olarak, büyük bir kısmının su içermesi sebebiyle büyüklüğünün tahmin edilememesi, kanal içi medikamentlerin etkisini sınırlandırabilmesi, dolgu malzemeleri ile kök kanal duvarı arasında bariyer görevi görerek post operatif sızdırmazlığı etkileyebilmesi, bakteri yan ürünlerini ve nekrotik dokuları içermesi, gevşek yapısından dolayı dentin tübüllerinin içerisine bakteri invazyonuna yol açabilmesi sebebiyle bazı araştırmacılar tarafından ortadan kaldırılması gerektiği savunulmuştur.^(24, 27, 28) Günümüzde irrigasyon solüsyonlarının kullanımı ile beraber smear tabakasının oluşumunu önleme veya oluşan tabakanın ortadan kaldırılmasını sağlama yönünde teknikler ve ürünler kullanılmaktadır.^(29, 30) Yaygın olarak kullanılan prosedür organik kısım için sodyum hipokloritin (NaOCl), inorganik kısım içinse etilen diamin tetra asetik asitin (EDTA) kullanımındır.⁽³¹⁾

2.3. Kök Kanal Dezenfeksiyonunda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

İrrigasyon solüsyonları, mikroorganizmaları, doku yıkımı ile ilişkili ürünleri, organik ve inorganik kalıntıları ortadan kaldırarak, tedavi sırasında lubrikant ve dezenfekte edici olarak işlev görür. İrrigasyon ajanlarının etkinliğini arttırmak için, sıcaklığını artırma, pH'ını düşürme, içeriğine farklı aktif maddeler ekleme gibi yöntemler denenmiş olsa da, hiçbir irrigasyon ajanı tek başına ideal özellikleri karşılayamamaktadır.⁽³²⁾ Endodontik kullanım için sıklıkla önerilen irrigasyon ajanları şu şekilde sıralanabilir:⁽¹⁹⁾

- Hidrojen peroksit (H_2O_2)
- Karbamid peroksit
- Sodyum hipoklorit (NaOCl)
- İodin potasyum iodid

- Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA)
- Klorheksidin (CHX)
- Mixture of tetracycline, acid and detergent (MTAD)
- Qmix
- Tetraclean
- Şelasyon ajanları
- Endogram: Ruddle Solüsyonu.

2.3.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit (NaOCl), ilk olarak 1919 yılında endodontik irrigasyon ajanı olarak tanımlanmıştır.⁽³³⁾ Geniş etki spektrumu, kolay elde edilebilmesi, uzun raf ömrü ve nispeten ucuz olması sebebiyle günümüzde en çok tercih edilen irrigasyon ajanlarından biridir.⁽¹⁸⁾

NaOCl yüksek pH'ı ile, bakteri membran bütünlüğünde enzimatik inhibisyon oluşturup, hücrel metabolizmada biyosentetik değişiklikler yaparak antimikrobiyal etki gösterir. Hidroksil iyonları ve kloraminasyon ile bakteriyel enzimlerin irreversible inaktivasyonunu sağlar. Aynı zamanda yağ asitleri ile gliserol arasındaki ester bağlarını parçalayarak, suda çözünen serbest yağ asitleri ve gliserol ortaya çıkan hidroksil reaksiyonları ile organik dokuları çözer.⁽³⁴⁾

NaOCl'nin etkisinin, sıcaklığa, doku ile temas süresine, doku tipine, kullanılan aktivasyon sistemine, pH'a ve konsantrasyonuna göre değiştiği bildirilmiştir.⁽³⁵⁾ Endodontide %5 ile %6 arasında değişen farklı konsantrasyon aralıklarında kullanılmasına rağmen, ideal konsantrasyonu konusunda henüz netlik yoktur. Grossman ve Meiman, %5'lik NaOCl'nin pulpa dokusunu 20 dakika ile 2 saat arasında çözdüğünü bildirmişlerdir.⁽³⁶⁾ Başka bir çalışmada NaOCl'nin %1, %2,5 ve %5'lik konsantrasyonları arasında antibakteriyel etkinlik açısından fark olmadığını gösterilmiştir.⁽³⁷⁾

Düşük konsantrasyonlu NaOCl solüsyonlarının doku çözücü özelliğini arttırmak için, materyalin sıcaklığını arttırmak etkili bir yöntem olabilir. Yapılan çalışmalarda ısıtılmış NaOCl solüsyonlarının, ısıtılmamış olanlara göre organik çözücü etkinliğinin daha fazla olduğu ortaya konmuştur.^(1, 38) NaOCl'nin sıcaklığının arttırılmasının antimikrobiyal etkinlik üzerine etkisi de çalışmalarda incelenmiştir. Yapılan bir çalışmada

5°C ile 60°C'deki her 5°C'lik artışın NaOCl'nin antimikrobiyal etkinliğini 2 katına çıkardığı bildirilmiştir.⁽³⁹⁾ Bir başka çalışmada, NaOCl'nin sıcaklığının 25°C'ye artırılmasının E. Faecalis üzerindeki antimikrobiyal etkinliğini 100 kat arttırdığı rapor edilmiştir.⁽⁴⁰⁾ Benzer şekilde 45°C'deki %1'lik NaOCl'nin, 20°C'deki %5,25 lik NaOCl solüsyonuyla eşit şekilde dental pulpaya etki gösterdiği literatürde yer almaktadır.⁽⁴⁰⁾ NaOCl'nin düşük konsantrasyondaki solüsyonlarının ısıtılmasının, daha yüksek konsantrasyonlu ve ısıtılmamış NaOCl solüsyonları gibi benzer etki göstermesinin yanı sıra, düşük konsantrasyonu sebebiyle daha az toksik etki göstermesi beklenir.⁽¹⁾

NaOCl'nin adeziv sistemlerin dentine bağlanması üzerine etkisi ile ilgili literatürde çalışmalar mevcuttur.^(41, 42) Pioch ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, asitle pürüzlendirilmiş dentine uygulanan NaOCl'nin adezivin bağlanma dayanımı üzerine etkisi araştırılmıştır. Dentin kollajen tabakasının NaOCl ile muamele edilmesinin ardından bağlanma dayanımının kullanılan adezive göre arttığı ya da azaldığı bildirilmiştir.⁽⁴³⁾ Osorio ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir başka çalışmada, NaOCl uygulamanın adezivin kesme bağlanma dayanımı üzerinde herhangi bir olumlu etkisinin bulunmadığı gözlemlenmiştir.⁽⁴⁴⁾ NaOCl iyi bir organik doku çözücü olmasına rağmen, inorganik dokuyu çözücü etkinliği düşüktür. Smear tabakasını kaldırmadaki etkinliği kısıtlı olduğundan şelasyon ajanları gibi inorganik çözücü etkinliği bulunan ajanlarla kombine kullanımı önerilmektedir.⁽⁴⁵⁾

2.3.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

Etilen diamin ve klorasetik asitten elde edilen EDTA 1935 senesinde Ferdinand Munz tarafından ortaya konmuştur. Endodontik tedavide şelasyon ajanı olarak kullanılması ise ilk kez 1957 yılında gerçekleşmiştir.⁽⁴⁶⁾ EDTA poliamino karboksilik asit bileşiğidir ve 2 amino ve 4 karboksil bağı içerir.

EDTA endodontik tedavide kullanılırken, kalsiyum ve magnezyum gibi inorganik elementler ile şelat oluşturarak bunların kök dentininden uzaklaşmalarını sağlar.⁽⁴⁷⁾ Bunun sonucunda ortama salınan proton iyonları ile pH'da görülen düşüş EDTA'nın etkisini azaltır. Bu nedenle dentin üzerinde oluşan demineralizasyon sınırlı kalır. Yapı-

lan çalışmalarda EDTA ile oluşturulan dentin demineralizasyonu için optimum pH koşullarının 7 ve üzeri olması gerektiği rapor edilmiştir.⁽⁴⁸⁾ EDTA solüsyonlarının pH'ı arttıkça şelasyon yapabilme ve penetrasyon kapasitesi artar.⁽⁴⁹⁾

EDTA'nın aynı zamanda antimikrobiyal etkisi bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda EDTA'nın biyofilm oluşumunu önlediği ve biyofilmi ortadan kaldırdığı rapor edilmiştir.^(50, 51) Kombine edilen birçok formunda ve kullanılan farklı konsantrasyonlarında, pH değerinin de değişmesi ile birlikte biyofilm üzerindeki etkisi çeşitlilik gösterir. Kalsiyum, magnezyum, demir iyonları ile şelasyon yaparak bakteri duvarına etki eder ve lipopolisakkaritleri açığa çıkarır.⁽⁵²⁾

EDTA'nın konsantrasyonu ve kök kanalı içerisinde kullanım süresi de önem taşımaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda kullanımda, dentin tübüllerinin erozyonuna neden olmaktadır.⁽²⁹⁾ Yapılan bir çalışmada, %17'lik EDTA'nın dentin tübül ağzlarını kullanılan diğer iki irrigasyon ajanına göre çok daha fazla genişlettiği rapor edilmiştir.⁽⁵³⁾ Bu olumsuz etki düşük konsantrasyonlarda ve uygun sürelerde kullanımla birlikte önlenabilmektedir. EDTA'nın %1'den %17'ye kadar değişen konsantrasyonlarda smear tabakasına etki gösterdiği, düşük konsantrasyonlarda daha az demineralizasyon sağladığı ve 3 dakikalık kullanımda smear tabakası ortadan kaldırdığı literatürde bildirilmiştir.⁽⁵³⁾

2.4. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktivasyon Yöntemleri

2.4.1. Manuel Yöntemler

Endodontide manuel olarak solüsyonların aktive edilmesinin sağlandığı yöntemler, enjektör iğneleri, fırçalar ve manuel dinamik aktivasyon tekniğinin kullanımıdır.

Enjektör iğneleri ile irrigasyon aktivasyonu

İrrigasyon sırasında iğnenin koronoapikal yönde hareket ettirilerek aktivasyonun sağlandığı konvansiyonel yöntemdir. İğnenin çapı, apikal boyut ve kanal konikliği aktivasyonda önem taşır. Etkili irrigasyon için farklı tiplerde iğneler geliştirilmiştir. Ucu açık iğneler çalışma boyuna yerleştirildiğinde, apikalden solüsyonun taşma riski vardır. Bunu önlemek için farklı tiplerde ucu kapalı ve yandan açılan ya da ucu kapalı ve yanda delikleri olan iğneler geliştirilmiştir.⁽⁵⁴⁾ İrrigasyon esnasında iğnenin kök kanalı

içerisinde rahat hareket edebilmesi, periapikal dokulara ekstrüzyonu önlerken, fazla solüsyonun koronalden uzaklaşmasını ve kullanılan solüsyon hacminin kontrolünü sağlar.⁽⁵⁵⁾ Ancak geleneksel iğne irrigasyonun, erişilemeyen kanal uzantılarının ve düzensizliklerin bakteri bulundurma potansiyeli sebebiyle mekanik kanal debridman etkisi nispeten zayıftır.⁽⁵⁶⁾

İrrigasyonun etkinliğinin artırılması ve yeterli sıvı dönüşümünün sağlanabilmesi için iğne ucu çalışma boyuna yakın yerleştirilmelidir. Yapılan bir çalışma, solüsyonun iğne ucundan 1 mm daha derine verilebildiğini göstermiştir.⁽⁵⁷⁾ İrrigasyon solüsyonu olarak EDTA ve NaOCl'nin kullanıldığı başka bir çalışmada, irrigasyon etkinliği koronal ve orta üçlüde yeterli ancak apikal üçlüde daha az etkili bulunmuştur.⁽⁵⁸⁾

Fırçalar

Döner ege başlıkları ve ultrasoniklerle kullanılmak üzere International Organization for Standardization (ISO) standartlarına uygun boyutlarda geliştirilmişlerdir. Doğrudan kök kanalına irrigasyon yapmak için kullanılmazlar. İrrigasyon aktivasyonunu sağlamak için geliştirilen ve en bilinenler NaviTip FX (Ultradent Products Inc., Güney Ürdün, UT) ve Endobrush (C&S Microinstruments Ltd., Markham, Ontario, Kanada)'tır.

NaviTip FX (Ultradent Products Inc., Güney Ürdün, UT), piyasada bulunan 30 gauge boyutunda fırça ile kaplanmış irrigasyon iğnesidir. Bir çalışmada, NaviTip FX kullanımının, koronal 1/3'lük kısımda irrigasyon etkinliğini arttırdığını ancak orta ve apikal üçlüde aynı etkinin gözlenmediği belirtilmiştir.⁽⁵⁹⁾

Endobrush (C&S Microinstruments Ltd., Markham, Ontario, Kanada) ise bükülmüş tellere yerleştirilen naylon kıllardan oluşan aktif bir fırçalama hareketi sağlayan spiral bir fırçadır. Kullanımı sırasında boyut farklılığı sebebiyle kök kanalı içerisinde çalışma boyuna ulaşamayabilir. Ayrıca fırçalama hareketi sebebiyle apikal çevre dokulara debris taşıma riski bulunmaktadır.⁽⁶⁰⁾

Manuel dinamik aktivasyon tekniği

Bu yıkama şekli, kök kanalına uygun çapta seçilen guta perkanın, kök kanalı içerisinde ileri ve geri hareketleri ile oluşturulan hidrodinamik aktiviteye bağlı aktivasyon tekniğidir. ⁽⁶¹⁾ İleri geri hareketler esnasında kanal içerisinde oluşan basınç farklılıkları ile irrigasyon solüsyonunun kanal duvarları ile daha fazla teması sağlanır ve uzaklaştırılan debris miktarı artar. ⁽⁶²⁾ Literatürde bu yöntemin smear uzaklaştırma etkinliğinin Rins Endo irrigasyon sistemine ve geleneksel iğne irrigasyon sistemine göre daha fazla ancak ultrasonik yıkama yöntemine kıyasla daha az olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadırdır. ^(63, 64)

2.4.2. Mekanik Yöntemler

Endomotor ile kullanılan fırçalar

İrrigasyon solüsyonunun aktivasyonu için mikro fırçaların kullanımı ilk kez Ruddle tarafından gerçekleştirilmiştir. RuddleBrush, şaft ve fırça bölümlerinden oluşan, üzerinde radyal olarak uzanan kıllara sahiptir. Endomotor ile birlikte ve 300 rpm’de kullanılarak debrisin kök kanalından uzaklaştırılmasını sağlar. ⁽⁶⁵⁾

CanalBrush (Coltene/Whaledent GmbH+Co. KG, Almanya) döner aletle kullanılan bir diğer fırçadır ve 41 mm uzunluğa sahiptir. reticisinin talimatlarına göre 600 rpm’de çalıştırılarak kök kanalına uygulanır. Esnek yapıdadır ve polipropilenle kaplanmıştır. Yapılan bir çalışmada, kendi irrigasyon solüsyonu ile kullanıldığında etkili debris uzaklaştırma sağladığı rapor edilmiştir. ⁽⁶⁶⁾

Rotary enstrümantasyon ile yapılan aktivasyon yöntemleri

Quantec-E (SybronEndo, Orange, CA), sürekli yıkama yapan ve Quantec-E Endo System’e bağlı bir sistemdir. Sürekli yıkama sağlayan pompa, iki adet rezervuar ve boru sisteminden oluşur. Aktif döner enstrümantasyon ile irrigasyon solüsyonunun kök kanalına temas süresi ve etkinliği arttırılmaktadır.

Yöntemin iğne ile yıkamaya kıyasla daha etkili olabileceği düşünülse de, Setlock ve ark. yaptıkları çalışmada Quantec-E irrigasyonu geleneksel iğne yöntemine kıyasla smear tabakasını koronal üçlüde daha etkin uzaklaştırmaktadır. Ancak benzer avantaj orta ve apikal üçlüde gözlenmemiştir. ⁽⁶⁷⁾

Self adjusting file (SAF) sistemi (ReDent-Nova, Ra'anana, İsrail), kök kanalının şeklini alabilen içi boş kanal eğesine sahiptir. Preparasyon ve irrigasyon tek bir sistemde toplanır, 50 rpm'de çalıştırılmalı ve gagalama hareketi ile kullanılmalıdır. ⁽⁶⁸⁾ Enstrümana bağlanan özel bir irrigasyon sistemi enstrümantasyon sırasında sabit bir hızlı eğe içerisinden kanala irrigasyon solüsyonu verir. Sürekli irrigasyon akışı ve eğenin çalışması sonucu debrisin kanaldan uzaklaşması sağlanır. Debrisin kanaldan düzenli uzaklaştırılması, birikime bağlı komplikasyonların da önüne geçer. ⁽⁶⁹⁾

Sonik aktivasyon

Sonik sistemler, özel kanal aletleri ile horizontal yönde titreşim sağlayan ve aşağı yukarı hareketlerle kök kanal sisteminde kullanılan sistemlerdir.

Bu yönde geliştirilen Endo Aktivatör (Advanced Endodontics, Santa Barbara CA; EA), 1-6 kHz frekans aralığında çalışmakta ve başlık ile aktivatör uçlarından oluşmaktadır. Etki mekanizması kök kanalında ileri geri harekete bağlı oluşan hidrodinamik aktivasyon ile ilişkilidir. ⁽⁷⁰⁾ Yapılan bir çalışmada, kanal içi debrisi uzaklaştırma etkinliği açısından, EndoAktivatör, CanalBrush ve ultrasonik irrigasyon arasında fark olmadığı belirtilmiştir. ⁽⁷¹⁾ Bir başka çalışmada manuel, ultrasonik, negatif basınçla kanal yıkama yöntemleri ile EndoAktivatör'ün, apikalden debris taşması üzerine etkisi incelenmiş, EndoAktivatör'ün en iyi sonuçları gösterdiği rapor edilmiştir. ⁽⁷²⁾

Eddy (VDW, Münih, Almanya) sonik titreşimler ile aktivasyon sağlayan bir başka cihazdır. Esnek poliamidden yapılmış bir uca sahiptir. Bu uç, alet yüksek frekansta çalıştığı sırada kök kanalı morfolojisinde değişiklik yapılmasını engeller. Eddy'nin debris uzaklaştırmada etkili olduğu çalışmalarda rapor edilmiştir. ^(71, 73)

Ultrasonik aktivasyon

Ultrasonik aletler endodontide ilk kez 1957 yılında Richman tarafından kullanılmaya başlanmış ve iyi sonuçlar elde edilmiştir. Günümüzde endodontide kullanım alanları şu şekildedir: ⁽⁷⁴⁾

- Kanallara erişim, kalsifiye kanalları bulma ve pulpa taşlarının çıkarılması,
- Irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu,
- Guta perkaların kondanse edilmesi,

- Mineral trioksit agregat (MTA)'ın yerleştirilmesi,
- Kanal içi postların sökümü,
- Kök kanal preparasyonu,
- Endodontik cerrahi.

Literatürde iki tip ultrasonik irrigasyon tanımlanmaktadır. İlki ultrasonik irrigasyon ile enstrümantasyonun birlikte kullanımıdır. İkincisi ise, enstrümantasyon ile birlikte kullanılmadan çalışan pasif ultrasonik irrigasyondur (PUI). Ultrasonik irrigasyon ile enstrümantasyonun birlikte kullanımı, kök kanalının son şeklini bozarak istenmeyen komplikasyonlar ortaya çıkarabildiği için klinik pratikte çok az uygulanmaktadır. ⁽⁷⁵⁾

Literatürde PUI'nın daha avantajlı olduğunu gösteren çalışmalar vardır. ^(76, 77) PUI ilk olarak 1980 yılında Weller ve ark. tarafından irrigasyon için tanıtılmıştır. ⁽⁷⁸⁾ PUI'da aktif bir kesim yapılmaması sebebiyle pasif ibaresi geçmektedir. Çalışma mantığı, titreşim enerjisinin tel ya da eğe ile irrigasyon solüsyonuna aktarımından oluşmaktadır. ⁽⁷⁹⁾ PUI, irrigasyon solüsyonunu aktive etme yöntemleri arasında altın standart kabul edilmektedir. ⁽⁸⁰⁾ Sonik aktivasyon ile karşılaştırıldığında, ultrasonik aktivasyonun daha güçlü olduğu ve daha fazla debris ortadan kaldıracabildiği kanıtlanmıştır ve bu nedenle PUI'nın sonik aktivasyondan önemli ölçüde daha verimli olduğu iddia edilmektedir. ⁽⁸¹⁾

Islanabilirliği yüksek olan irrigasyon solüsyonlarının doku çözme kapasitesi, pulpa dokusu artıkları veya smear tabakası solüsyon tarafından iyice nemlendirilirse ve ultrasonik aktivasyona tabi tutulursa daha etkin olabilir. Irrigasyon solüsyonunun sürekli bir hareketini oluşturan ultrasonik titreşim ile birlikte kullanılmasının kök kanal boşluğunun temizlenmesini arttırdığı çalışmalarda gösterilmiştir. ^(82, 83) Ahmad ve ark. yaptıkları çalışmada, ultrasonik aktivasyonun yaratmış olduğu akustik akışın, debris kök kanallarından uzaklaştırmak için yeterlilik gösterdiğini rapor etmişlerdir. ⁽⁸³⁾ Debrisin daha fazla uzaklaştırılması, ultrasonik aktivasyon sırasında kanalda çok daha yüksek bir hız ve hacimde irrigasyon sıvısı akışı oluşması sebebiyledir. ⁽⁸⁴⁾

Ultrasonik aktivasyon ile birlikte NaOCl irrigasyonu en yüksek antibakteriyel etkiye sahiptir. Bu kombinasyonun kullanımı kök kanalındaki debrisin uzaklaştırılmasını

sağlar ve irrigasyon maddesinin ısınmasını sağlayarak daha fazla temizleme etkisi sağlar (32). Literatürde PUI'nın su ile birlikte kullanımında smear tabakasını kaldırmada yeterli olmadığı ancak %3'lük NaOCl ile kullanımı sonucunda smear tabakasının tamamen uzaklaştırıldığı rapor edilmiştir. ⁽⁷⁹⁾ Uygulama süresi hakkında görüş birliği olmamasına rağmen 30 saniye ile 3 dakika arasında uygulama önerilir. ⁽⁷⁷⁾ Benzer şekilde EDTA'nın sonik ve PUI ile aktive edilmesi smear tabakasının kaldırılmasında iyi sonuçlar göstermiştir. ⁽⁸⁵⁾

Kök kanallarının dar ve kavisli olması ultrasoniklerin titreşim hareketlerini kısıtlar. Irrigasyon solüsyonlarının etkin olabilmesi için yüzey ile direkt temas halinde olması gerekir. Dar kanallarda irrigasyon solüsyonları apekse ulaşmakta güçlük çeker ve ultrasoniklerin aktivasyon özellikleri azalır. ⁽⁸⁶⁾ Van der Sluis ve ark. yapmış oldukları çalışmada, geniş kök kanallarında ultrasonik irrigasyonun daha etkili olduğu belirtmiştir. ⁽⁸⁷⁾ Kök kanallarının genişliği, ultrasonik aletin salınımını kolaylaştırır ve irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunu artırır. ⁽⁸⁸⁾

PUI sırasında irrigasyonun sürekli veya aralıklı olarak yapılması olmak üzere iki yıkama yöntemi kullanılabilir. ⁽⁸¹⁾ Sürekli yıkama ile kök kanalına kesintisiz irrigasyon solüsyonu sağlanır. Bazı çalışmalara göre sürekli yıkamanın daha etkin olduğu ve ultrasonik irrigasyon süresini kısalttığı rapor edilmiştir. ⁽⁵⁵⁾ Aralıklı yıkama tekniğinde, irrigasyon solüsyonu kök kanalına bir şırınga ile enjekte edilir ve ardından titreşimli bir ultrasonik aletle aktive edilir. Bu prosedür birkaç kez tekrarlanarak aktivasyon ve yıkama işlemi tamamlanır. Irrigasyon solüsyonu miktarı ve hacmi şırınga ile enjekte edildiğinden kontrol edilebilir. Bu kontrol sürekli yıkama tekniğinde yoktur. Yapılan çalışmalarda her iki yıkama tekniği de 3 dakika uygulandığında benzer debris uzaklaştırma etkinliği göstermiştir. ^(76, 79)

Negatif basınç prensibi ile çalışan aktivasyon yöntemleri

Irrigasyon solüsyonlarının özellikle apikal üçlüde daha etkin olmasını sağlamak için negatif basınç prensibi ile çalışan sistemler piyasaya sunulmuştur. Bu amaçla kullanılan EndoVac (Discus Dental, ABD), bir ana uç, bir makrokanül ve vakum hattına bağlı bir mikrokanülden oluşur. Bu sistem kullanılarak dağıtıcı uç ile kök kanal sitemine iletilen irrigasyon solüsyonları ana emiş ucu ile tahliye edilir. ⁽⁸⁹⁾ EndoVac ile irrigan

kanal içine çekilir ve çalışma boyunca negatif basınçla uzaklaştırılır. Makrokanül orta ve koronal üçlüdeki debris uzaklaştırırken, mikrokanül apikal üçlüdeki debris uzaklaştırmaktadır. Makrokanülün bir diğer işlevi de olabildiğince çok debris uzaklaştırılmasını sağlayarak mikrokanülün tıkanmasını önlemektir. Yapılan bir çalışmada konvansiyonel iğne irrigasyonuna kıyasla daha fazla irrigasyon solüsyonu geçişi sağlayıp, daha iyi debris uzaklaştırılmasını sağladığı görülmüştür. ⁽⁹⁰⁾ Aynı zamanda EndoVac'ın apikalden NaOCl taşmasını azalttığı rapor edilmiştir. ⁽⁷²⁾ Brito ve ark. yapmış oldukları bir çalışmada, konvansiyonel iğne irrigasyonu, EndoAktivatör ve EndoVac'ın kök kanalındaki E. faecalis'e karşı antibakteriyel etkinliği araştırmış ve aralarında istatistiksel olarak fark bulunmadığını bildirmiştir. ⁽⁹¹⁾

RinsEndo (Duerr –Dental, Bittigheim-Bissingen, Almanya) ardışık olarak düzenli basınç oluşturarak çalışan bir başka cihazdır. Dakikada yaklaşık olarak 100 basınç-geri çekim döngüsüyle çalışan RinsEndo, kullanılan irrigasyon solüsyonunu kök kanal sisteminden uzaklaştırırken yerine taze solüsyonu iletmektedir. ⁽⁵⁴⁾ Yapılan bir çalışmada RinsEndo sisteminin, statik ve geleneksel manuel irrigasyonla karşılaştırıldığında, dentin tübüllerine daha iyi penetrasyon kabiliyeti gösterdiği rapor edilmiştir. Daha yüksek penetrasyon kabiliyeti nedeniyle, sistemin geleneksel irrigasyona kıyasla kök kanal duvarlarının temizlenmesinde daha etkili olduğu belirtilmektedir. ⁽⁹²⁾ Bir diğer çalışmada, RinsEndo'nun %3'lük NaOCl ile kullanıldığında en yüksek sayıda negatif bakteri kültürü sağladığı bildirilmiştir. ⁽⁹³⁾ Literatürdeki birçok çalışma, özellikle apikal üçlüde RinsEndo'nun oldukça etkin olduğunu kanıtlamıştır. ^(17, 94)

2.4.3. Lazer ile Aktivasyon Yöntemleri

Lazerler 1950'li yıllarda geliştirilmesinden itibaren, kısa bir süre sonra tıpta oftalmoloji ve dermatoloji alanında kullanılmıştır. Diş dokularına 1965 yılında uygulandıktan sonra, 1971 yılında endodontide ilk kez apikal forameni tıkamak için CO₂ lazer kullanılmıştır. ⁽⁹⁵⁾ Lazer terimi, İngilizcesi 'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation' olan aslında çalışma prensibini açıklayan bir kısaltmadır. Işık arttırıcı olarak çalışarak, indüklenen emisyon nedeniyle fotonların artan bir şekilde yeniden üretilmesini sağlar. Lazer sistemi, ana maddesi katı, sıvı, gaz veya yarı iletkenlerden oluşan bir lazer ortamı, enerji kaynağı, rezonans ayna sistemi, iletim sistemi, soğutma sistemi, kontrol paneli ve odaklayıcı lensten oluşur. ⁽⁹⁶⁾ Lazerin biyolojik dokular üzerindeki

etkileri uygulama süresi, uygulama yöntemi (temaslı/temassız, odaklanmış/odaklanmamış ve hareketli/sabit), enerji çıkış gücü, dalga boyu ve absorpsiyon, çalışma modu, tekrarlama oranı gibi faktörlere bağlıdır. ⁽⁹⁷⁾ Lazer ışığı yansıma yapabilir ve dokuya girdikten sonra iletimi sağlanabilir. Aynı zamanda ısıtılmış dokuda remisyon ve difüzyonlar gerçekleşebilir. İletilen enerjinin doku emilim kapasitesi ve benzer faktörler tarafından absorpsiyonu etkilendiğinden, penetrasyon derinliği ve termal yan etkiler buna bağlı oluşum gösterir. ⁽⁹⁷⁾

Lazerlerin sınıflandırılması

Literatürde lazerler için farklı sınıflamalar bulunmaktadır.

Lazer ışınının enerjisine göre: ⁽⁹⁸⁾

- a) Soft lazerler (He-Ne, Ga-As, Ga-Al-As)
- b) Mid lazerler (Diyot Lazer)
- c) Hard lazerler (Argon Lazer, CO₂ Lazer, Excimer Lazer, Holmium:YAG Lazer, Neodmium:YAG Lazer, Erbium:YAG Lazer)

Lazer ışınının dalga boyuna göre: ⁽⁹⁹⁾

- a) Ultraviole (UV Morötesi) spektrum 140-400 nm arası
- a) Visible (görünür ışık) spektrum 400-700 nm arası
- b) Infrared (kızılötesi) spektrum 700 nm ve üzeri

Lazerin aktif maddesine göre: ⁽¹⁰⁰⁾

- a) Katı lazerler
 - Er:YAG (Erbium:Yttrium-Aluminum-Garnet) (2940 nm)
 - Er,Cr:YSGG (Erbium, Chromium:Yttrium Scandium Gallium Garnet) (2780 nm)
 - Ho:YAG (Holmium: Yttrium Aluminum Garnet) (2100 nm)
 - Nd:YAG (Neodmium: Yttrium Aluminum Garnet) (1064 nm)
 - Alexandrite (720 nm-780 nm)
 - Ruby (694.3 nm)

- b) Gaz lazerler
 - CO2 (10600 nm)
 - He-Ne (632,8 nm)
 - Ar / Krypton (457-528 nm)
 - Excimer
- c) Sıvı lazerler
 - Boya (çeşitli) (VIS)
- d) Yarı iletkenler
 - Diyod Lazerler (infrared-IR).

Lazer ışınının hareketine göre: ⁽¹⁰¹⁾

- a) Sürekli ışın veren sistemler
- b) Atımlı ışın veren sistemler

Lazerin kullanım alanına göre: ⁽¹⁰²⁾

- a) Tip 1 Argon lazer (yumuşak doku lazeri)
- b) Tip 2 Nd: YAG, CO2, Diod lazerler (yumuşak doku lazeri)
- c) Tip 3 Er: YAG lazer (sert doku lazeri)
- d) Tip 4 Er, Cr: YSGG (Sert doku/Yumuşak doku lazeri).

2.5. Lazerlerin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

Lazerler diş hekimliğinde doğru endikasyon ve kullanım sağlandığı takdirde birçok alanda kullanılmaktadır.

Cerrahi müdahalelerde sert dokunun uzaklaştırılması, biyopsi alınması, yumuşak doku patolojilerinin tedavisi, periimplantitis tedavisi, greft elde edilmesi, gömülü diş cerrahisi gibi uygulamalarda lazerlerden faydalanılmaktadır. Non kontakt çalışılması, titreşim ve baskı oluşturmaması sebebiyle işlem sırasında hasta konforu açısından da avantajlıdır. Post operatif ağrı ve ödem daha az gözlenir. Anestezi gereksinimini azaltması, kanama kontrolü ve biyostimulasyon sağlaması, operasyon sonrası analjezik ve anti-enflamatuar ilaç kullanımını azaltması önemli avantajlarındandır. ⁽¹⁰³⁾

Endodontik kullanımda; kanal içi irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini arttırmak, kök kanallarının şekillendirilmesini sağlamak, dezenfeksiyon, smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla lazerlerden yararlanılmaktadır. ⁽¹⁰⁴⁾ Aynı zamanda travmaya uğramış dişlerin canlılığını belirlemek amacıyla da lazer doppler flowmetre (LDF) kullanılmaktadır. ⁽¹⁰⁵⁾

Restoratif diş hekimliğinde; mine demineralizasyonunu azaltmak, dentin hassasiyeti tedavisi, çürük teşhisi, kavite preparasyonu, diş beyazlatma, adezyon ve polimerizasyonda, indirekt restorasyonların yapımı sırasında basamakların açığa çıkarılarak he-mostaz sağlanması konusunda lazerlerden faydalanılmaktadır. ⁽¹⁰⁶⁻¹⁰⁸⁾

Periodontolojide; frenektomi, gingivektomi, gingivoplasti, cerrahi olmayan periodontal tedaviler, derin küretaj ve kök düzeyi düzeltim işlemleri öncesinde dezenfeksiyon amacıyla, aynı zamanda diş yüzeyinden diş taşlarının temizlenmesinde kullanılırlar. ⁽¹⁰³⁾

Protetik diş tedavisinde; kron boyu uzatılması, yumuşak doku düzeltilmesi, implant üstünün açılması gibi işlemlerde kullanılmaktadırlar. ⁽¹⁰⁹⁾

Çocuk diş hekimliğinde; pulpotomi, pulpektomi, apeksogenezis, travma gibi tedavilerde lazerlerden yararlanılmaktadır. ⁽¹¹⁰⁾

Ortodontide ise; yumuşak dokunun şekillendirilmesi amacıyla, ağrı kontrolü, braket yapıştırılmasında polimerizasyon sağlama amaçlı ve gömülü dişin açığa çıkarılması için lazerler kullanılabilmektedir. ⁽¹¹¹⁾

2.6. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

Günümüzde diş hekimliğinde Argon, Diod, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG ve CO₂ lazerler kullanılmaktadır.

2.6.1 ER:YAG Lazerler

ER:YAG lazerler ilk olarak 1975 yılında Zharixsu tarafından icat edildikten sonra, 1988 yılında Hibst ve ark. tarafından dişin sert dokusunda kullanılmıştır. ER:YAG

lazerler 2940 nm dalga boyuna sahiptir. Diş hekimliğinde kavite preparasyonu, implant üzerinin açılması, periimplantitis tedavisi, kök kanal dezenfeksiyonu, frenektomi, gibgivektomi ve gingivoplasti gibi birçok işlemde kullanılmaktadır. ^(112, 113)

ER:YAG lazerler kollagen ve hidroksiapatit için yüksek afiniteye sahiptir. Doku ile olan etkileşimi, ışının su tarafından absorpsiyonu ile başlar. Oluşan ısı ile buharlaşma oluşur ve mikropatlamalar oluşarak doku yıkımı meydana gelir. Kullanımı sırasında aşırı ısı artışını önlemek ve dokuda dehidratasyona sebep olmamak için su spreyi ile kullanımı önerilmektedir. ⁽¹¹⁰⁾

ER:YAG lazer düşük enerji seviyesinde bile *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* ve *P.gingivalis* gibi patojenler üzerinde bakterisid etki sağlamıştır. ⁽¹¹⁴⁾ Aynı zamanda kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılabilir. Ancak hidroksiapatit ve suya yüksek absorpsiyonu olması sebebiyle bakterisid etkisi sınırlıdır. Kök kanal şekillendirilmesi sonrası, dentin geçirgenliğinde artış sağlayarak, debris ve smear uzaklaştırılmasında kullanılabilir. Literatürde lazerin irrigasyon solüsyonu üzerinde kavitasyon etkisi oluşturması ile açıklanmaktadır. Lazerin ortaya çıkarmış olduğu termal etki ile solüsyonda meydana gelen büzülme ve genleşmelerin kavitasyonlar oluşturduğu gözlenmiştir. ⁽¹¹⁵⁾

İrrigasyon solüsyonlarında lazer aracılığıyla emilim, fotoakustik ve fotomekanik etkiler ortaya çıkar. Su baloncuklarının patlamasıyla oluşan şok dalgaları ile irrigasyon solüsyonları kök kanalı içerisinde hareket ederek yüksek makaslama kuvveti oluştururlar. ^(116, 117) Bunun sonucunda kök kanalından debris ve smear tabakası uzaklaştırılmış olur.

DiVito ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada %17'lik EDTA ve ER:YAG lazerin 20 ve 40 sn boyunca birlikte kullanımının, kök kanalında etkin bir temizleme sağladığı rapor edilmiştir. ⁽¹¹⁸⁾

De Groot ve ark. tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, ER:YAG lazer, PUI ve manuel irrigasyonun apikal üçlündeki debris uzaklaştırma etkinliği karşılaştırılmış, ER:YAG lazerin diğer iki yonteme göre daha iyi sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir. ⁽¹¹⁶⁾

Literatürdeki bir diğer çalışmada, ER:YAG lazerin kök sementi ve dentininde zararlı yapısal veya kimyasal değişikliklere neden olmadığı belirtilmiştir. ⁽¹¹⁹⁾

Son yıllarda Stabholz ve ark. tarafından “Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma” (Photon Induced Photoacoustic Streaming-PIPS®) prensibiyle çalışan ve ER:YAG lazere takılarak kullanılan PIPS ucu geliştirilmiştir. ⁽¹²⁰⁾ PIPS ile birlikte kök kanalına uygulanan ER:YAG lazer irrigasyon solüsyonu içerisinde fotoakustik şok dalgaları oluşturur. Peters ve ark. tarafından yapılan çalışmada, PIPS yöntemi ile irrigasyon solüsyonunun aktive edilmesinin, apikal üçlüde ultrasonik aktivasyona göre bakterilerin ve biyofilm tabakasının daha iyi uzaklaştırıldığı bildirilmiştir. ⁽¹¹³⁾ Bir başka çalışmada PIPS yönteminin, geleneksel irrigasyon aktivasyon yöntemine kıyasla, daha etkin bir şekilde smear tabakasını uzaklaştırdığı rapor edilmiştir. ⁽¹¹⁸⁾

2.6.2. Er,Cr:YSSG Lazerler

Er,Cr:YSSG lazerler 2780 nm dalga boyunda görünmeyen noniyonize ışına sahip, erbium katılmış yttrium ve erbium kromiyum içeren, serbest atımlı modda çalışan lazerlerdir. Diş hekimliğinde kök kanal dezenfeksiyonunda, çürük temizlenmesinde ve yumuşak dokuya yönelik işlemlerde kullanılmaktadırlar. Su ve hidroksiapatite karşı yüksek afiniteye sahiptirler.

‘Forward Emitting Tip’ lazer uçları sayesinde Er,Cr:YSSG lazer ışınının büyük bir kısmı doğrusal olarak kök kanalına yöneltilmektedir. Kök kanalı içerisinde lazer ışınlarının daha iyi dağılımını sağlamak amacıyla üretici tarafından “Radial Firing Tip” (RFT) uçlar geliştirilmiştir. Bu sayede çevresel ışınlama yapılarak kök kanalı içersinde daha homojen bir ışın dağılımı sağlanır.

Licata ve ark. tarafından yapılan çalışmada, NaOCl ve EDTA ile birlikte Er,Cr:YSSG lazer RFT ucu ile kullanılmıştır. Enterococcus faecalis’e karşı antibakteriyel etkinliğin araştırıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, 30 ve 60 saniye 0,75 Watt ve 60 saniye 0,25 Watt ışınlama yapılan örneklerde sırasıyla %92,3, %100 ve %46,1 bakteri eliminasyonu yapıldığı bildirilmiştir. ⁽¹²¹⁾ Bir başka çalışmada, Er,Cr:YSSG lazer uygulanması sonrası diş yüzeyi SEM ile incelenmiş, debrisin uzaklaştığı ve smear tabakasının ortadan kalktığı gözlemlenmiştir. ⁽¹²²⁾ Schoop ve ark., Er,Cr:YSSG lazerin antibakteriyel

etkinliğini inceledikleri çalışmada, lazer uygulamasının kanal içi bakteri eliminasyonunda fayda sağladığını rapor etmişlerdir. ⁽¹²³⁾

Er,Cr:YSGG lazerin endodontik tedavide bir başka kullanım alanı da irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesidir. Blanken ve ark. Er,Cr:YSGG lazeri kanal içerisinde kullandıkları çalışmalarında, lazer ışınının genleşme ve patlamalarla irrigasyon solüsyonunun hareketine sebep olduğunu belirtmişlerdir. ⁽¹¹⁵⁾ Kanal içi basınç artışı ve düşüşü sonrası solüsyonun dentin tübüllerine penetrasyonunda artış gözlenir. Bunun sonucunda solüsyonun ulaşamadığı bölgelerde bakteri eliminasyonu sağlanmış olur. ⁽¹¹⁵⁾

2.6.3. Diyet Lazerler

Diyot lazerler 800 ile 980 nm arasında dalga boyundadır. Enerjilerini devamlı ya da atımlı modda ve genel olarak dokuya temas halinde iletirler. Dalga boyunun geniş olması sebebiyle iyonize olmayan kızıl ötesi lazer olarak tanımlanır. Işınlar dokulara fiber optik ile iletilir. Pigmente dokular tarafından iyi bir şekilde absorbe edilir. Ancak su absorpsiyonları düşük olması sebebiyle dokuda termal hasar yaratma riskleri yüksektir. ⁽¹²⁴⁾

Diyot lazerler diş hekimliğinde, oral cerrahi işlemleri, periimplantitis tedavisi, kök kanal dezenfeksiyonu, beyazlatma işlemleri, hiperpigmentasyonların tedavisi ve kron boyu uzatma işlemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. ^(125, 126)

Yapılan bir çalışmada, MTAD ve diyet lazerin birlikte kullanımının kök kanalından bakteri eliminasyonunda oldukça etkin olduğu bildirilmiştir. ⁽¹²⁷⁾ Kaiwar ve ark. tarafından yapılan bir diğer çalışmada, diyet lazerin 3W gücünde uygulanması sonucu bakteri eliminasyonunun iyi bir şekilde yapıldığı rapor edilmiştir. ⁽¹²⁸⁾

2.6.4. Nd:YAG Lazerler

Nd:YAG lazerler Snitzer tarafından 1961 yılında geliştirildikten sonra, ilk kez 1985 yılında Terry Myers tarafından diş hekimliğinde kullanılmıştır. 1064 nm dalga boyuna sahiptir ve aktif madde olarak neodimyum ile kaplanmış itriyum-alüminyum-garnet kristali içermektedir. Pigmente olmuş dokulara karşı yüksek afiniteye sahiptir. Diş Hekimliğinde genel olarak hemostaz özelliği sebebiyle yumuşak dokulara yönelik işlem-

lerde ve koagülasyon amacıyla kullanılır. İnce fiber optik uçların piyasaya sürülmesiyle kök kanallarının dezenfeksiyonu ve şekillendirilmesinde de kullanılmaya başlanmıştır. ⁽¹²⁹⁾

Nd:YAG lazer, klinik endodontik tedavi için birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. ^(130, 131) Yapılan bir çalışmada, Nd:YAG lazer kullanımı sonucunda postoperatif inflamasyon oluşumu dişlerin %60'ında gözlenmezken, ısıtılmamış dişlerin %70'inde şiddetli postoperatif inflamasyon gözlenmiştir. ⁽¹³¹⁾ Nd:YAG lazer kullanımıyla temiz ve düzenli kök kanal duvarları elde edilebildiğinden, endodontik şekillendirme için kullanımı literatürde önerilmektedir. ⁽¹³²⁾

Kök kanallarının dezenfeksiyonunda Nd:YAG lazerin kullanımı, dar kanallara ince fiber optik iletim sistemi sayesinde ulaşımın kolay olması sebebiyle daha yaygındır. Nd:YAG lazer aynı zamanda pigment bakterilerin DNA yapısını bozarak bakterisit etkiye sebep olur. ⁽¹²⁹⁾ Bu etkinin, dokuda oluşturduğu ısıнын etkisi ile antibakteriyel özellik göstererek ya da direkt olarak mikroorganizmalar tarafından ısıнын absorbe edilmesi sonucu ortaya çıktığı düşünülmektedir. ⁽¹³³⁾

2.6.5. Argon Lazerler

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından diş hekimliğinde kullanımı 1991 yılında onaylanan argon lazerler, 514 nm dalga boyuna sahip ve aktif maddesi argon gazı olan lazerlerdir. Pigmentler tarafından absorbe edilirler. Diş hekimliğinde beyazlatma, polimerizasyon gibi işlemlerde kullanılırlar. ⁽¹³⁴⁾ Aynı zamanda kök kanalında etkili bir dezenfeksiyon sağlayabilirler. ⁽¹³⁵⁾ Mine ve dentin tarafından absorpsiyonları az olması sebebiyle kullanımları sırasında diş dokularına zarar vermezler.

2.6.6. Karbondioksit (CO₂) Lazerler

Karbondioksit (CO₂) lazerler 10.600 nm dalga boyuna sahiptir. Su, hidroksiapatit ve kollajen tarafından yüksek oranda absorbe edilirler. Cerrahi operasyonlarda saçılma ve penetrasyon derinliği özelliklerinin az olmasından dolayı yumuşak dokulara yönelik işlemlerde ve hemostatik etkileri sebebiyle operasyon alanında iyi bir görüş elde etmek amacıyla kullanılırlar. Dokuda ısı artışına ve termal hasara yol açabilme dezavantajlarının yanı sıra, kök kanallarının tedavisinde de yeterli etkinliğe sahip değildirler. ⁽¹³⁶⁾

2.7. Kanal Tedavisi Görmüş Dişlerin Restorasyonu

Dişlerin çoğu travma, geniş çaplı çürükler veya restorasyon sonucu endodontik tedavi gerektirir. Pulpanın çıkarılması ve kalan dentin miktarının azalması dişin dayanıklılığında kayba yol açar. Endodontik tedavili dişlerin prognozu, yapılacak olan restorasyonla doğrudan ilişkilidir. ⁽¹³⁷⁾ Yetersiz ya da yanlış restoratif tedavi sonucu kanal tedavili diş kaybedilebilir. Bu nedenle doğru tedavi planlaması yapılarak, kalan diş dokusu miktarı ve restorasyon seçenekleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Kanal tedavisi görmüş ve aşırı kron harabiyeti gözlenen dişler için kanal içi post uygulaması en sık tercih edilen yöntemlerdendir. ⁽¹³⁸⁾ Post-kor restorasyonlar ile kalan diş yapısı desteklenerek, retansiyon sağlanması amaçlanır. ⁽¹³⁾ Ancak post uygulaması dişte fraktür, perforasyon gibi komplikasyonlar meydana getirebilir. ⁽⁴⁾ Bu nedenle post uygulanırken şu prensiplere dikkat edilmelidir: ⁽¹³⁹⁾

- Maksimum retansiyon sağlanmalı, aşırı dentin preparasyonundan kaçınılmalıdır.
- Dentine benzer fiziksel özellik gösteren postlar tercih edilmelidir.
- Kök yüzeyi boyunca fonksiyonel streslerin eşit dağılımı sağlanmalıdır.
- Çevre doku ve diş ile biyouyumluluk bulunmalıdır.
- Yerleştirme ve simantasyon sırasında minimum stres uygulanmalıdır.
- Kor ile uyumlu olan postlar tercih edilmelidir.

2.8. Post Sistemlerinin Sınıflandırılması

Yapım Tipine Göre:

1. Prefabrik
2. Döküm

Şekillerine Göre:

1. Konik
2. Paralel

Tutuculuklarına Göre:

1. Aktif
2. Pasif

Yapımında Kullanılan Materyale Göre

1. Metal Postlar
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) Cam fiber postlar
 - d) Kuartz fiber postlar⁽¹⁴⁰⁾

2.9. Fiber Postlar

İlk olarak 1990 yılında Duret ve ark. tarafından tanıtılan fiber postlar, bir epoksi veya metakrilat rezin matriksine gömülü karbon, kuvars, cam veya polietilen fiberlerden yapılmıştır.⁽¹⁴¹⁾ Fiberler uzun eksene paralel olarak yerleşmekte ve çapları 6 ile 15 µm arasında değişmektedir. Fiber yoğunluğu ise, post tipine bağlı olarak mm² başına 25 ile 35 arasındadır.⁽¹⁴²⁾ Liflerin matrikse olan bağlantısı için silan kullanılmaktadır.⁽¹⁴³⁾

Silindirik, silindirik-konik, konik ve çift açılı olmak üzere şekilleri vardır. Literatürde paralel kenarlı fiber postların açılı olanlara göre daha retantif olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır.^(141, 144) Çift açılı fiber postlar daha az post boşluğu preparasyonu gerektirerek, endodontik tedavi yapılmış kök kanallarına iyi uyum sağlar.⁽⁸⁾ Naumann ve ark. yaptıkları prospektif bir çalışmada, paralel duvarlı ve konik postların başarısızlık oranlarını 2 yıllık takip sonunda incelenmiş ve her iki post tipi arasında fark bulunmadığını rapor etmişlerdir.⁽¹⁴⁵⁾

Fiber postlar elastik özelliklerinin dentin ile benzerlik göstermesi sebebiyle, dişe ve çevre dokulara düzgün bir stres dağılımı sağlayarak kök kırıklarına karşı koruyucu bir etki oluşturur. ^(8, 141) Rijid postlarda ise stres apikal bölgede yoğunlaşır ve kök kırığı riski artar. ⁽⁸⁾ Aynı zamanda fiber postların kullanımı laboratuvar aşamasını ortadan kaldırarak, tedaviyi döküm postlara kıyasla basitleştirir ve kısaltır.

Fiber postlar, karbon, polietilen, cam ve kuartz post sistemleri olmak üzere 4 gruba ayrılırlar. Kuartz ve cam fiber postlar, restore edilmiş dişin doğal görünümünü yeniden oluşturmak için en uygun optik ve estetik özellikleri sunar. ⁽¹⁴²⁾

Karbon fiber postlar

Epoksi rezin matriks içerisine karbon fiberler yerleştirilerek üretilen bu post sisteminin, biyouyumu ve korozyona karşı direnci yüksektir. Isısal genleşme göstermez ve rezin bağlantıları yüksektir. Karbon fiber postların baskı dayanımı 440 MPa, elastisite modülü ortalama 17 GPa ve makaslama dayanımı 170 MPa olması sebebiyle diş dokusunda daha az gerilim meydana getirmektedir. ⁽¹⁴⁶⁾ Siyah rengi sebebiyle dişeti kenarında renklenmeye sebep olması ve ışık geçirgenliğinin olmaması olumsuz özelliklerindendir. Anterior bölgede estetiğin önemli olması sebebiyle kullanımları uygun değildir. ⁽⁷⁾ Su ile temaslarında sertliklerinde azalma meydana gelerek post ile kor arasında ayrılma görülebilmesi, radyografide radyolüsent görüntü vermesi diğer dezavantajlarıdır. ⁽¹⁴⁷⁾

Kuartz fiber postlar

Epoksi rezin matriks içerisine 8 µm çapında kuartz fiber liflerinin yerleştirilmesiyle oluşturulan kuartz fiber postlar, optimal estetik sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Translüsanttir ve baryum içermesi sebebiyle radyografilerde izlenebilir. ⁽¹⁴⁸⁾ Elastisite modülünün dentine benzer olması, bükülme ve eğilmeye karşı direnç göstermesi avantajlarındandır. Cam fiber postlara kıyasla, daha yüksek kırılma ve çekme dayanımı göstermektedir. ⁽⁷⁾

Cam fiber postlar

İlk kez 1992 yılında kullanılmaya başlanan cam fiber postlar, rezin matriks içerisine gömülü tek yönlü uzanan cam fiberlerden oluşur. ⁽¹⁴⁹⁾ Elastisite modülü 68-73 GPa'dır

ve dentinin elastisite modülüne benzerlik taşımaktadır. ^(149, 150) Karbon fiber postlarda yaşanan estetik sorunlar nedeniyle üretilmişlerdir. Transludent, beyaz ve opak renklere sahiptirler. Rezin simanlara bağlantılarının yüksek olması, stresleri dağıtarak dentin üzerinde yük oluşturmaması ve ışık geçirgenliğinin olması avantajları arasındadır.

Polietilen fiber postlar

Braden ve ark. tarafından 1988 yılında kullanımı önerilen polietilen fiber postlar, diş dokularına benzer rengi, biyouyumlu olması, hidrofobik özellik göstermesi ve kırılma olmaması sebebiyle tercih edilmektedir. Üretimi sırasında polietilen fiberler genel olarak örgü şeklinde kullanılmaktadır. Elastisite modülü dentine benzerdir ve uygulaması kolaydır. ⁽¹⁵¹⁾ Nem ile temas ettiğinde yapısı bozulur ve bağlantı başarısızlığı meydana gelir. ⁽⁷⁾

2.10. Post Sistemlerinin Simantasyonu

Simantasyonda doğru materyalin seçilmesi, mikrosızıntıyı önlemede, retansiyonu ve stabilizeyi sağlamada önem taşır. ⁽¹⁵²⁾ İdeal bir siman materyali şu özellikleri taşımalıdır: ⁽¹⁵³⁾

- Biyouyumluluk,
- Adezyon kabiliyeti,
- Radyopak ve translüent olma,
- Deformasyona karşı direnç,
- Uygun çalışma zamanı,
- Sıvı ve aside karşı dayanıklı olma,
- Anti karyojenik etki,
- Düşük polimerizasyon büzülmesi,
- İzolasyon sağlama.

Post sistemlerinin simantasyonunda, çinko fosfat simanlar, çinko polikarboksilat simanlar, rezin simanlar ve cam iyonomer simanlar tercih edilebilir. Fiber postların simantasyonunda adeziv rezin simanların kullanımı önerilmektedir. ⁽¹⁵⁴⁾

2.11. Adezyon

Adezyon, Latince “adhaerere” kelimesinden köken almaktadır. Farklı moleküller arasında oluşan çekim kuvvetine “adezyon”, aynı moleküller arasında oluşan çekim kuvvetine ise “kohezyon” denmektedir. Adezyonu oluşturan maddeye “adeziv” adezivin bağlantı sağladığı yüzeye ise “adherent” adı verilir.⁽¹⁵⁵⁾ Adezyonun sağlanması için yüzeylerin temiz ve kuru olması önemlidir. Ayrıca temas açısı, yüzey enerjisi, ıslanabilirlik, yüzey pürüzlülüğü ve viskozite de adezyonda önemli rol oynar.⁽¹⁵⁶⁾

Adezyon üç farklı bağlanma mekanizmasından meydana gelebilir. Mekanik bağlanma, adezivin adherent üzerindeki girintili çıkıntılı yüzeylere fiziksel olarak tutunarak mekanik kilitlenme oluşturmaları olarak tanımlanır. Kimyasal bağlanma, moleküller arasında kovalent, iyonik veya metalik bağların çekim etkisi ile oluşan zayıf bir bağlanmadır. Fiziksel bağlanma ise, düz yüzeyler arasında hidrojen bağları, elektrostatik etkileşimler ve Van der Waals kuvvetlerinin etkisi ile oluşur.⁽¹⁵⁵⁾

Adeziv bağlanmada üç farklı başarısızlık görülebilir:⁽¹⁵⁷⁾

- Adeziv başarısızlık: Adeziv ile substrat arayüzünde görülen kopmadır.
- Koheziv başarısızlık: Adezivin kendi içerisinde meydana gelen kopmadır.
- Miks başarısızlık: Adeziv ve koheziv başarısızlıkların aynı anda görüldüğü kopmadır.

2.12. Rezin Simanlar

Rezin simanların günümüzde kullanımı estetik diş hekimliği ile beraber yaygınlaşmıştır. Monomerlerin polimerlere dönüşümü ile oluşan rezinler, dönüşüm sırasında “polimerizasyon büzülmesi” adı verilen büzülme gösterir. Polimerizasyon büzülmesini azaltmak için rezinlerin yapılarına, inorganik doldurucular ile ön polimerizasyon işlemine tabi tutulan polimerler eklenir.⁽¹⁵⁸⁾ Adezyon özelliklerinin bulunması, baskı ve gerilime karşı direnç göstermeleri, farklı renk seçeneklerine sahip olmaları, ağız içerisinde düşük çözünürlük ve flor salınımı özelliği göstermeleri rezin simanların avantajları arasındadır.

Diş hekimliğinde kullanılan rezin simanlar, organik polimer matriks faz, inorganik faz ve ara fazdan oluşur. Aynı zamanda polimerizasyon başlatıcı ajanlar ile renklendirici pigmentler de yapılarında bulunmaktadır. ^(159, 160)

Organik polimer matriks faz

Kompozit rezinlerin organik matriksinde genel olarak kullanılan monomerler, dime-takrilat esaslı 2,2-bis[4(2-Hidroksi-3-metakriloksipropiloksi)- fenil] propan (BisGMA) ve/veya üreandimetakrilat (UDMA)'dır. Yüksek molekül ağırlığına sahip olan her iki monomerin vizkozitelerinin fazla olması sebebiyle yapılarına, çift karbon bağları içeren ve düşük molekül ağırlığına sahip olan trietilen glykol dimetakrilat (TEGDMA) ilave edilerek vizkozitelerinin azaltılması hedeflenmiştir. ⁽¹⁶¹⁾

İnorganik faz

Matriks içerisine borosilikat cam, kuartz (kristalin silika), stronsiyum, lityum alümin-yum silikat, baryum, baryum alüminyum silikat, iterbiyum, cam, çinko gibi inorganik doldurucu partiküller eklenerek rezinlerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin geliştiril-mesi amaçlanır. ^(153, 155) Doldurucu partiküllerin şekli, miktarı ve büyüklüğü bu özel-liklerin geliştirilmesinde önemli rol oynar. İnorganik doldurucu miktarı arttıkça ma-teryalin dayanıklılığı ve aşınma direnci artarken, ısı genleşme katsayısı, su emilimi ve polimerizasyon büzülmesi ise azalır. ⁽¹⁶¹⁾ Ancak inorganik doldurucuların matriks içe-risinde yüksek miktarda bulunması vizkozitede ve film kalınlığında artışa sebep olur. Bu da restorasyonların dişlere yerleştirilmesini zorlaştıracaktır. ⁽¹⁶⁰⁾

Ara faz

Doldurucular ile matriks arasındaki sıkı bağlantının sağlandığı fazdır. Bu bağlantıda silan bağlayıcı ajanlar rol oynar. Çift fonksiyonlu işlev gören silan, bir ucu ile hidroksil grupları ile bağlanırken, diğer uçları ile matriks fazdaki monomerlerle çift bağlar sağ-layarak kopolimerize olur. ⁽¹⁶¹⁾ Silan bağlama ajanları hidrolitik dengeyi sağlayarak su geçişini önler ve rezinin su emilimini azaltır. ⁽¹⁶⁰⁾

2.13. Resin Simanların Sınıflandırılması

Literatürde resin simanların farklı sınıflamaları bulunmaktadır.

Adeziv sistemlerine göre: ⁽¹⁶²⁾

1. Total-etch rezin simanlar
2. Self-etch rezin simanlar
3. Self-adeziv rezin simanlar

Polimerizasyon mekanizmalarına göre: ⁽¹⁶³⁾

1. Kimyasal olarak polimerize olanlar (chemical cure)
2. Işık ile polimerize olanlar (light cure)
3. Hem kimyasal hem ışık ile polimerize olanlar (dual cure)

2.13.1. Adeziv Sistemlerine Göre Resin Simanlar

Dentin ve minenin birlikte pürüzlendirildiği total-etch rezin simanlarda, %30-40 oranında fosforik asit kullanılır. Smear tabakasının ortadan kaldırılmasıyla dentin tübülleri açığa çıkar ve sonrasında adeziv uygulanır. Çok aşamalı uygulama sebebiyle teknik hassasiyetin yüksek olduğu bu kategorideki simanlar en güvenilir ve en güçlü diş siman bağlantısını oluşturur. Ancak çok aşamalı uygulamanın kontaminasyon riskini arttırması bağlantı etkinliğini düşürebilir.

Self-etch rezin simanlar kendinden asitli olması, ek bir asitleme ve yıkama aşamasını bulundurmaması sebebiyle hata riski düşük ve uygulama süresi nispeten daha kısa simanlardır. Asidik monomerlerin etkinliğiyle mine ve dentinde pürüzlendirme ve primer uygulaması eşzamanlı gerçekleşir. Smear tabakası modifiye edilerek ortadan kaldırılmaz ve hibrit tabakaya dahil edilir. Self-etch rezin simanlar iki ya da tek aşamalı olarak uygulanır. ⁽¹⁶⁴⁾ İki aşamalı uygulama diş yüzeyine, self-etch primer ve bonding ajanının uygulanması şeklindeyken, tek aşamalı uygulama asitleme, primer uygulanması ve bonding işlemlerini bir araya getirir. Literatürde self-etch rezin simanların, total-etch rezin simanlara göre mineye daha zayıf bağlanma gösterdikleri rapor edilmiştir. ⁽¹⁶⁵⁾

Self-adeziv rezin simanlar, tek aşamalı, uygulama öncesi ön hazırlık gerektirmeyen simanlardır. Literatürde klinik kullanımları sırasında iyi adezyon özellik gösterdiklerini belirten çalışmalar bulunmaktadır. ^(166, 167) Smear tabakasının uzaklaştırılmaması

sebebiyle, post operatif hassasiyete neden olmadıkları bildirilmiştir. ⁽¹¹⁾ Uygulama basamaklarının azalması sebebiyle, yaygın kullanım alanlarının yanı sıra, nemden etkilenedikleri ve flor salınımı yapabildikleri belirtilmektedir. ^(11, 168)

2.13.2. Polimerizasyon Mekanizmalarına Göre Rezin Simanlar

Kimyasal olarak polimerize olan rezin simanlar, toz ve likitten oluşmaktadır. İçeriklerindeki peroksit reaksiyon başlatıcı olarak işlev görürken, hızlandırıcı olarak amin bulunmaktadır. Karıştırıldıktan sonra sertleşme reaksiyonlarının başlaması sebebiyle çalışma süreleri kısadır. Kısıtlı renk seçeneklerinin olması estetik restorasyonlarda kullanımlarını sınırlar. Bu sebeple kanal içi postlarda, estetik beklenti bulunmayan restorasyonların yapıştırılmasında ve metal restorasyonlarda kullanılırlar. ⁽¹⁶⁹⁾

Işık ile polimerize olan rezin simanlar, yüksek viskoziteli Bis-GMA içerirler. ⁽¹⁷⁰⁾ Yapılarında bulunan kamforokinon, 400-500 nm dalga boyundaki ışığa duyarlıdır ve polimerizasyonu başlatıcı olarak işlev görür. Estetik olmaları, renk stabilizasyonları ve kontrol edilebilir çalışma süreleri avantajlarındandır. ⁽¹⁷⁰⁾ Sertleşme reaksiyonları sırasında polimerizasyon büzülmesi göstermeleri kullanım alanlarını sınırlamaktadır. ⁽¹⁶⁴⁾ Laminate veneer restorasyonların ve ışığın kolay ulaşabileceği indirekt kompozit restorasyonların simantasyonunda kullanılırlar. ⁽¹⁷⁰⁾

Hem kimyasal hem ışık ile polimerize olan rezin simanlar günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Reaksiyon başlatıcı olarak kamforokinon ve amin/peroksit içerirler. ⁽¹⁵⁹⁾ Yüksek bağlanma dayanımı, çalışma süresinin kontrol edilebilmesi ve estetik özellikleri başlıca avantajlarındandır. ⁽¹⁷¹⁾ İçeriklerinde otopolimerizan katalizörlerin kullanımı, ışığın ulaşamadığı durumlarda reaksiyonun başlamasını ve maksimum polimerizasyonu sağlar. Estetik bölgede kullanıldıklarında marjinal adaptasyonun bozulması için mutlaka ışık ile polimerize edilmeleri belirtilmiştir. ⁽¹⁶²⁾

2.14. Bağlanma Dayanımının Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

Bağlanma dayanımı, adeziv materyal ile uygulanan substrat arasındaki bağlantıyı koparmak için birim alana düşen kuvvet olarak tanımlanmaktadır ve megapaskal (MPa) olarak hesaplanır. Endodontik materyallerin dentin ile arasındaki adezyonunun değerlendirilmesinde bağlanma dayanımı testleri kullanılmaktadır. Ancak hiçbir yöntem henüz tam olarak kabul görmemiştir. ⁽¹⁷²⁾ Yöntemler arasındaki farklılıklar sonuçların

birbirleriyle karşılaştırılmasını zorlaştırır. Bağlanma dayanımı testlerinde uygulanan kuvvetin yönüne göre üç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler makaslama testi (shear bond strength), gerim testi (tensile bond strength) ve push-out testleridir.

Makaslama (shear bond strength) testi, bağlanma dayanımının değerlendirilmesi için etkili bir yöntem olarak kabul edilir.⁽¹⁷³⁾ İlk kez 1965 yılında Bowen tarafından kullanımı önerilmiştir. Bu teknik, bağın kopması ya da numunenin kırılmasından hemen önce malzemelerin dayanabileceği maksimum yükün değerlendirilmesini sağlar. Test öncesi numune hazırlama aşamasının basit ve hızlı olması bu tekniği popüler hale getirmiştir.⁽¹⁷⁴⁾ Ancak, test edilen materyallerde koheziv başarısızlıkların görülmesi testin sonuçlarını etkilemektedir.⁽¹⁷⁵⁾

Bir diğer test yöntemi olan gerilim (tensile bond strength) testinde, bir kanca yardımı ile materyal ve yüzey arasındaki bağlanma dayanımı ölçülür. Örnek hazırlama sırasındaki travmalar veya testin uygulanması esnasında oluşacak farklı stres dağılımlarının sonuçları etkilemesi sebebiyle hassas bir test yöntemidir.⁽¹⁷⁶⁾ Bu yöntemde, örnek ile test materyali aynı düzleme getirildiği için daha homojen bir stres dağılımının elde edileceği düşünülür. Ancak farklı fiziksel özelliklere, elastik ve plastik deformasyonlara sahip olan kompozit rezinler, dentin ve bağlayıcı sistemlerin bir arada bulunması homojen stres dağılımını olanaksız kılar.

Dentine olan bağlanma kuvvetinin değerlendirilmesi için push-out yöntemi kullanılmıştır. Diş hekimliğinde ilk kez 1970 yılında tanıtılmış, 1996 yılında kök kanal dentinine olan bağlanma dayanımlarının ölçümlerinde kullanıldığı rapor edilmiştir.^(177, 178) Kök kanal dolgu patlarının adezyonunu ve fiber post sistemlerinin bağlanma dayanımlarını ölçmek için etkili bir yöntemdir. Push out testi, hem siman-dentin hem de siman-post bağlantılarında oluşan stresler hakkında bilgi verir.⁽¹⁷⁹⁾ Testin uygulanması sırasında farklı stres dağılımlarının sonuçları etkilemesinin önüne geçilebilmesi için örnek kalınlıklarının 1 mm olması önerilmiştir.⁽¹⁸⁰⁾ Bağlanma dayanımının yetersiz olması durumunda dahi, kanal patlarının değerlendirilmesine olanak sağlaması testin avantajları arasındadır.⁽¹⁸¹⁾

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Akdeniz Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvar'ında yapılmıştır.

Çalışmaya; Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 08.01.2020 tarihinde yapılan toplantısında verilen KAEK-48 no'lu karar ile onay alındıktan sonra başlandı. Araştırmamız, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından TDH-2020-5461 proje numarasıyla desteklenmiştir.

3.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada periodontal veya ortodontik sebeplerle çekilmiş, kurvatürsüz, tek köklü ve tek kanallı, çürüksüz insan alt çene daimi küçük azı dişleri arasından seçilmiş 135 adet diş kullanıldı. Dişlerin kök yüzeylerinde bulunan kalsifiye birikinti ve periodontal doku artıkları periodontal kretuar (Dentag U15/30, Maniago, İtalya) yardımıyla uzaklaştırıldı. Tüm dişler herhangi bir işlem uygulanmadan önce çatlak, kırık, abrazyon, erozyon ve rezorpsiyon açısından x20 büyütmede stereomikroskop (Axiocam MRC, Carl Zeiss, Almanya) altında incelendi ve defektli dişler çıkartılarak sağlam olanlar ile değiştirildi. Seçilen dişler oda sıcaklığında distile su içerisinde muhafaza edildi. Tüm dişler, su soğutması altında ince bir elmas separe ile kök boyları 15 mm olacak şekilde kesilerek standardize edildi.

3.2. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Dişlerin kök kanal çalışma boyu, #15-K tipi eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ile apikal foramenden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Kök kanalları X-Smart Plus (Dentsply, Ballaigues, İsviçre) tork kontrollü motor kullanılarak, Pro-Taper Next döner alet eğe sistemi (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile apikal boy #40'a (X4) kadar genişletildi (Şekil 3.2.1.).



Şekil 3.2.1. Çalışmada kullanılan endomotor ve döner alet eğeleri

Her ege değişiminde kök kanalları bir 27-G açık uçlu standart enjektör (Ultradent, South Jordan, UT) yardımıyla 2 ml %2,5 NaOCl ve 2 ml serum fizyolojik ile yıkandı. Genişletme işlemi tamamlandıktan sonra kanallar 1 dakika boyunca 5 ml %17 EDTA ve 1 dakika boyunca 5 ml %2,5 NaOCl ile irrigasyon yapıldı. Kök kanalları son olarak 5 ml distile su yıkandı ve ProTaper Next X4 nolu kağıt konlar (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kurutuldu. ProTaper Next sistemine ait X4 nolu güta-perka ve AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) (Şekil 3.2.2.) kök kanal dolgu patı kullanılarak kök kanal dolgusu yapıldı. Kanal ağzları geçici dolgu maddesi (Cavit; 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile kapatıldı. Kök kanal dolgusu tamamlanan dişler, 1 hafta süreyle 37°C’de nemli ortamda bekletildi.



Şekil 3.2.2. Çalışmada kullanılan kanal dolgu patı

3.3. Post Boşluklarının Hazırlanması

Kök kanal dolgusu, apikalde 4 mm gütta perka bırakılacak şekilde bir Gates-Glidden frez kullanılarak kısmen boşaltıldı. Ardından kök kanalı post yuvası için önerilen standart çaptaki frez ile genişletildi. Böylelikle her dişte 10 mm uzunluğunda post boşluğu oluşturuldu. Kanal içi post boşluğu şekillendirmesi yapılırken oluşan smear tabakasını ve dentin talaşlarını uzaklaştırmak için fiber postun adezyonundan önce farklı irrigasyon yöntemleri uygulandı.

3.4. İrrigasyon Prosedürleri

Toplam 130 adet diş post boşluğu hazırlanmasından sonra uygulanacak beş farklı irrigasyon prosedürüne ve post yapıştırılmasında kullanılacak iki farklı rezin simana göre her grupta 13 adet örnek olacak şekilde rastgele 10 gruba ayrıldı. Kontrol grubundaki örneklerle yalnızca distile su uygulanırken, diğer deneysel gruplarda %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA irrigasyon solüsyonları, kullanılacak yöntemlere göre belirtildiği şekilde aktive edildi.

3.4.1. Kontrol Grubu:

Bu grupta 6 ml distile su 27 gauge enjektör ucunun post boşluğunun apikalinden 1 mm yukarıda konumlanacak şekilde yerleştirilmesiyle ve enjektör ucunun 4 mm aşağı yukarı hareketlerle kanal içerisinde hareket ettirilmesiyle toplam 80 sn irrigasyon yapıldı.

3.4.2. Geleneksel İrrigasyon Yöntemi:

Post boşluklarının oluşturulmasından sonra kanallara, 27 gauge enjektör ucu ile ilk olarak 40 sn 3 ml %2,5'luk NaOCl, ardından 40 sn 3 ml %17'lik EDTA ile manuel irrigasyon yapıldı.

3.4.3. Pasif Ultrasonik İrrigasyon:

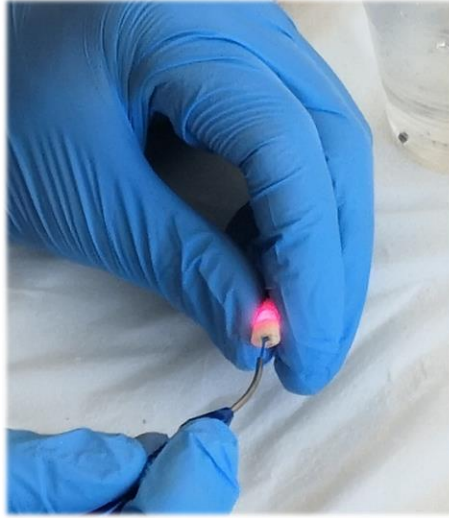
Bu grupta %2,5 NaOCl ve %17 EDTA solüsyonun her biri için 5 sn irrigasyon ve 5 sn ultrasonik aktivasyon olacak şekilde 4 tekrarla post boşluğuna irrigasyon yapıldı. Aktivasyon protokolü, her 5 sn'lik irrigasyon prosedüründen sonra post boşluğunun apikalinden 1 mm yukarıda bir ultrasonik uç (Irrisafe, IRR 20-21, Acteon Newtron P5XS) kullanılarak gerçekleştirildi (Şekil 3.4.3.). İrrigasyon ve aktivasyon protokolleri, çözelti başına 40 saniyede tamamlandı.



Şekil 3.4.3 Pasif ultrasonik irrigasyon aktivasyon yöntemi

3.4.4. Diyet Lazer ile Aktivasyon:

Hazırlanan post boşluklarına; 5 sn boyunca %2,5'luk NaOCl irrigasyon solüsyonu uygulandı. Aktivasyon protokolü, her 5 sn'lik irrigasyon prosedüründen sonra 970 nm dalga boyuna sahip diyet lazere takılan (Waterlase iPlus; Biolase, ABD) fiber çapı 200 µm olan 20 mm E2 ucu ile yapıldı. Lazer ucu post boşluğunun apikalinden 1 mm yukarıda konumlandırılarak 5 sn boyunca 2 mm/sn'de apiko-koronal yönde hareket ettirilerek aktivasyon yapıldı. Bu 10 sn'lik işlem 4 kez tekrarlandı. Daha sonra aynı prosedür %17 EDTA solüsyonu için yapıldı. Her iki irrigasyon solüsyonu toplam 3 ml olacak şekilde uygulandı (Şekil 3.4.4.). İşlem süresince diyet lazerin gücü 1,5 Watt olarak ayarlandı ve 20 Hz frekans ile kesintisiz modda kullanıldı.



Şekil 3.4.4. Diyot lazer ile aktivasyon yöntemi

3.4.5. Er,Cr;YSGG Lazer ile Aktivasyon:

Hazırlanan post boşluklarına; 5 sn boyunca %2,5'luk NaOCl irrigasyon solüsyonu uygulandı. Aktivasyon protokolü, her 5 sn'lik irrigasyon prosedüründen sonra 275 µm radyal ateşleme ucu ve 2780 nm dalga boyuna sahip Er, Cr: YSGG lazer (Millenium; Biolase Teknoloji, San Clemente, ABD) ile yapıldı. Lazer ucu post boşluğunun apikalinden 1 mm yukarıda konumlandırılarak 5 saniye boyunca 2 mm/sn'de apiko-koronal yönde hareket ettirilerek aktivasyon gerçekleştirildi. Bu 10 sn'lik işlem 4 kez tekrarlandı. Daha sonra aynı prosedür %17'lik EDTA solüsyonu için gerçekleştirildi. Her iki irrigasyon solüsyonu toplam 3 ml olacak şekilde uygulandı (Şekil 3.4.5.).



Şekil 3.4.5. Er, Cr: YSGG lazer ile aktivasyon yöntemi

İşlem süresince lazer parametreleri, 25 mJ'lık bir darbe enerjisi, 20 Hz'lik bir tekrarlama oranı, 0,50 W'lık bir güç ayarı ve su/hava akımı kapalıyken 140 mikrosaniyelik bir darbe süresi olacak şekilde ayarlandı.

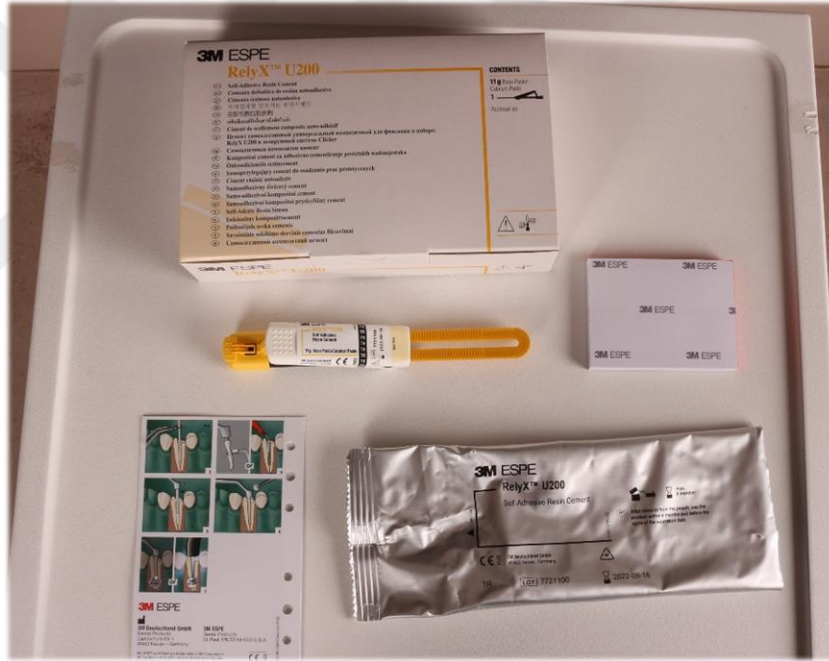
Farklı irrigasyon yöntemleri uygulanan post boşlukları son olarak 3 ml distile su ile yıkandı ve steril kağıt konlar ile kurulandı. Push-out testi için 120 örnek ile konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM) analizinde kullanılacak olan 10 örneğin haricinde, her birine farklı irrigasyon yöntemi uygulanmış toplam 5 adet örnek SEM incelemesi için ayrıldı.

3.5. Postların Simantasyonu:

Çalışmamızda cam fiber ile güçlendirilmiş Reforpost (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) (Şekil 3.5.1.) kullanıldı. Postlar prova edilerek alkol ile temizlendikten sonra yağsız hava ile kurutuldu. Farklı irrigasyon prosedürleri uygulanmış 120 adet örnek iki eşit gruba ayrıldı. İki farklı rezin siman Rely X U200 (3M ESPE Seefeld, Almanya) (Şekil 3.5.2.) ve Panavia F2.0 (PF group; Kuraray Medical, Inc., Tokyo, Japonya) (Şekil 3.5.3.) fiber postların simantasyonu için kullanıldı.



Şekil 3.5.1. Çalışmada kullanılan fiber post



Şekil 3.5.2. Çalışmada kullanılan self adeziv rezin siman



Şekil 3.5.3. Çalışmada kullanılan universal resin siman

Rezin simanlar üretici talimatlarına uygun bir şekilde hazırlanarak lentülo ile kanal içerisine gönderildi. Ardından postlar rezin siman ile kaplanarak kök kanalına yerleştirildi. Fazla siman bir pamuk pelet yardımıyla uzaklaştırılarak, bir LED ışık cihazı ile (Valo, Ultradent, South Jordan, UT, ABD) (Şekil 3.5.3.) toplam 40 sn olmak üzere ışıklandı. Örnekler, polimerizasyon işleminden sonra 24 saat nemli ortamda 37°C’de bekletildi.



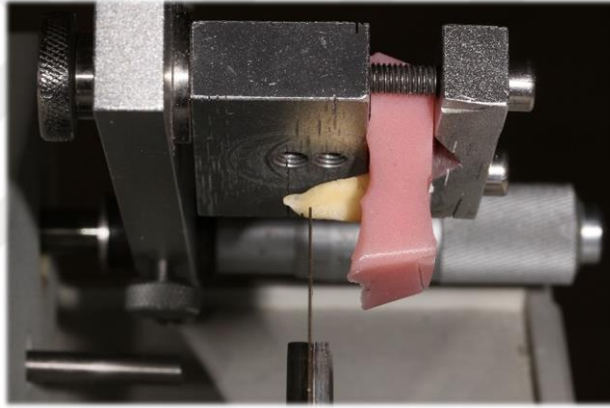
Şekil 3.5.4. Çalışmada kullanılan LED ışık cihazı

3.6. Push-out Testi İçin Örneklerin Hazırlanması:

Deney gruplarında her bir diş akrilik rezin içerisine gömüldü. Örnekler su soğutması altında bir kesme cihazı (IsoMet, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) (Şekil 3.6.1.) yardımıyla her dişin kökünün koronal, orta üçlü ve apikal bölgesinden 2’şer adet olmak üzere 1 mm kalınlıkta disk şeklinde kesitler elde edildi (Şekil 3.6.2.).



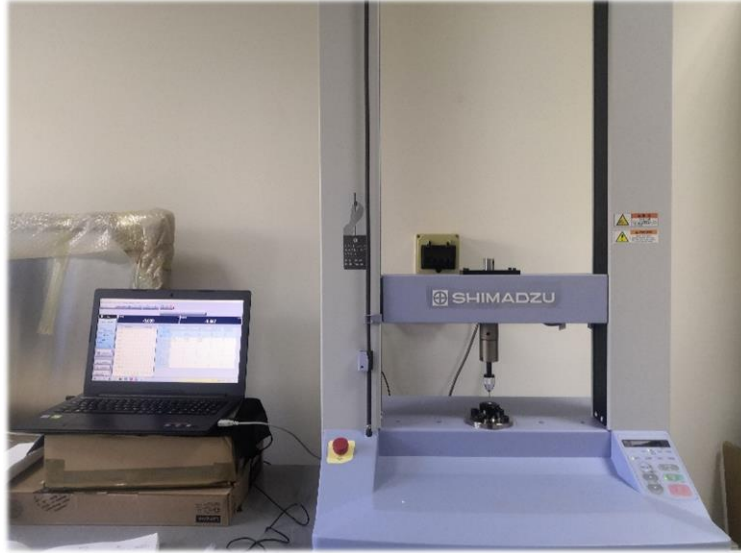
Şekil 3.6.1. Çalışmada kullanılan kesme cihazı



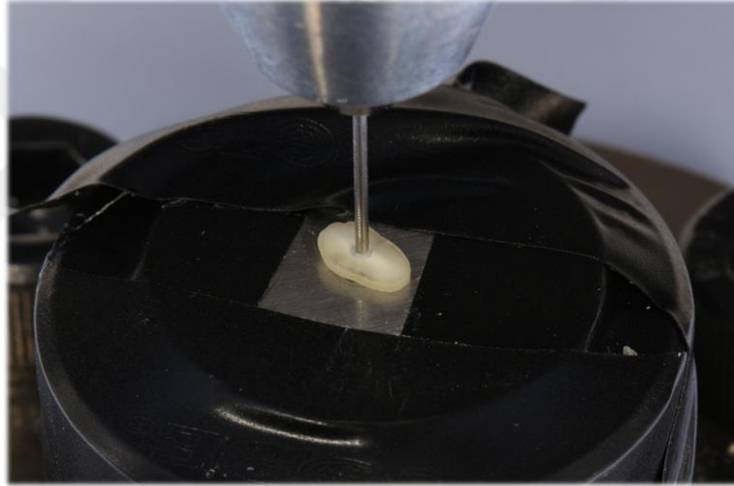
Şekil 3.6.2. Push-out testi için örneklerden kesit alınması

3.6.1. Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi:

Push-out testi için elde edilen kesitler, Shimadzu Universal Test Cihazına (Shimadzu Şirketi, Kyoto, Japonya) (Şekil 3.6.1.A.) ayrı ayrı yerleştirildi ve örneğin çapına uygun (0,3-0,5 ya da 0,7mm) metal bir çubukla apikal kısımdan hata oluşana kadar 0,5 mm/dakika çapraz-kafa hızında yükleme yapıldı (Şekil 3.6.1.B.).



Şekil 3.6.1.A. Push-out test düzeneği



Şekil 3.6.1.B. Push-out testinin uygulanması

Koronal, orta ve apikal post parçalarının çapları ve kesitin kalınlığı dijital kumpas (HSL 246–15, Karl Hammacher GmbH, Solingen, Almanya) kullanılarak ölçüldü. Dışarı itilen bağ kuvveti megapaskal (MPa) cinsinden, maksimum kopma yük değerinin, postun bağlanma alanına bölünmesiyle hesaplandı. Buradaki maksimum kopma yük değeri postun ara yüzden ayrılmadan önceki Newton (N) cinsinden universal test cihazı tarafından ölçülen en yüksek değer, postun bağlanma alanı ise bağlanılan ara yüzün mm² cinsinden $\pi(R+r) \times \sqrt{(R-r)^2 + h^2}$ değeridir.

3.6.2. Bağlanma Dayanımı Başarısızlıklarının Belirlenmesi:

Push-out bağlanma testi yapılan kesitler kopma tipini belirlemek amacıyla x25 büyütme altında stereomikroskop (Axiocam MRC, Carl Zeiss, Almanya) (Şekil 3.6.2.1.) ile incelendi. Oluşan kopma tipleri şu şekilde sınıflandırıldı:

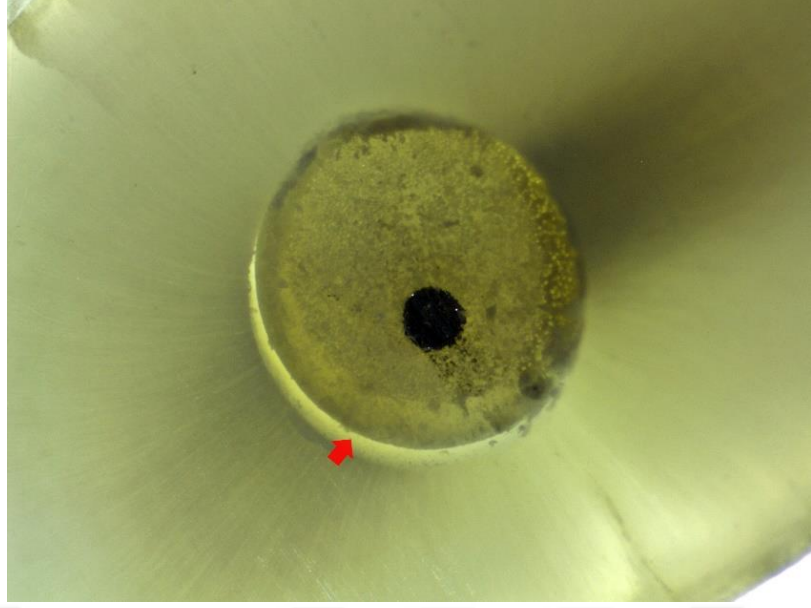
Tip 1 Adeziv Kopma: Rezin siman ile dentin arasındaki kopma (Şekil 3.6.2.2.)

Tip 2 Koheziv Kopma: Rezin siman içerisinde meydana gelen kopma (Şekil 3.6.2.3.)

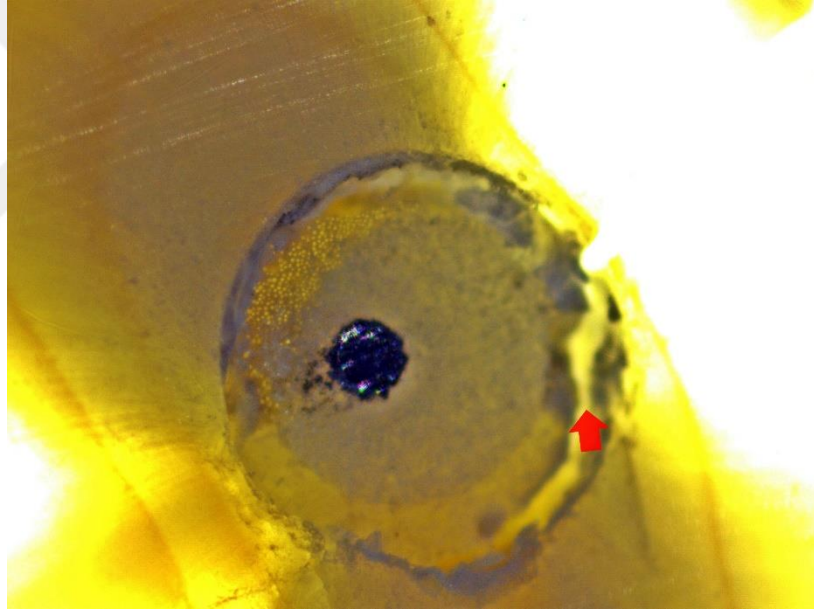
Tip 3 Miks Kopma: Her iki kopmanın bir arada görüldüğü kopma. (Şekil 3.6.2.4.)



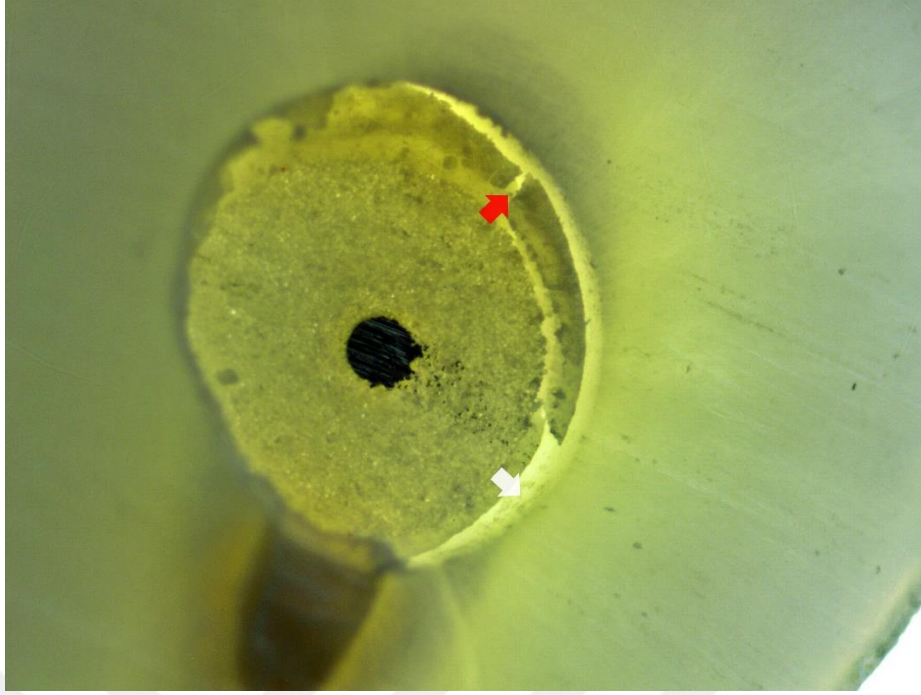
Şekil 3.6.2.1. Çalışmada kullanılan stereomikroskop



Şekil 3.6.2.2. Kırmızı Ok: Rezin siman ile dentin arasındaki tip 1 adeziv kopma



Şekil 3.6.2.3. Kırmızı Ok: Rezin siman içerisinde meydana gelen tip 2 koheziv kopma



Şekil 3.6.2.4. Her iki kopmanın bir arada görüldüğü tip 3 miks kopma. Beyaz Ok: Resin siman ile dentin arasındaki tip 1 adeziv kopma, Kırmızı Ok: Resin siman içerisinde meydana gelen tip 2 koheziv kopma

3.7. Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM) Analizinin Yapılması:

Kanal patı (AH Plus) ve resin simanların (Rely X U200 ile Panavia F2.0) dentin tübüllerine penetrasyonunu değerlendirmek için CLSM analizi yapıldı. CLSM analizi için ayrılan 10 örnek akrilik içerisine gömüldü. Kanal dolgusunda kullanılan AH Plus kanal patı yeterli floresans sağlamak için %0,1 oranında Rhodamine B boyası ile karıştırıldı. Kanal ağızları geçici dolgu maddesi (Cavit; 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile kapatılarak 1 hafta süreyle nemli ve ışık görmeyen ortamda 37°C’de bekletildi. Örnekler Rely X U200 ve Panavia F2.0 resin siman uygulamaları için iki eşit gruba ayrıldı. Post boşlukları hazırlanan örneklerle, kullanılan resin siman %0,1 oranında floresein ile karıştırılarak fiber postlar simante edildi. Su soğutması altında yavaş dönen bir kesme cihazıyla kökün koronal, orta ve apikal üçlüsünden birer adet olmak üzere toplamda 3 adet kesit elde edildi. Kesitler Orta Doğu Teknik Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Biyoteknoloji ARGE Merkezi Mikroskopi Laboratuvarı’nda konfokal lazer taramalı mikroskop (Zeiss LSM 510, Almanya) ile incelendi.

3.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizinin Yapılması:

Post boşluğu hazırlanan ve farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri uygulanan 5 adet örnek, smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla SEM incelemesi için ayrıldı. Örneklerin bukkal ve lingual kök yüzeylerine su soğutması altında oluklar açıldı. Açılan oluklara ağız spatülü yerleştirildi ve örnek longitudinal olarak iki eşit parçaya ayrıldı (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. SEM incelemesi için örneklerin hazırlanması

Örnekler Orta Doğu Teknik Üniversitesi ARGE Eğitim ve Ölçme Merkezi Elektron Mikroskopi Laboratuvarı'nda taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Philips, QUANTA 400F Field Emission, Hollanda) ile farklı büyütmelerde incelendi.

3.9. Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi İçin İstatistiksel Analizlerin Yapılması

Bu çalışmadaki verilerin istatistiksel analizi SPSS 22 (Statistical Package For Social Sciences) paket programı kullanılarak yapıldı. Push-out testi ve bağlanma dayanımı ölçüm verilerinin normallik analizi için Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk testleri kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesi için, One-way ANOVA ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma test analizleri kullanılmıştır. Tüm sonuçlar için anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ kabul edilmiştir.

4.BULGULAR

4.1. Push-out Bağlanma Dayanımı Testine Ait Bulgular

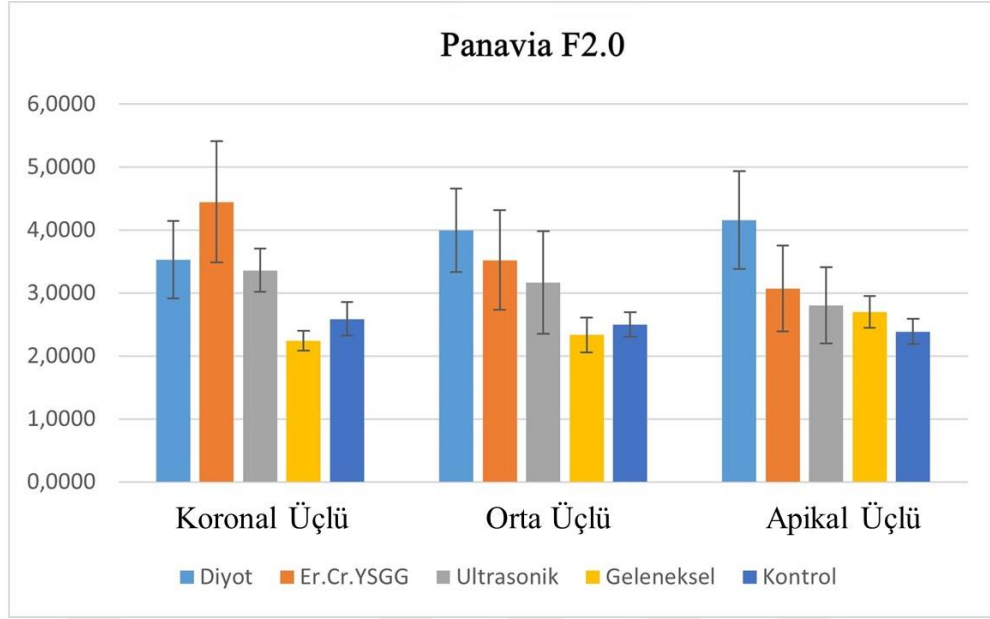
Push-out bağlanma dayanımına ait bulgular Şekil 4.1.1 ile 4.1.2’de ve Tablo 4.1.A, 4.1.B, 4.1.C, 4.1.D ve 4.1.E’de gösterilmiştir.

Apikal üçlü bölgesinde her iki rezin siman ile yapıştırılan deney gruplarında, diyet ile irrigasyon aktivasyonu yapılan örneklerde istatistiksel olarak daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri gözlenmiştir. ($p<0,05$) (Tablo 4.1.A ve 4.1.B)

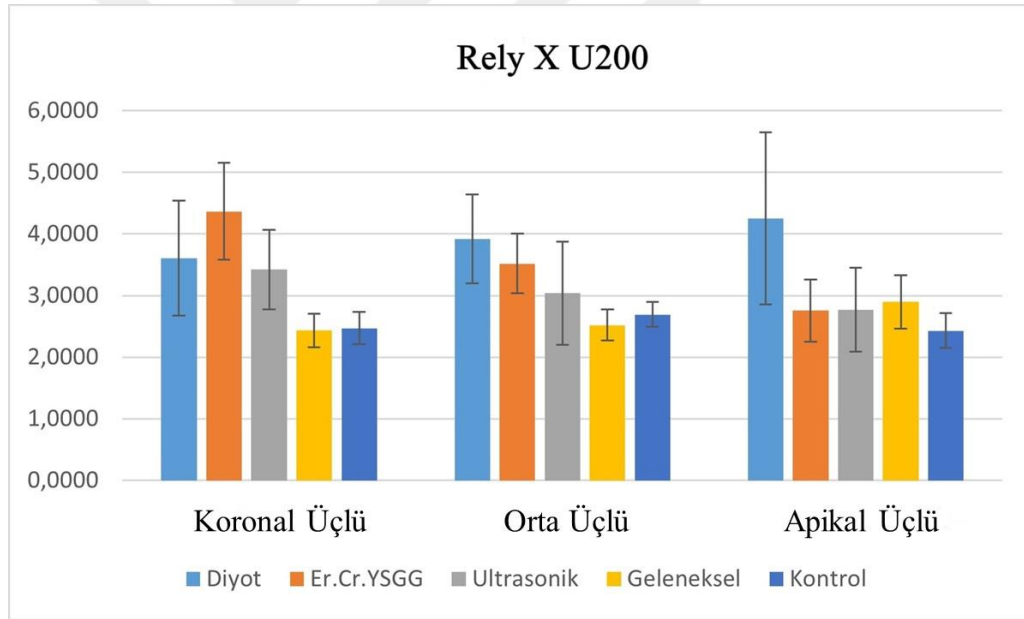
Panavia F2.0 ile yapıştırılan örneklerin apikal üçlü bölgelerinde, PUI, geleneksel ve kontrol grubu örnekleri arasında istatistiksel olarak farklılık gözlenmezken ($p>0,05$), Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon uygulanan örnekler, PUI ve geleneksel yöntemle aktivasyon uygulanan örneklerle istatistiksel olarak benzer bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. ($p>0,05$) (Tablo 4.1.A)

Her iki siman ile yapıştırılan örneklerin orta üçlü bölgelerinde, Diyet ve Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon uygulanan örnekler, diğer gruplara göre en yüksek bağlanma değerlerini gösterirken ($p<0,05$), aralarında istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir. ($p>0,05$) (Tablo 4.1.A ve 4.1.B)

Panavia F2.0 ile yapıştırılan örneklerin koronal bölgelerinde, en yüksek bağlanma dayanımı değeri Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon uygulanan örneklerde gözlenmiştir. ($p<0,05$) (Tablo 4.1.A)



Şekil 4.1.1. Panavia F2.0 için push-out bağlanma dayanımı testine ait bulguların (MPa) grafiksel görünümü



Şekil 4.1.2. Rely X U200 için push-out bağlanma dayanımı testine ait bulguların (MPa) grafiksel görünümü

Tablo 4.1.A: Panavia F2.0 grubunda yer alan örneklerin ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları.

Panavia F2.0	Apikal üçlü Ortalama ± Standart Sapma	Orta üçlü Ortalama ± Standart Sapma	Koronal üçlü Ortalama ± Standart Sapma
Diyot	4,15±0,77 ^a	3,99±0,66 ^a	3,52±0,61 ^b
Er,Cr;YSGG	3,06±0,68 ^b	3,52±0,79 ^{ab}	4,44±0,96 ^a
PUI	2,80±0,60 ^{cb}	3,16±0,81 ^{bc}	3,36±0,34 ^b
Geleneksel	2,69±0,25 ^{cb}	2,33±0,27 ^d	2,23±0,15 ^c
Kontrol	2,38±0,20 ^c	2,49±0,19 ^{cd}	2,58±0,26 ^c

(Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler istatistiksel farklılığı göstermektedir. (p<0,05))

Tablo 4.1.B: Rely X U200 grubunda yer alan örneklerin ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları.

Rely X U200	Apikal üçlü Ortalama ± Standart Sapma	Orta üçlü Ortalama ± Standart Sapma	Koronal üçlü Ortalama ± Standart Sapma
Diyot	4,25±1,39 ^a	3,91±0,72 ^a	3,60±0,92 ^b
Er,Cr;YSGG	2,75±0,50 ^b	3,51±0,48 ^{ab}	4,36±0,78 ^a
PUI	2,76±0,68 ^b	3,03±0,83 ^{bc}	3,42±0,64 ^b
Geleneksel	2,89±0,43 ^b	2,51±0,25 ^c	2,43±0,26 ^c
Kontrol	2,43±0,27 ^b	2,69±0,20 ^c	2,47±0,26 ^c

(Aynı sütunda yer alan farklı küçük harfler istatistiksel farklılığı göstermektedir. (p<0,05))

Koronal üçlü bölgesinde, her iki simanla da yapıştırılan örnekler arasında en yüksek bağlanma dayanımı değeri Er,Cr;YSGG lazer irrigasyon aktivasyonu uygulanan örneklerde gözlenmiştir.(p<0,05) (Tablo 4.1.A ve 4.1.B)

Her iki siman grubu için, tüm bölgelerde en zayıf bağlanma dayanımı değerleri kontrol ve geleneksel gruplarında görülürken, bu iki grup arasında istatistiksel olarak farklılık gözlenmemiştir. (p>0,05) (Tablo 4.1.A ve 4.1.B)

Simanların push-out bağlanma dayanımı değerleri karşılaştırıldığında Diyot, Er,Cr;YSGG lazer ve PUI ile irrigasyon aktivasyonu yapılan grupların apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerinde her iki simanda da benzer bağlanma dayanımı gözlenmiştir. (p>0,05) Geleneksel irrigasyon metodu için koronal bölgede, kontrol grubu için ise

orta üçlüde RelyX U200 istatistiksel olarak daha yüksek push-out bağlanma dayanımı göstermiştir. ($p<0,05$) (Tablo 4.1.C, 4.1.D ve 4.1.E)

Tablo 4.1.C: Apikal üçlü bölgesinde farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin Panavia F2.0 ve Rely X U200 simanlarda görülen ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları.

Apikal Üçlü	Panavia F2.0 Ortalama $\pm$ Standart Sapma	Rely X U200 Ortalama $\pm$ Standart Sapma	p değeri
Diyot	4,15 $\pm$ 0,77 ^A	4,25 $\pm$ 1,39 ^A	$p>0,05$
Er,Cr;YSGG	3,06 $\pm$ 0,68 ^A	2,75 $\pm$ 0,50 ^A	$p>0,05$
PUI	2,80 $\pm$ 0,60 ^A	2,76 $\pm$ 0,68 ^A	$p>0,05$
Geleneksel	2,69 $\pm$ 0,25 ^A	2,89 $\pm$ 0,43 ^A	$p>0,05$
Kontrol	2,38 $\pm$ 0,20 ^A	2,43 $\pm$ 0,27 ^A	$p>0,05$

(Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler istatistiksel farklılığı göstermektedir. ($p<0,05$))

Tablo 4.1.D: Orta üçlü bölgesinde irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin Panavia F2.0 ve Rely X U200 simanlarda görülen ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları.

Orta Üçlü	Panavia F2.0 Ortalama $\pm$ Standart Sapma	Rely X U200 Ortalama $\pm$ Standart Sapma	p değeri
Diyot	3,99 $\pm$ 0,66 ^A	3,91 $\pm$ 0,72 ^A	$p>0,05$
Er,Cr;YSGG	3,52 $\pm$ 0,79 ^A	3,51 $\pm$ 0,48 ^A	$p>0,05$
PUI	3,16 $\pm$ 0,81 ^A	3,03 $\pm$ 0,83 ^A	$p>0,05$
Geleneksel	2,33 $\pm$ 0,27 ^A	2,51 $\pm$ 0,25 ^A	$p>0,05$
Kontrol	2,49 $\pm$ 0,19 ^A	2,69 $\pm$ 0,20 ^B	$p<0,05$

(Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler istatistiksel farklılığı göstermektedir. ($p<0,05$))

Tablo 4.1.E: Koronal üçlü bölgesinde farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin Panavia F2.0 ve Rely X U200 simanlarda görülen ortalama push-out bağlanma dayanımı değerleri (MPa) ve standart sapmaları.

Koronal Üçlü	Panavia F2.0 Ortalama $\pm$ Standart Sapma	Rely X U200 Ortalama $\pm$ Standart Sapma	p değeri
Diyot	3,52 $\pm$ 0,61 ^A	3,60 $\pm$ 0,92 ^A	$p>0,05$
Er,Cr;YSGG	4,44 $\pm$ 0,96 ^A	4,36 $\pm$ 0,78 ^A	$p>0,05$
PUI	3,36 $\pm$ 0,34 ^A	3,42 $\pm$ 0,64 ^A	$p>0,05$
Geleneksel	2,23 $\pm$ 0,15 ^A	2,43 $\pm$ 0,26 ^B	$p<0,05$
Kontrol	2,58 $\pm$ 0,26 ^A	2,47 $\pm$ 0,26 ^A	$p<0,05$

(Aynı satırda yer alan farklı büyük harfler istatistiksel farklılığı göstermektedir. ($p<0,05$))

4.2. Kopma Tipleri İnceleme Sonuçları

Kopma tiplerinin sayısının gruplara göre dağılımı ve yüzdesi Tablo 4.2.1. ve 4.2.2’de gösterilmiştir. Bulgulara göre, tüm gruplar arasında koheziv kopmanın, adeziv ve miks kopmaya göre daha fazla gerçekleştiği görülmüştür. Her iki siman grubunda da, en fazla adeziv başarısızlık, Er,Cr;YSGG lazer uygulanan örneklerde görülmüştür. Panavia F2.0 ile yapıştırılan örneklerde koheziv başarısızlık en fazla Er,Cr;YSGG lazer uygulanan örneklerde görülürken, Rely X U200 ile yapıştırılan örneklerde ise en fazla geleneksel irrigasyon metodu uygulanan örneklerde görülmüştür. Her iki siman grubunda da, miks başarısızlık en fazla kontrol grubu örneklerinde görülmüştür.

Tablo 4.2.1.: Panavia F2.0 ile yapıştırılan örneklerde kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı

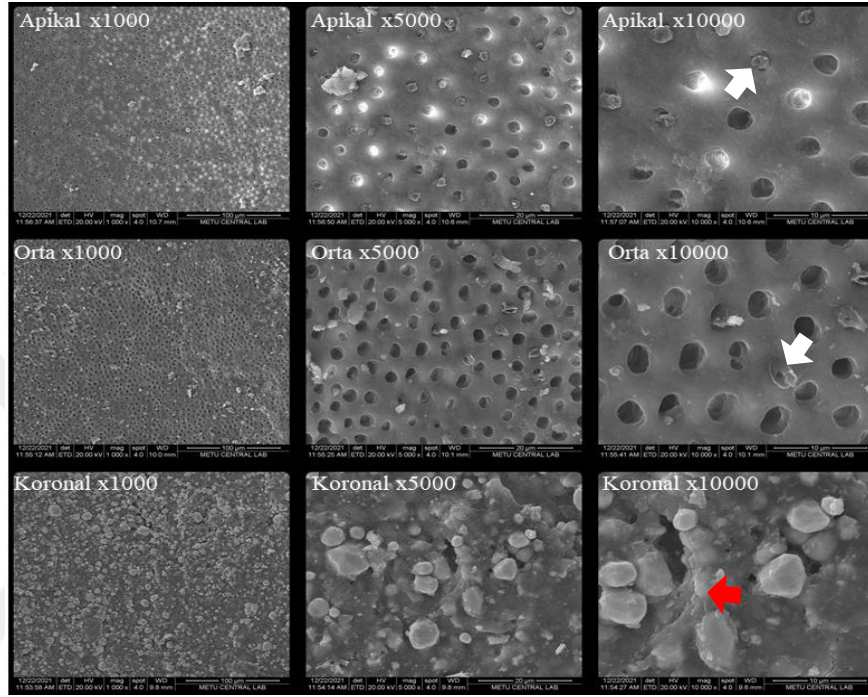
Panavia F2.0	Örnek Sa- yısı (n)	Adeziv	Koheziv	Miks
Diyot	36	4 (%11)	18 (%50)	14 (%39)
Er,Cr;YSGG	36	9 (%25)	23 (%64)	4 (%11)
PUI	36	7 (%19)	16 (%44)	13 (%37)
Geleneksel	36	5 (%14)	16 (%44)	15 (%42)
Kontrol	36	7 (%19)	17 (%47)	12 (%46)

Tablo 4.2.2.: Rely X U200 ile yapıştırılan örneklerde kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı

Rely X U200	Örnek Sayısı (n)	Adeziv	Koheziv	Miks
Diyot	36	7 (%19)	18 (%50)	11 (%31)
Er,Cr;YSGG	36	10 (%28)	21 (%58)	5 (%14)
PUI	36	9 (%25)	15 (%42)	12 (%33)
Geleneksel	36	7 (%19)	22 (%62)	7 (%19)
Kontrol	36	7 (%19)	15 (%42)	14 (%39)

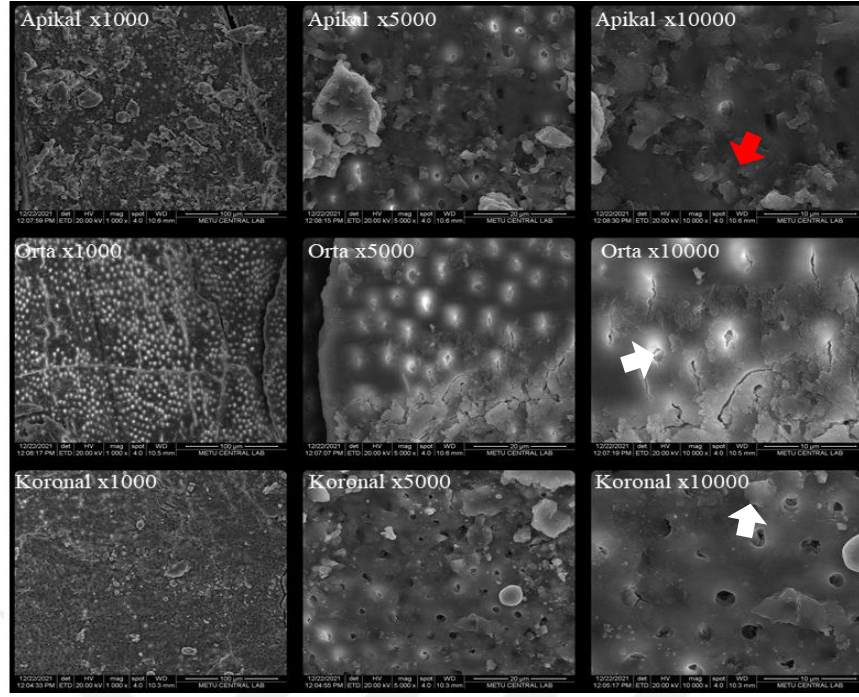
4.3. Dentin Yüzeylerine Ait SEM Analizi Bulguları

Diyot lazer ile aktivasyon yapılan örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde, Diyet lazerin smear tabakasını apikal ve orta üçlü bölgelerinde koronal bölgeye göre daha fazla uzaklaştırdığı ancak tübül içerisinde bazı bölgelerde az miktarda kanal dolgu malzemesinin kaldığı gözlenmiştir. (Şekil 4.3.1.)



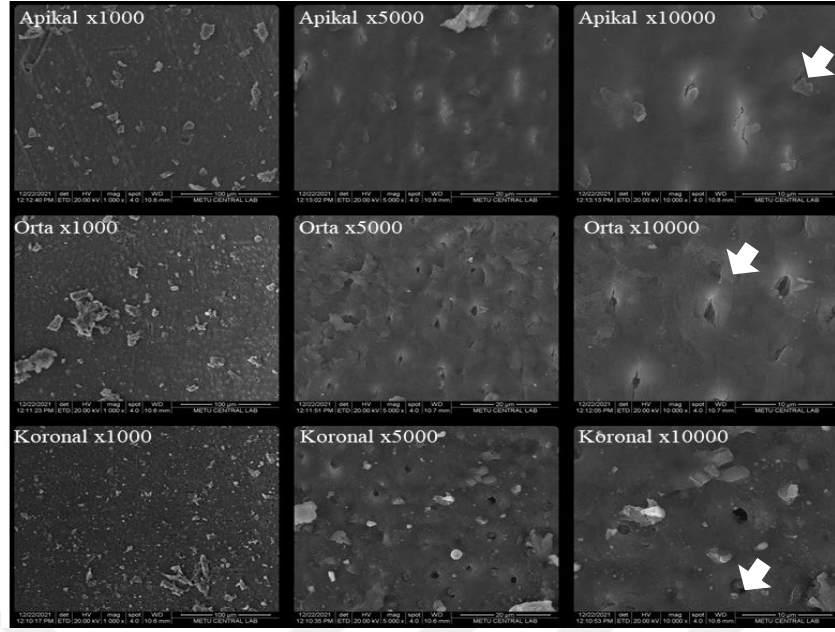
Şekil 4.3.1. Diyet lazer ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri. Beyaz ok: Dentin tübül ağzındaki kanal dolgu patı. Kırmızı ok: Düzensiz smear tabakası.

Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon yapılan örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde, apikal ve orta üçlü bölgelerinde smear tabakasının tam olarak uzaklaşmadığı ve dentin tübüllerinin tıkalı olduğu görülmektedir. (Şekil 4.3.2.)



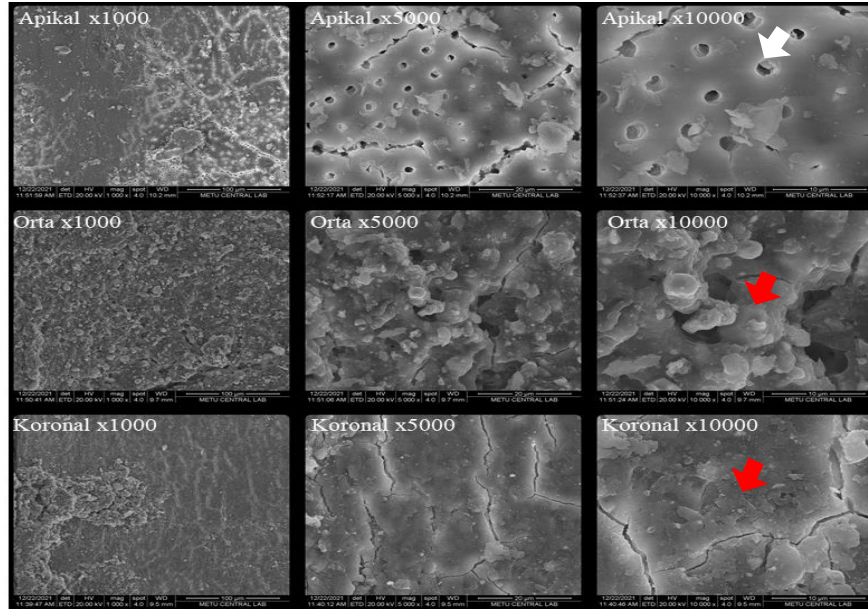
Şekil 4.3.2. Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait büyütmelelerdeki SEM görüntüleri. Beyaz ok: Dentin tübül ağzındaki kanal dolgu patı. Kırmızı ok: Düzensiz smear tabakası.

PUI ile aktivasyon yapılan örneklerin SEM görüntüleri incelendiğinde, koronal ve orta üçlü bölgelerinde smear tabakasının kısmen uzaklaştırıldığı, apikal üçlü bölgesinde ise smear tabakasını uzaklaştırmanın yetersiz olduğu ve dentin tübüllerinin tıkalı olduğu görülmektedir. (Şekil 4.3.3.)



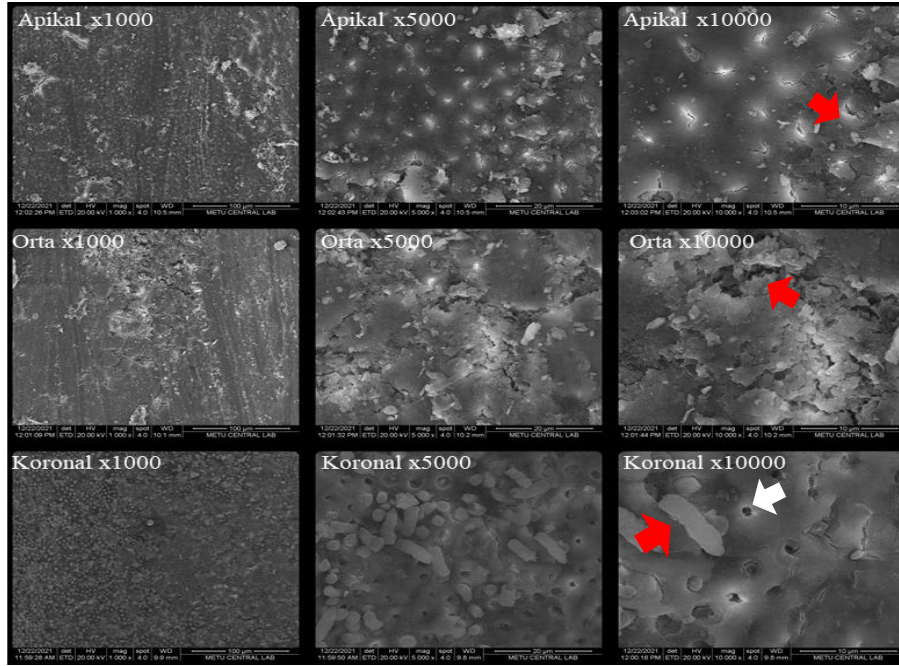
Şekil 4.3.3. PUI ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri. Beyaz ok: Dentin tübül ağzındaki kanal dolgu patı.

Geleneksel yöntem ile aktivasyon yapılan örneğin SEM görüntüleri incelendiğinde, koronal ve orta üçlü bölgelerinde smear tabakasının uzaklaştırılmadığı, apikal üçlü bölgesinde ise smear tabakasının kısmen uzaklaştırılıp dentin tübüllerinin bir miktar açıldığı izlenmektedir. (Şekil 4.3.4.)



Şekil 4.3.4. Geleneksel yöntem ile aktivasyon yapılan örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri. Beyaz ok: Dentin tübül ağzındaki kanal dolgu patı. Kırmızı ok: Düzensiz smear tabakası.

Kontrol grubu olarak belirlenen, post boşluğunun yalnızca distile su ile irrigasyonunun yapıldığı örneklerin SEM görüntülerinde, dentin yüzeyinin tüm bölgelerinde smear tabakasının bulunduğu ve dentin tübüllerinin tıkalı olduğu dikkat çekmektedir. (Şekil 4.3.5.)

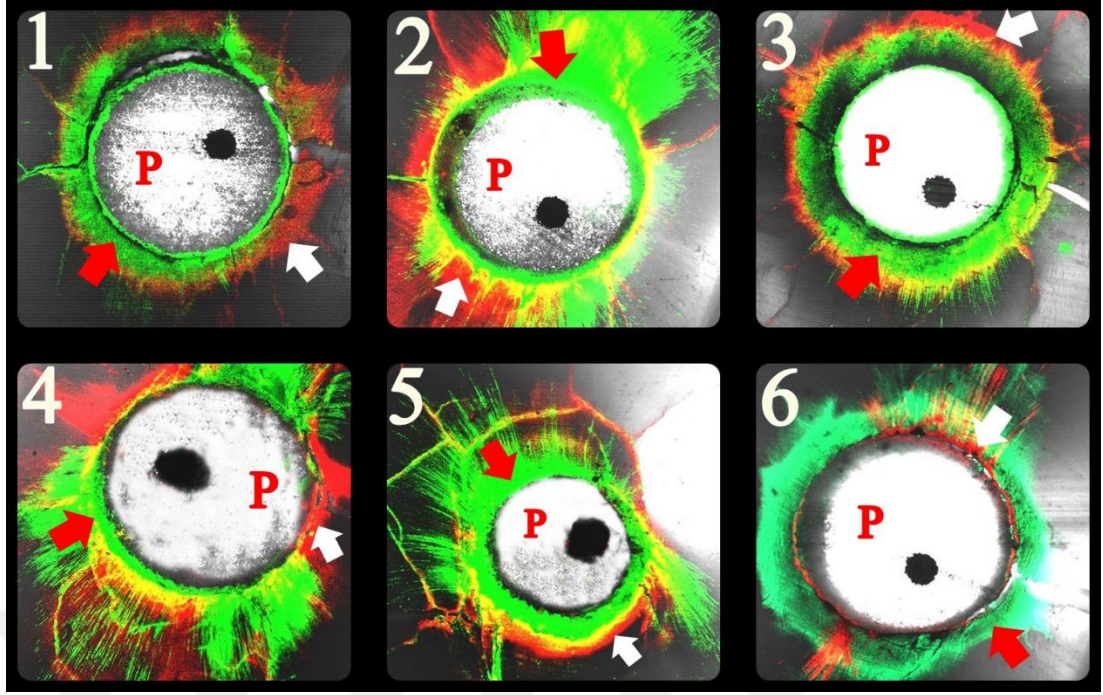


Şekil 4.3.5. Kontrol grubundaki örneğin apikal, orta ve koronal üçlü bölgelerine ait SEM görüntüleri. Beyaz ok: Dentin tübül ağzındaki kanal dolgu patı. Kırmızı ok: Düzensiz smear tabakası

4.4. CLSM Analizi Bulguları

Farklı örneklerle ait CLSM analizi görüntüleri şekil 4.4'te gösterilmiştir. CLSM analizinde tüm örneklerde, kök kanal duvarından AH Plus kanal dolgu patının tam olarak uzaklaştırılamadığı ve rezin simanın post çevresindeki bazı bölgelerde dentin tübüllerinin içerisine sınırlı nüfuz ettiği görülmüştür.

Şekil 4.4.'ün 1, 2 ve 4. resimlerinde beyaz okla gösterilen bölgede AH Plus kanal dolgu patının irrigasyon aktivasyon yöntemleri ile yeterince uzaklaştırılamadığı için o bölgede rezin siman penetrasyonunun diğer bölgelere göre daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Farklı örneklerle ait CLSM görüntüleri. 1.Resim: Er,Cr;YSGG lazer ile aktivasyon yapılmış ve Panavia F2.0 rezin siman ile yapıştırılmış örneğin koronal üçlü görüntüsü 2. Resim: Geleneksel yöntemle aktivasyon yapılmış ve Panavia F2.0 siman ile yapıştırılmış postun koronal üçlü görüntüsü. 3. Resim: Diyot lazer ile aktivasyon yapılmış ve Panavia F2.0 siman ile yapıştırılmış postun orta üçlü görüntüsü. 4.Resim: PUI ile aktivasyon yapılmış ve Panavia F2.0 siman ile yapıştırılmış postun koronal üçlü görüntüsü. 5.Resim: PUI ile aktivasyon yapılmış ve Panavia F2.0 siman ile yapıştırılmış postun orta üçlü görüntüsü. 6.Resim: Geleneksel yöntemle aktivasyon yapılmış ve Panavia F2.0 siman ile yapıştırılmış postun orta üçlü görüntüsü. P: Fiber post, Beyaz Ok: AH Plus kanal dolgu patı, Kırmızı Ok: Resin siman

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada farklı irrigasyon aktivasyon metotlarının iki farklı rezin siman ile simante edilen fiber postun bağlanma dayanımına etkisi incelenmiştir.

Endodontik tedavi uygulanan dişler çürük, travma, mikroorganizma gibi etmenlere maruz kalan ve tedavileri sırasında endodontik giriş kavitelerinin hazırlanması ve kök kanal preparasyonu sebebiyle madde kaybına uğrayan dişlerdir. Post operatif dönemde dişin uzun yıllar fonksiyonda kalabilmesi için, başarılı bir endodontik tedavinin uygulanması kadar dayanıklı bir üst yapının oluşturulması da önemlidir. ⁽¹⁸²⁾ Bu anlamda post-kor restorasyonlar en çok tercih edilen yöntemdir. Bunların birlikte post-kor restorasyonlarda, kök kırığı oluşumuna ve retansiyon kaybına neden olabilecek olumsuzluklar görülebilmektedir. ^(7, 183) Bunun yanı sıra, koronal madde kaybı fazla olan dişlerde metal post kullanımının, korozyon sebebiyle dişte renk değişimi meydana getirmesi, elastisite katsayısının dentin ile benzerlik göstermemesi, ihtiyaç halinde kanal içerisinden sökülmesinin zor olması ve diş ile biyouyumlu olmaması gibi dezavantajları vardır. ⁽⁷⁾ Alternatif olarak kullanılan fiber postlar, dentine yakın fiziksel özellikleri, estetik avantajları ve fonksiyon sırasında dayanıklı yapıları sebebiyle günümüzde sıkça tercih edilmektedir. ^(8, 141) Ayrıca fiber postların kök kanalına uygulanırken rezin simanlarla benzer kimyasal özellik göstererek dayanıklı bağlantı sağladıkları ve mikrosızıntı riskini azalttıkları bildirilmiştir. ⁽¹⁸⁴⁾ Bu özelliklerinden dolayı çalışmamızda fiber destekli post kullanılmıştır.

Post sistemlerinin bağlanma dayanımlarının incelendiği çalışmalarda insan dişlerinin kullanılması çeşitli zorlukları beraberinde getirmektedir. Her bir dişin fiziksel ve mekanik özellikleri ile su içeriklerinin birbirlerinden farklı olması çalışma sonuçlarında farklılıklara sebep olabilmektedir. Ancak yapay dişler her ne kadar standardize olsalar da, doğal dişin fiziksel ve elastik özellikleri ile dentin yapısının taklit etmeleri mümkün değildir. ⁽¹⁸⁵⁾ Bu nedenle çalışmamızda, klinik şartlara yakın sonuçlar elde edebilmek amacıyla, tek köklü ve tek kanallı, kurvatürsüz, düz bir köke sahip çekilmiş insan alt küçük azı dişleri kullanılmıştır. Bağlanma dayanımı sonuçlarının etkilenmemesi ve standardizasyonun sağlanması amacıyla tüm dişler su soğutması altında ince bir elmas separe ile kök boyları 15 mm olacak şekilde kesilmiştir.

Kök kanal dolgu patları, kanal duvarı ile kök kanal dolgu materyali arasındaki boşlukların ve kök kanalı içerisindeki düzensizliklerin doldurulmasını sağlayarak, apikalde sızdırmaz bir tıkaçın oluşmasına katkı sağlar.⁽¹⁸⁶⁾ Guta perka ile AH Plus kanal dolgu patının birlikte kullanımları son yıllarda klinisyenler arasında oldukça yaygındır.⁽¹⁸⁷⁾ Bu yaygın kullanım sebebiyle guta perka ile AH Plus kanal dolgu patının birlikte kullanımı in vitro çalışmalarda yer bulmuş ve araştırmacılar tarafından başarısı kabul edilmiştir.^(188, 189) Kök kanal patlarının post boşluğunun hazırlanması sırasında kanaldan kolaylıkla uzaklaşması postun simantasyonu ve retansiyonu için oldukça önemlidir. Post boşluğunun hazırlanması sırasında dentin yüzeyinin yeterli temizliğinin sağlanması bu yönde bir avantaj oluşturur. Vilas ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada Endofill, Endosequence BC ve AH Plus ile kanal dolumları yapılan dişlere uygulanan fiber postun bağlanma dayanımına etkisi karşılaştırılmıştır.⁽¹⁹⁰⁾ Çalışmanın sonuçlarına göre AH Plus kanal dolgu patının kanaldan uzaklaşmasının, Endofill ve Endosequence BC'ye göre daha kolay olması sebebiyle, fiber postun bağlanma dayanımı değerlerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Literatürdeki araştırma sonuçları göz önünde bulundurularak çalışmamızda da kanal dolgu patı olarak AH Plus kullanımı tercih edilmiştir.

Kök kanalının doldurulmasının ardından, postun yerleştirilmesine kadar geçen sürenin ne kadar olması gerektiği konusunda çalışmalar mevcuttur.^(191, 192) Literatürde kanal dolumunun yapılmasının ardından uzun süreli beklemenin, fiber postun ve rezin simanın bağlanma dayanımı üzerinde olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir.^(191, 192) Bu nedenle çalışmamızda da, 1 hafta süre ile kanal patının tam olarak sertleşmesi beklendikten sonra fiber post uygulamasına geçilmiştir.

Literatürde post uzunluğunun en az kron yüksekliğine eşit olmasının başarısızlık oranını düşürdüğü rapor edilmiştir.⁽¹³⁸⁾ Post uzunluğu, kron boyunun 1/4'üne düştüğünde başarısızlık oranı %25 bulunmuştur.⁽¹³⁸⁾ Neagley'e göre, başarılı bir post uygulaması için minimum 8 mm uzunluğa ihtiyaç vardır.⁽¹⁹³⁾ Postun yeterli uzunluğa sahip olması, post retansiyonunda artış sağlayarak kırığa karşı direnç sağlar.⁽¹⁹⁴⁾ Post retansiyonunu arttıran bir diğer faktör ise, postun çapının artmasıdır. Ancak post çapının artmasının da dezavantajları bulunmaktadır. Post retansiyonunu arttırmak amacıyla dişe uygun

olmayan kalın bir postun kullanımı, post yuvası hazırlığı sırasında dişin aşırı zayıflatılmasına neden olur.⁽¹⁹⁵⁾ Bu da kök kırıklarına neden olabilir. Bu nedenle çalışmamızda üretici firmanın talimatlarına doğrultusunda premolar dişler için uygun olan 2 numaralı fiber destekli postlar kullanılmıştır.

Kullanılan fiber postun açık renkte veya şeffaf olması, apikal bölgeye ışık iletimini kolaylaştırarak polimerizasyonun daha başarılı olmasını sağlar. Birçok ışık cihazı 2 mm'den daha derin rezin tabakasını polimerize etmekte yetersiz kalmaktadır. Fiziksel özellikleri sebebiyle derin tabakalara ışık geçişini kolaylaştıran postlarla ilgili birçok çalışma literatürde mevcuttur.⁽¹⁹⁶⁻¹⁹⁸⁾ Yoldaş ve arkadaşları, ışık geçiren postların kullanımının polimerizasyon derinliğini 14 mm'ye kadar arttırdığını bildirmiştir.⁽¹⁹⁷⁾ Benzer bir çalışmada Lui ve arkadaşları, polimerizasyon derinliğini 11 mm'ye kadar sağlamıştır.⁽¹⁹⁸⁾ Kalkan ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir başka çalışmada, opak, translüsent ve elektrikli cam fiber postların bağlanma dayanımları karşılaştırılmış, opak ve elektrikli cam fiber postların istatistiksel olarak benzer bağlanma dayanımı değerleri gösterdiği, translüsent postun ise daha düşük değerlere sahip olduğu bildirilmiştir.⁽¹⁹⁶⁾ Bu sebeple çalışmamızda opak cam fiber post tercih ettik.

Post boşluğu preparasyonu sırasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli nokta, apikal bölgede bırakılması gereken guta perka miktarıdır. Literatürde apikal tıkanmanın tam olarak sağlanması ve sızıntının minimuma indirilmesi amacıyla, apikalde en az 4-5 mm guta perka bırakılması gerektiği bildirilmiştir.⁽¹⁹⁹⁾ Çalışmamızda da literatürdeki görüşler ve araştırmalar göz önünde bulundurularak, apikalde 4 mm guta perka bırakılmış ve 10 mm boyunda post boşluğu hazırlanmıştır.

Fiber postların retansiyonu, dentin, post ve rezin siman arasındaki bağlantının başarısından etkilenmektedir.⁽²⁰⁰⁾ Bu nedenle literatürdeki birçok çalışmada, bağlanma kuvvetini arttırmak için dentin veya post yüzeyine farklı işlemler uygulanmıştır.^(158, 201, 202) Post boşluğunun hazırlanması aşamasında ortaya çıkan smear tabakasının ortadan kaldırılması retansiyon ve tutunma için kritik bir prosedürdür. Smear tabakası fiber postun simantasyonu sırasında dentin tübüllerini tıkayıcı etki göstererek adezyonu olumsuz etkiler ve post ile diş arasındaki mikromekanik retansiyonun başarısız olmasına neden olur.^(202, 203) Bu nedenle fiber postun simantasyonundan önce, kök kanalının dentin yüzeyi etkin bir şekilde temizlenmelidir.⁽²⁰³⁾ Smear tabakasının kaldırılması

amacıyla negatif basınçla çalışan sistemler, lazerler, ultrasonik sistemler gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır.

Literatürdeki çalışmalarda NaOCl ve EDTA'nın kombine kullanımının smear tabakasını ortadan kaldırmada oldukça etkili olduğu bildirilmiştir. ^(31, 58) NaOCl'nin organik çözücü ajan olarak kök kanalına uygulanması sonrası, %17'lik EDTA'nın inorganik kısmı çözmek için uygulanmasının kök kanal duvarlarını iyi bir şekilde temizlediği ve smear tabakasının dentin tübüllerini tıkayıcı etkisini ortadan kaldırdığı bildirilmiştir. ^(36, 53) Uygulanan irrigasyon solüsyonlarının uygulama süresi ve konsantrasyonları da önem taşımaktadır. Uygulama süreleriyle alakalı literatürde henüz net bir bilgi olmasa da, EDTA'nın farklı konsantrasyonlarda smear tabakasına etki edebildiği, dentin tübüllerini genişletme özelliği sebebiyle, kök kanalı içerisinde yüksek konsantrasyonlarda uzun süre kullanılmaması gerektiği bildirilmiştir. ^(48, 53, 204)

Dişlerde oluşabilecek ısı artışları, diş dokularında ve periodonsiyumda yıkıma yol açabilir. Literatürde ısı artış değerinin 7°C olması, eşik değer olarak kabul edilir. ⁽²⁰⁵⁾ Lazerlerin kullanımı sırasında bu eşik değer üzerine çıkılıp olumsuz sonuçlarla karşılaşılması için kullanım sürelerinin 5 saniye aktivasyon 5 saniye dinlendirme şeklinde olması gerektiği bildirilmiştir. ⁽²⁰⁶⁾ PUI'nın kök kanalı irrigasyonu olarak NaOCl ve EDTA ile birlikte kullanımı ve ayrı ayrı 30-60 sn süre ile kök kanalına uygulanmaları smear tabakasını ortadan kaldırmak için yeterlidir. ^(76, 207) Literatürdeki tüm bu bilgiler ışığında çalışmamızda kullanılan 3'er ml'lik %2,5'luk NaOCl ve %17'lik EDTA irrigasyon solüsyonları PUI, Diyet lazer ve Er, Cr: YSGG lazer ile aktivasyon yöntemlerinde 5 saniye uygulama 5 saniye dinlendirme şeklinde uygulandı. Daha önceki çalışmalarda NaOCl irrigasyonundan sonra salınan O₂'nin, adeziv sistemlerin polimerizasyonunu etkilediği bildirilmiştir. ^(208, 209) Cunha ve arkadaşları, kök kanalına uygulanan irrigasyon ajanlarının rezin simanların bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri çalışmada, irrigasyon ajanı olarak NaOCl kullanımının rezin simanın adezyonu üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. ⁽²¹⁰⁾ Sauro ve arkadaşlarının yaptıkları bir diğer çalışmada ise, yüksek konsantrasyonda NaOCl uygulamasının zamanla depoteinize edici etki ortaya çıkardığı ve bağlanma dayanımını düşürdüğü rapor edilmiştir. ⁽²¹¹⁾ Bitter ve arkadaşları çalışmalarında, NaOCl'nin bağlanma dayanımı üzerindeki etkisinin tartışmalı olması sebebiyle, olumsuz herhangi bir etkiden kaçınmak için son

irrigasyon ajanı olarak serum fizyolojik kullanmıştır. ⁽²¹²⁾ Bu sebeple çalışmamızda, %2,5'luk NaOCl ve %17'lik EDTA irrigasyon solüsyonlarının adezyon üzerindeki olası etkilerinin önlenmesi için hazırlanan ve irrigasyon prosedürleri tamamlanan post boşlukları 3 ml distile su ile yıkanmıştır.

Literatürde ultrasonik cihazlardan smear tabakasını kaldırmada etkinliği arttıran yardımcı teknik olarak bahsedilmiştir. ⁽²¹³⁾ Ultrasonik titreşim, irrigasyon solüsyonunun kök kanalı içerisindeki hareketliliğini arttırarak smear tabakasının daha kolay uzaklaştırılmasına yardımcı olur. ^(82, 83) Ahmad ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, ultrasonik aktivasyonla oluşan akustik akımın yardımı ile daha temiz kök kanallarının elde edildiğini bildirmiştir. ⁽⁸³⁾ Bunun yanı sıra bazı çalışmalarda, PUI'nın geleneksel irrigasyon tekniği ile benzer etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. ^(202, 213) Farklı sonuçların ortaya çıkması, farklı deney düzenekleri ve materyal seçenekleri sebebiyle olabilir. Çalışmamızda SEM görüntülemelerine bakıldığında, PUI'nın smear tabakasının kaldırılmasında apikal bölgede yeterli etkinlik gösteremediği gözlenmiştir. Bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında ise, SEM görüntülemelerine paralel olarak, her iki siman grubunda da apikal bölgede kontrol grubuyla istatistiksel olarak benzer sonuçlar gözlenmiş, koronal üçlü bölgesinde ise Er,Cr:YSGG lazerden sonra diyet lazer ile birlikte en yüksek bağlanma dayanımı değerini göstermiştir. Bu sonucun ortaya çıkmasında, PUI'nın kök kanalı içerisindeki aktivasyonu sırasında koronal bölgede daha geniş diş yüzeyi alanında etkinlik göstermesi ve irrigasyon solüsyonunun kökün apikal üçlü kısmına yeterli miktarda iletilememesi etkili olmuş olabilir.

Literatürde birçok çalışmada fiber post ile kök kanal dentini arasındaki bağlantıyı arttırmak için lazer uygulaması araştırılmıştır. ⁽²¹⁴⁻²¹⁶⁾ Çalışmalarda lazer ışınının, füzyon ve karbonizasyon etkisiyle smear tabakasını ortadan kaldırarak post ile kök kanal dentini arasındaki bağlanma dayanımını arttırdığı belirtilmiştir. ^(115, 215, 217) Mohammadi ve arkadaşları, Er,Cr:YSGG lazer ve distile su ile yapılan irrigasyon sonrası, self adeziv simanın bağlanma dayanımının arttığını bildirmiştir. ⁽²¹⁷⁾ Literatürde farklı çalışmalarda Er,Cr:YSGG lazerin smear tabakası ve debrisin uzaklaşmasını sağlayarak, self adeziv rezin simanların bağlantısını arttırdığı gösterilmiştir. ^(116, 122)

İrrigasyon ajanı olarak %17'lik EDTA'nın kullanıldığı bir çalışmada, diyet lazer ve ultrasonik cihazlar ile farklı sürelerde irrigasyon aktivasyonu sağlanmış ve diyet lazerin uygulama süresi arttıkça daha fazla miktarda dentini etkilediği ve sertliğini azalttığı gözlenmiştir. ⁽²¹⁸⁾ Benzer bir başka çalışmada, %17'lik EDTA 50 saniye boyunca diyet lazer ile aktive edilmiş ve deney grupları içerisinde diyet lazer uygulanan örneklerin en düşük dentin mikrosertlik değerlerini ve en yüksek pürüzlülük değerlerini gösterdiği bildirilmiştir. ⁽²¹⁹⁾ Çalışmamızın SEM görüntülerine bakıldığında literatürle benzer sonuçlara ulaşılmış, diyet lazer ile irrigasyon aktivasyonu sağlanmış örneğin apikal ve orta üçlü bölgesinde yüksek miktarda smear tabakasının ortadan kalktığı ve dentin tübül ağzlarının genişlediği gözlenmiştir. Bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında ise SEM görüntülerine paralel olarak, diyet lazer ile aktivasyon uygulanan örneklerde, her iki siman grubunda da en yüksek bağlanma değerleri apikal üçlü bölgesinde gözlenmiştir. Strefezza ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, 830 nm dalga boyundaki diyet lazer atımlı ve kesintisiz olmak üzere iki farklı modda uygulanmış, koronal ve orta üçlü bölgelerinin bağlanma dayanımı değerlerinin apikal üçlüye göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. ⁽²²⁰⁾ Çalışmamızla olan bu farklılığın sebebinin Strefezza ve arkadaşlarının lazeri atımlı modda kullanmalarının smear tabakasının uzaklaştırma etkinliğini arttırmasından ve bunun sonucunda rezin siman ile dentin arasındaki bağlantının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Çalışmamızda diyet lazer 970 nm dalga boyunda, 1,5 Watt gücünde ve 20 Hz frekans ile kesintisiz modda uygulanmıştır. Öte yandan literatürde, kökün koronal üçlü bölgesinde bağlanma dayanımının daha düşük olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur. ^(221, 222) Kök kanal dentininin bağlanma dayanımının apikal üçlüde daha iyi olması, apikalde daha solid intratübüler dentinin bulunması ile açıklanmaktadır. ⁽²²³⁾

Kırmalı ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin farklı yoğunluklarının fiber postların push-out bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve lazer ışıma yoğunluğunun bağlanma dayanımı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. ⁽²²⁴⁾ Farklı olarak Er,Cr:YSGG lazer için bazı araştırmacılar, bu lazer tipinde yüksek puls enerjisi kullanımının dentin duvarlarında olumsuz termal etkiye yol açtığını ve dolayısıyla bağlanma gücü değerlerinin azalmasına neden olduğunu ileri sürmüşlerdir. ⁽²²⁵⁾ Çalışmamızda üretici firmanın talimatları doğ-

rultusunda, işlem süresince Er,Cr:YSGG lazer parametreleri, 25 mJ'lık bir darbe enerjisi, 20 Hz'lik bir tekrarlama oranı, 0,50 W'lık bir güç ayarı ve su/hava akımı kapalıyken 140 mikrosaniyelik bir darbe süresi olacak şekilde ayarlanmıştır.

Er,Cr:YSGG lazer irrigasyon aktivasyonu yapılan örnekler, koronal üçlü bölgesinde her iki siman grubunda da en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini göstermiştir. Ancak koronal üçlü bölgesinden apikal üçlü bölgesine doğru bağlanma dayanımı değerlerinde düşüş gözlenmiş ve SEM görüntülemeleriyle de bu durum doğrulanmıştır. Kök kanal anatomisi karmaşık bir yapıya sahiptir. Kanalin apikal kısımlarında nem kontrolünü sağlamak ve kanal patının tamamen uzaklaştırılması oldukça zordur. Bunun yanı sıra dentin tübüllerinin sayısı, bağlanma kuvvetini oluşturan temel etkenlerden biridir. Dentin tübüllerinin sayısı ne kadar yüksek olursa, bağlanma alanı o kadar yüksek olur. Koronal ve orta üçlü bölgeleri mm²'de yaklaşık olarak 40.000 tübüle sahiptir. Bu sayı apikalde 14.000 tübüle düşer.⁽²²⁶⁾ Koronal ve orta üçlü bölgelerinde dentin tübül sayısının fazla olması, adeziv sistemin penetrasyonu için daha geniş bir alan sağlar, böylece rezin siman ve dentin arasındaki potansiyel mekanik etkileri artırır.^(227, 228) Öte yandan apikalde dentin tübül çaplarının daha dar olması sebebiyle, sklerotik etkileşim bu bölgede daha fazladır. Bunun sonucunda apikalde bağlanma dayanımı olumsuz etkilenabilmektedir.⁽²²⁹⁾ Çalışmamızda Er,Cr:YSGG lazer ile irrigasyon aktivasyonu yapılan örneklerin apikal üçlü bölgesinde bağlanma dayanımı değerlerinde düşüş gözlenmesi, apikal bölgede dentinin yeterince irrigasyon solüsyonuna maruz kalamaması ve dentin tübülleri sayısının az olmasından kaynaklanabilir.⁽²³⁰⁾

Fiber post uygulaması sırasında kullanılan simanın, post ile diş arasında boşluksuz, bütünleşik bir yapı sağlayarak kuvvetlere karşı dayanıklı ve mikrosızıntıya engel bir bariyer oluşturması beklenir.⁽¹⁴⁴⁾ Bu sebeple başarılı bir bağlantı için siman seçimi önemlidir. Polikarboksilat simanlar düşük baskı dayanımları sebebiyle post yapıştirilmasında günümüzde tercih edilmemektedir.⁽¹⁵⁴⁾ Cam iyonomer simanlar, fiziksel özellikleri bakımından yeterli dayanıklılığa sahip olsa da, sertleşme reaksiyonları uzun sürelidir. Bu nedenle fiber postun simantasyonunda cam iyonomer siman kullanıldığında, aynı seans içerisinde kor yapımı sertleşme reaksiyonuna zarar verebilir.⁽¹⁵⁴⁾ Günümüzde fiber postların simantasyonunda yaygın olarak kullanılan rezin simanlar adeziv özellikleri ile bağlantıyı sağlar. Su emici hidrofilik rezinleri içermesi sebebiyle,

sertleşme reaksiyonları sırasında giderek artan bir genleşme görülür. Bu durum retansiyonu arttırarak, sızdırmaz bir yapı oluşturur. ^(154, 158) Rezin simanlar adeziv sistemlerine göre total etch rezin simanlar, self etch rezin simanlar ve self adeziv rezin simanlar olarak, polimerizasyon mekanizmalarına göre ise kimyasal olarak polimerize olanlar, ışık ile polimerize olanlar ve hem kimyasal hem ışık ile polimerize olanlar olarak bilinmektedir. ^(162, 163)

Total etch ve self etch rezin simanların yüksek adezyon kapasitesi, iyi mekanik ve estetik özelliklerinin olması gibi olumlu özelliklerinin yanı sıra uygulama sırasında pürüzlendirme ve primer uygulamasının gerekliliği, teknik hassasiyet gerektirmesi ve ayrı bir adeziv uygulama zorunluluğu olumsuz özellikleri arasındadır. ⁽¹⁶²⁾ Bu sorunları elimine edebilmek amacıyla son yıllarda self adeziv rezin simanların kullanımı yaygınlaşmıştır. Self adeziv rezin simanlar, uygulama sırasında teknik hassasiyetin düşük olması, diş yüzeyinde herhangi bir ön yüzey işlemi ve bağlayıcı ajan kullanımı gerektirmemesi sebebiyle popülerlik kazanmıştır. ⁽¹⁶³⁾

Post simantasyonunda rezin siman kullanımı sırasında apikal bölgeye gidildikçe fotoaktivasyonun yeterli olmaması nedeniyle polimerizasyonda çeşitli problemler görülebilir. Bu olumsuzlukları engellemek amacıyla post simantasyonu sırasında hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan rezin simanlar tercih edilebilir. Bu nedenle çalışmamızda hem kimyasal hem de ışık ile polimerize olan Panavia F2.0 ve RelyX U200 olarak iki farklı rezin siman kullanılmıştır.

Post uygulamaları sırasında kullanılan rezin simanların bağlanma dayanımları farklı yöntemlerle test edilebilmektedir. In vitro deneylerde, fiber postların kök kanal dentinine bağlanma dayanımını ölçmek için mikrotensile ve push-out bağlanma dayanımı testleri mevcuttur. ⁽¹⁷⁶⁻¹⁷⁸⁾ Mikrotensile testi ile küçük alanlarda büyük bağlanma kuvveti değerleri gösterilebilse de, fiber postların fiziksel özellik ve şekilleri sebebiyle örnek hazırlanması sırasında hata oluşabilmesi gibi dezavantajları vardır. ⁽²³⁰⁾ Push-out testinde bu hatalar minimuma indirgenmekte ve data dağılımında daha az değişkenlik gözlenmektedir. ⁽²³¹⁾ Aynı zamanda test sırasında uygulanan kuvvet, klinik koşullardaki strese benzerlik göstererek kök ile post arayüzünde baskı oluşturur. ⁽¹⁷⁹⁾ Bu nedenle çalışmamızda push-out testini, kök kanalının farklı bölgelerdeki kesitlerinde

bağlanma kuvvetini en doğru ve gerçeğe yakın şekilde ölçebilmesi sebebiyle tercih ettik. Le Bell ve arkadaşlarının yapmış oldukları fiber postun bağlanma dayanımlarının araştırıldığı çalışmada, 1 mm, 2 mm ve 4 mm kalınlığındaki dentin disklerine uygulanan push-out testi sonucunda 4 mm kalınlığında hazırlanan örneklerin diğerlerine göre daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir.⁽²³²⁾ Bu sonucun ortaya çıkmasında daha kalın hazırlanan dentin örneklerinde, push-out testi sırasında daha fazla sürtünme oluşmasının neden olduğu düşünülebilir. Bu nedenle çalışmamızda push-out uygulanan örnekler 1 mm kalınlığında hazırlanmıştır.

Push-out bağlanma dayanımı testi genellikle farklı simanlarla simante edilmiş kök kanallarındaki postların bağlanmasını ölçmek için kullanılmıştır.^(233, 234) Bununla birlikte çalışmalarda uygulanan farklı yöntem ve metodolojik değişiklikler, çalışmalar arasında 4.73 MPa'ya varan varyasyonların ortaya çıktığını göstermiştir.⁽²³⁵⁾ Çalışmada kullanılan diş tipi ve testin uygulandığı diş bölgesi, adezyon alanı ve yükleme hızı farklı sonuçların ortaya çıkmasında etken olabilir.⁽²³⁶⁾ Ayrıca doğal diş kök yapılarının tam olarak düz olmaması, push-out testi sırasında sürtünme direncine neden olabilir. Bu sebeple tüm bu etkenler çalışmamızın sınırlamaları arasında yer almaktadır.

Çalışmamızda uygulamış olduğumuz farklı irrigasyon aktivasyon metotlarından Diyet lazer, Er,Cr;YSGG lazer ve PUI yöntemleri dışın tüm bölgelerinde her iki rezin siman kullanıldığında da istatistiksel olarak benzer bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak fiber postun simantasyonunda kullanılan Panavia F2.0 ve Rely X U200 rezin simanlar arasında, aynı irrigasyon aktivasyon metodu uygulandığında, bağlanma dayanımı değerleri açısından fark olmadığı sonucuna varılabilir.

Çalışmamızda push out testi sonrası dentin disklerinde görülen kopma tiplerinin stereomikroskop görüntüleri x25 büyütmede incelendi. Elde edilen verilere göre tüm örneklerde Tip 2 koheziv kopma (rezin siman içerisinde görülen kopma) en yüksek oranda görülen başarısızlık tipi oldu. Literatürde, rezin siman ile dentin arasındaki bağlantının post simantasyonunda en zayıf nokta olduğu bildirilmiştir.⁽²³⁷⁾ Buna göre çalışmamızda, rezin siman ile kök dentini arasındaki bağlanmanın başarılı olduğu sonucu çıkarılabilir. Fiber postun dayanıklılığını ve retansiyonunu arttırmak amacıyla oluşturulmak istenen bütünleşik yapının, rezin simanların geliştirilmesiyle daha sağlam bir yapıda olacağı düşünülebilir. Diğer taraftan her iki siman grubunda da Er,Cr;YSGG

lazer ile irrigasyon aktivasyonu uygulanan örnekler, en yüksek Tip 1 adeziv kopma başarısızlığını göstermiştir. Push-out bağlanma dayanımı testlerinde görülen en önemli olumsuzluk dentin ile rezin siman arasında adeziv başarısızlığın gözlenmesidir. Bu başarısızlığın görünmesinde irrigasyon solüsyonu olarak kullanılan NaOCl'nin kök kanal dentini yüzeyinde oksijen tabakası oluşturarak adezyonu olumsuz etkilemesi bir neden olarak düşünülebilir. ^(208, 209) Öte yandan literatürde Er,Cr;YSGG lazer kullanımının kök kanal dentini duvarlarında olumsuz termal etkiye yol açarak, adezyonu etkileyebileceği bildirilmiştir. ⁽²²⁵⁾ Bu sebeple çalışmamızda da, Er,Cr;YSGG lazer ile irrigasyon aktivasyonu yapılmış örneklerde, adeziv başarısızlığın diğer gruplara göre daha fazla görülmüş olması termal etkiden kaynaklanabilir.

Rezin simanların dentine olan adezyonlarının tespitinde, CLSM ile görüntüleme tekniği kullanılmaktadır. ⁽²³⁸⁾ Bu yöntem ile dentin tübül penetrasyonunun derinliği ve rezin tagların dağılımı detaylı ve net bir şekilde görüntülenebilir. Bu sebeple çalışmamızda da kullanmış olduğumuz rezin simanların arayüz adaptasyonu ve dentin tübül penetrasyonu değerlendirmek için CLSM ile görüntüleme tekniği tercih edilmiştir. Bu teknikte, düşük konsantrasyonlarda etkili ve bağlanma arayüzeyinde görüntülenebilen, stabil yapısı sebebiyle tercih edilen florasan ajanlar kullanılmaktadır. ⁽²³⁹⁾ Bu amaçla rezin siman ile karıştırılan floresein, lazer ışını tarafından emilerek görüntü oluşturur ve yeşil renk ile karakterizedir. ⁽²⁴⁰⁾ Rhodamine B ajanı ise sıklıkla tercih edilen bir başka markerdir ve kırmızı renk ile karakterizedir. ⁽²⁴¹⁾ Çalışmamızda Rhodamine B, kanal patı ile karıştırılarak görüntüleme için kullanılmıştır. Uygun dalga boyları ile rezin simanların ve kanal dolgusunun penetre olduğu alanlar gösterilmiştir. Böylece post hazırlığı sırasında kanal dolgu patının ne kadar uzaklaştırıldığı ve rezin simanların dentin içerisine ne kadar penetre olabildiği belirlenmiştir. Kullanılan florasan boyaların bağlanma dayanımını azaltabileceği literatürde bildirildiğinden, push-out bağlanma dayanımından farklı diş örnekleri görüntüleme için kullanılmıştır. ⁽²⁴¹⁾

Adeziv rezin simanların vizkozitelerinin, dentin tübül penetrasyon derinliği üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. ⁽²⁴²⁾ Yüksek vizkoziteye sahip olan rezin simanların dentine olan penetrasyonu sınırlanabilir. Bunun yanı sıra self adeziv rezin simanların içermiş oldukları asitleyici ajanlar da dentin üzerinde demineralizasyon oluşturarak, adez-

yonu arttırıcı etki sağlarlar. ⁽²⁴³⁾ Bu sebeple farklı self adeziv rezin simanların, içeriklerinin aynı olmaması sebebiyle penetrasyon kabiliyetleri değişkenlik gösterebilmektedir.

Çalışmamızın CLSM görüntülemelerine bakıldığında, post hazırlığı sırasında kanal dolgu patının kanallardan ve dentin tübüllerinden tamamen uzaklaştırılamadığı görülmüştür. Bu durumun fiber postun yapıştırılmasında kullanılan self adeziv rezin simanların bağlanma dayanımlarına etkisinin incelenmesi amacıyla klinik koşulların taklit edilebildiği ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin, iki farklı rezin siman ile yapıştırılan fiber postun bağlanma dayanımına etkisinin incelendiği bu çalışmada elde edilen bulgulara göre;

- 1) Her iki rezin siman grubunda da sadece geleneksel yöntem ile irrigasyon yapılan örneklerin push-out bağlanma dayanımı değerleri kök kanalının tüm bölgelerinde kontrol grubuyla benzer bulunmuştur.
- 2) Her iki rezin simanda da, diyet lazer ile irrigasyon aktivasyonu yapılan örneklerin apikal üçlü bölgesinde diğer yöntemlere göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri bulunmuştur. Ancak orta üçlü bölgesinde diyet lazer ile Er,Cr;YSGG lazer irrigasyon aktivasyonu arasında fark tespit edilmemiştir.
- 3) Rely X U200 self adeziv rezin siman ile yapıştırılan örneklerde, diyet lazer dışındaki tüm irrigasyon aktivasyon yöntemleri, apikal bölgede kontrol grubuyla benzer bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir.
- 4) Koronal üçlü bölgesinde her iki rezin simanla yapıştırılan örnekler arasında, Er,Cr;YSGG ile irrigasyon aktivasyonu uygulanan örnekler en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini göstermiştir.
- 5) Her iki rezin siman grubundaki örneklerde de en fazla koheziv tip kırılma görülmüştür.

Bu sonuçlar doğrultusunda, geleneksel irrigasyon hariç tutulmak üzere irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin genel olarak fiber postun bağlanma dayanımını arttırdığı sonucuna varılsa da, kök kanalının tüm bölgeleri için tek bir yöntemin ideal olduğunu söylemek mümkün değildir.

KAYNAKLAR

1. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 1980;49(2):175-7.
2. Carter J, Sorensen S, Johnson R, Teitelbaum R, Levine M. Punch shear testing of extracted vital and endodontically treated teeth. *J Biomech.* 1983;16(10):841-8.
3. Morgano SM. Restoration of pulpless teeth: application of traditional principles in present and future contexts. *J Prosthet Dent.* 1996;75(4):375-80.
4. 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.
5. Bitter K, Maletic A, Neumann K, Breschi L, Sterzenbach G, Taschner M. Adhesive durability inside the root canal using self-adhesive resin cements for luting fiber posts. *Oper Dent.* 2017;42(6):E167-E76.
6. Sarkis-Onofre R, Skupien J, Cenci M, Moraes R, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent.* 2014;39(1):E31-E44.
7. Bateman G, Ricketts D, Saunders W. Fibre-based post systems: a review. *Br Dent J.* 2003;195(1):43-8.
8. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int. j. prosthodont.* 2008;21(4).
9. Faria-e-Silva AL, Menezes MdS, Silva FP, Reis GRd, Moraes RRd. Intra-radicular dentin treatments and retention of fiber posts with self-adhesive resin cements. *Brazilian Oral Res.* 2013;27(1):14-9.
10. Ferracane JL, Stansbury J, Burke FJT. Self-adhesive resin cements—chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* 2011;38(4):295-314.
11. Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent.* 2008;10(4).
12. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299-303.

13. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J.* 2011;56:77-83.
14. Barreto M, Rosa R, Seballos V, Machado E, Valandro L, Kaizer O, et al. Effect of intracanal irrigants on bond strength of fiber posts cemented with a self-adhesive resin cement. *Oper Dent.* 2016;41(6):e159-e67.
15. Baena E, Flores A, Ceballos L. Influence of root dentin treatment on the push-out bond strength of fiber posts. *Odontology.* 2017;105(2):170-7.
16. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-67.
17. Rödiger T, Sedghi M, Konietzschke F, Lange K, Ziebolz D, Hülsmann M. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo® and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. *Int Endod J.* 2010;43(7):581-9.
18. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen's pathways of the pulp expert consult: Elsevier sci.; 2015.
19. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.
20. Eick JD, Wilko RA, Anderson CH, Sorensen SE. Scanning electron microscopy of cut tooth surfaces and identification of debris by use of the electron microprobe. *J. Dent. Res.* 1970;49(6):1359-68.
21. Bra M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent.* 1974;31(4):422-30.
22. Pashley DH. SmearLayer: physiological consideration. *Oper dent.* 1984;3:13-29.
23. Lester KS, Boyde A. Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J.* 1977.
24. Yamada RS, Armos A, Goldman M. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating. *J Endodon.* 1983;9:137-42.
25. Safavi KE, Spngberg LS, Langeland K. Root canal dentinal tubule disinfection. *J Endodon.* 1990;16(5):207-10.
26. Michelich V, Schuster G, Pashley DH. Bacterial penetration of human dentin in vitro. *J. Dent. Res.* 1980;59(8):1398-403.

27. Meryon S, Brook A. Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *Int Endod J.* 1990;23(4):196-202.
28. George S, Kishen A, Song P. The role of environmental changes on monospecies biofilm formation on root canal wall by *Enterococcus faecalis*. *J Endodon.* 2005;31(12):867-72.
29. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2002;94(6):658-66.
30. Haupt F, Meinel M, Gunawardana A, Hülsmann M. Effectiveness of different activated irrigation techniques on debris and smear layer removal from curved root canals: a SEM evaluation. *Aust Endod J.* 2020;46(1):40-6.
31. Van der Sluis L, Gambarini G, Wu M, Wesselink P. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *Int Endod J.* 2006;39(6):472-6.
32. Briseño MB, Wirth R, Hamm G, Standhartfinger W. Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal. *Dent Traumatol.* 1992;8(1):6-11.
33. Coolidge ED. The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. *J Am Dent Assoc.* 1919;6(4):337-49.
34. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002;13:113-7.
35. Gordon TM, Damato D, Christner P. Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *J Endodon.* 1981;7(10):466-9.
36. Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents. *J Am Dent Assoc.* 1941;28(2):223-5.
37. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *J Endodon.* 2000;26(6):331-4.
38. Kamburis J, Barker T, Barfield R, Eleazer P. Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *J Endodon.* 2003;29(9):559-61.
39. Dychdala G. Chlorine and chlorine compounds. Disinfection, sterilization and preservation. 1991:131-51.

40. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endodon*. 2005;31(9):669-71.
41. Ishizuka, T., Kataoka, H., Yoshioka, T., Suda, H., Iwasaki, N., Takahashi, H., & Nishimura, F. Effect of NaClO treatment on bonding to root canal dentin using a new evaluation method. *Dent Mater*, 20(1), 24–33.
42. Perdigão J, Lopes M, Geraldeli S, Lopes G, Garcia-Godoy F. Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dent Mater*. 2000;16(5):311-23.
43. Pioch T, Koba, scaronlija S, Schagen B, Götz H. Interfacial Micromorphology and Tensile Bond Strength of Dentin Bonding Systems after NaOCI Treatment. *J Adhes Dent*. 1999;1(2).
44. Osorio R, Ceballos L, Tay F, Cabrerizo-Vilchez MA, Toledano M. Effect of sodium hypochlorite on dentin bonding with a polyalkenoic acid-containing adhesive system. *J Biomed Mater Res*. 2002;60(2):316-24.
45. Cury JA, Bragotto C, Valdrighi L. The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin: I. Influence of pH. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 1981;52(4):446-8.
46. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J*. 2003;36(12):810-30.
47. Doğan H, Çalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*. 2001;27(9):578-80.
48. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endodon*. 2002;28(1):17-9.
49. Ravnik C, Sand H, Mörch T. Enamel lesions produced in vitro by solutions of EDTA and EDTA-sodium salts. *Acta Odontol. Scand*. 1962;20(4):349-58.
50. Devine D, Percival R, Wood D, Tuthill T, Kite P, Killington R, et al. Inhibition of biofilms associated with dentures and toothbrushes by tetrasodium EDTA. *J. Appl. Microbiol*. 2007;103(6):2516-24.
51. Finnegan S, Percival SL. EDTA: an antimicrobial and antibiofilm agent for use in wound care. *Adv Wound Care*. 2015;4(7):415-21.

52. Banin E, Brady KM, Greenberg EP. Chelator-induced dispersal and killing of *Pseudomonas aeruginosa* cells in a biofilm. *Appl. Environ. Microbiol.* 2006;72(3):2064-9.
53. Scelza MrFZ, Pierro V, Scelza P, Pereira M. Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on smear layer removal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98(4):499-503.
54. Hauser V, Braun A, Frentzen M. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). *Int Endod J.* 2007;40(8):644-52.
55. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endodon.* 2009;35(6):791-804.
56. Nair P, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99(2):231-52.
57. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1977;44(2):306-12.
58. O’Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JC. A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *J Endodon.* 2000;26(12):739-43.
59. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a new brush-covered irrigation needle in removing root canal debris: a scanning electron microscopic study. *J Endodon.* 2006;32(12):1181-4.
60. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endodon.* 1990;16(7):323-7.
61. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen ‘bio-molecular film’ from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2008;41(7):602-8.
62. Andrabi SMUN, Kumar A, Mishra SK, Tewari RK, Alam S, Siddiqui S. Effect of manual dynamic activation on smear layer removal efficacy of ethylenediaminetetraacetic acid and SmearClear: An in vitro scanning electron microscopic study. *Aust Endod J.* 2013;39(3):131-6.

63. Caron G, Nham K, Bronnec F, Machtou P. Effectiveness of different final irrigant activation protocols on smear layer removal in curved canals. *J Endodon*. 2010;36(8):1361-6.
64. Jiang L-M, Lak B, Eijsvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endodon*. 2012;38(6):838-41.
65. Ruddle C. Microbrush for endodontic use. Washington, DC.
66. Weise M, Roggendorf M, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Four methods for cleaning simulated lateral extensions of curved root canals-a SEM evaluation: R2. 39. *Int Endod J*. 2007;40(12):991-2.
67. Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick M. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(5):614-7.
68. Metzger Z. The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *J Conserv. Dent*. 2014;17(5):401.
69. Metzger Z, Teperovich E, Zary R, Cohen R, Hof R. The self-adjusting file (SAF). Part 1: respecting the root canal anatomy—a new concept of endodontic files and its implementation. *J Endodon*. 2010;36(4):679-90.
70. Waplington M, Lumley P, Walmsley A. Sonic instruments in root canal therapy. *Dent update*. 1995;22(8):339-42.
71. Rödiger T, Döllmann S, Konietschke F, Drebenstedt S, Hülsmann M. Effectiveness of different irrigant agitation techniques on debris and smear layer removal in curved root canals: a scanning electron microscopy study. *J Endodon*. 2010;36(12):1983-7.
72. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endodon*. 2009;35(4):545-9.
73. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*. 2017;21(9):2681-7.
74. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *J Endodon*. 2007;33(2):81-95.

75. Abbott P, Heijkoop P, Cardaci S, Hume W, Heithersay G. An SEM study of the effects of different irrigation sequences and ultrasonics. *Int Endod J.* 1991;24(6):308-16.
76. Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009;42(4):335-43.
77. Munley PJ, Goodell GG. Comparison of passive ultrasonic debridement between fluted and nonfluted instruments in root canals. *J Endodon.* 2007;33(5):578-80.
78. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endodon.* 1980;6(9):740-3.
79. Van der Sluis L, Versluis M, Wu M, Wesselink P. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-26.
80. Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer E. Removal of calcium hydroxide from artificial grooves in straight root canals: sonic activation using EDDY versus passive ultrasonic irrigation and XPendo Finisher. *J Endodon.* 2019;45(3):322-6.
81. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: impact of canal location and angulation. *Int Endod J.* 2009;42(1):59-65.
82. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck M. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. *J Endodon.* 2005;31(3):166-70.
83. Ahmad M, Ford TRP, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endodon.* 1987;13(10):490-9.
84. Lee SJ, Wu MK, Wesselink P. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J.* 2004;37(10):672-8.
85. Uroz-Torres D, González-Rodríguez MP, Ferrer-Luque CM. Effectiveness of the EndoActivator System in removing the smear layer after root canal instrumentation. *J Endodon.* 2010;36(2):308-11.
86. Karadag LS, Tinaz AC, Mihcioglu T. Influence of passive ultrasonic activation on the penetration depth of different sealers. *J Contemp Dent Pract.* 2004;5(1):115-25.

87. Van der Sluis L, Wu MK, Wesselink P. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from human root canals prepared using instruments of varying taper. *Int Endod J*. 2005;38(10):764-8.
88. Roy, R. A., Ahmad, M., & Crum, L. A. (1994). Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J*. 27(4), 197–207.
89. Topçuoğlu H, Düzgün S, Ceyhanlı K, Aktı A, Pala K, Kesim B. Efficacy of different irrigation techniques in the removal of calcium hydroxide from a simulated internal root resorption cavity. *Int Endod J*. 2015;48(4):309-16.
90. Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endodon*. 2007;33(5):611-5.
91. Brito PR, Souza LC, de Oliveira JCM, Alves FR, De-Deus G, Lopes HP, et al. Comparison of the effectiveness of three irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations: an in vitro study. *J Endodon*. 2009;35(10):1422-7.
92. Vivan RR, Bortolo MV, Duarte MAH, Moraes IGd, Tanomaru-Filho M, Bramante CM. Scanning electron microscopy analysis of RinsEndo system and conventional irrigation for debris removal. *Braz Dent J*. 2010;21(4):305-9.
93. Toljan I, Bago I, Anić I. Eradication of intracanal *Enterococcus faecalis* biofilm by passive ultrasonic irrigation and RinsEndo system. *Acta Stomatol Croat*. 2016;50(1):14-22.
94. Cachovan G, Schiffner U, Altenhof S, Guentsch A, Pfister W, Eick S. Comparative antibacterial efficacies of hydrodynamic and ultrasonic irrigation systems in vitro. *J Endodon*. 2013;39(9):1171-5.
95. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics: a preliminary investigation. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol*. 1971;31(3):416-20.
96. Moritz A. Oral laser application: Quintessenz Verlage-GmbH; 2006.
97. Gutknecht N. Lasertherapie in der zahnärztlichen Praxis. Quintessenz, Berlin, Germany. 1999.
98. Midda M, Renton-Harper P. Lasers in dentistry. *Br Dent J*. 1991;170(9):343-6.
99. Coluzzi DJ. An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dent. Clin. North Am*. 2000;44(4):753-65.

100. Onal B, Ertl T, Siebert Gt, Müller G. Preliminary report on the application of pulsed CO₂ laser radiation on root canals with AgCl fibers: a scanning and transmission electron microscopic study. *J Endodon*. 1993;19(6):272-6.
101. Arcoria, C. J., Frederickson, C. J., Judy, M. M., Jennett, E. L., & Motamedi, M. (1994). Jet-assisted laser tools for tooth preparation. *J Clin Laser Med Surg*. 12(3), 153–157.
102. Önal B. Diş sert dokularında lazer kullanımı. *Diş Hek K Derg*. 1993;2:61-4.
103. 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.
104. He W, Liu N, Wang X, He X. The application of laser in endodontics. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2016;51(8):470-4.
105. Roeykens H, De Moor R. The use of laser Doppler flowmetry in paediatric dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2011;12(2):85-9.
106. Shin D-H, Yun D-I, Park M-G, Ko C-C, García-Godoy F, Kim H-I, et al. Influence of DPSS laser on polymerization shrinkage and mass change of resin composites. *Photomed Laser Surg*. 2011;29(8):545-50.
107. Celiberti P, Leamari V, Imperato J, Braga M, Mendes F. In vitro ability of a laser fluorescence device in quantifying approximal caries lesions in primary molars. *J Dent*. 2010;38(8):666-70.
108. Azevedo DT, Faraoni-Romano JJ, Derceli JdR, Palma-Dibb RG. Effect of Nd: YAG laser combined with fluoride on the prevention of primary tooth enamel demineralization. *Braz Dent J*. 2012;23:104-9.
109. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl. j. maxillofac. surg*. 2012;3(2):124.
110. Convissar RA. Principles and Practice of Laser Dentistry-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2015.
111. Kang Y, Rabie A, Wong R. A review of laser applications in orthodontics. *Int J Orthod Milwaukee*. 2014;25(1):47-56.
112. Lin S, Liu Q, Peng Q, Lin M, Zhan Z, Zhang X. The ablation threshold of Er: YAG laser and Er, Cr: YSGG laser in dental dentin. *J Sci Res Essay*. 2010;5(16):2128-35.

113. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, DiVito E. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. *J Endod.* 2011;37(7):1008-12.
114. Ando Y, Aoki A, Watanabe H, Ishikawa I. Bactericidal effect of erbium YAG laser on periodontopathic bacteria. *Lasers Surg Med.* 1996;19(2):190-200.
115. Blanken J, De Moor RJG, Meire M, Verdaasdonk R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers Surg Med.* 2009;41(7):514-9.
116. De Groot S, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink P, Van Der Sluis L. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J.* 2009;42(12):1077-83.
117. Meire MA, Havelaerts S, De Moor RJ. Influence of lasing parameters on the cleaning efficacy of laser-activated irrigation with pulsed erbium lasers. *Lasers Med Sci.* 2016;31(4):653-8.
118. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):273-80.
119. Sasaki K, Aoki A, Masuno H, Ichinose S, Yamada S, Ishikawa I. Compositional analysis of root cementum and dentin after Er: YAG laser irradiation compared with CO₂ lased and intact roots using Fourier transformed infrared spectroscopy. *J. Periodont. Res.* 2002;37(1):50-9.
120. Stabholz A, Zeltser R, Sela M, Peretz B, Moshonov J, Ziskind D. The use of lasers in dentistry: principles of operation and clinical applications. *Compend. contin. educ. dent.* 2003;24(12):935-48; quiz 49.
121. Licata M, Albanese A, Campisi G, Geraci D, Russo R, Gallina G. Effectiveness of a new method of disinfecting the root canal, using Er, Cr: YSGG laser to kill *Enterococcus faecalis* in an infected tooth model. *Lasers Med Sci.* 2015;30(2):707-12.
122. Yamazaki R, Goya C, Yu D-G, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod.* 2001;27(1):9-12.
123. Schoop U, Goharkhay K, Klimscha J, Zagler M, Wernisch J, Georgopoulos A, et al. The use of the erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser in

endodontic treatment: the results of an in vitro study. J Am Dent Assoc. 2007;138(7):949-55.

124. Taşkan M. Kronik enflamatuvar dişeti büyümelerinin tedavisinde lazer ile gingivektomi teknikleri; derleme. Cumhuriyet Dent. J. 18(4):370-9.

125. Goharkhay K, Moritz A, Wilder-Smith P, Schoop U, Kluger W, Jakolitsch S, et al. Effects on oral soft tissue produced by a diode laser in vitro. Lasers Surg Med. 1999;25(5):401-6.

126. Tano E, Otsuki M, Kato J, Sadr A, Ikeda M, Tagami J. Effects of 405 nm diode laser on titanium oxide bleaching activation. Photomed Laser Surg. 2012;30(11):648-54.

127. Mehrvarzfar P, Saghiri MA, Asatourian A, Fekrazad R, Karamifar K, Eslami G, et al. Additive effect of a diode laser on the antibacterial activity of 2.5% NaOCl, 2% CHX and MTAD against Enterococcus faecalis contaminating root canals: an in vitro study. J Oral Sci. 2011;53(3):355-60.

128. Kaiwar A, Usha H, Meena N, Ashwini P, Murthy CS. The efficiency of root canal disinfection using a diode laser: in vitro study. Indian J Dent Res. 2013;24(1):14.

129. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. Int Endod J. 2000;33(3):173-85.

130. Koba, K., Kimura, Y., Matsumoto, K., Takeuchi, T., Ikarugi, T., Shimizu, T., & Saito, K. (1998). Pulsed Nd:YAG laser application to one-visit treatment of infected root canals in dogs: a histopathological study. J Clin Laser Med Surg. 16(4), 217–221.

131. Hassan F. A new method for treating weeping canals: clinical and histopathologic study. Egypt Dent J. 1995;41(4):1403-8.

132. Levy G. Cleaning and shaping the root canal with a Nd: YAG laser beam: a comparative study. J Endod. 1992;18(3):123-7.

133. Pirnat S, Lukac M, Ihan A. Study of the direct bactericidal effect of Nd: YAG and diode laser parameters used in endodontics on pigmented and nonpigmented bacteria. Lasers Med Sci. 2011;26(6):755-61.

134. Smith ML. Laser-assisted nonsurgical periodontal therapy. Elsevier sci. 2011. p. 27-52.

135. Harashima, T., Takeda, F. H., Zhang, C., Kimura, Y., & Matsumoto, K. (1998). Effect of argon laser irradiation on instrumented root canal walls. *Endod. dent. traumatol.* 14(1), 26–30.
136. Matsumoto K. Lasers in endodontics. *Dent. Clin. North Am.* 2000;44(4):889-906, viii.
137. Gillen BM, Looney SW, Gu L-S, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2011;37(7):895-902.
138. Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronar reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1984;51(6):780-4.
139. Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. *J Prosthet Dent.* 2003;90(6):556-62.
140. Strassler HE, Cloutier PC. A new fiber post for esthetic dentistry. *Compend Contin Educ Dent.* 2003;24(10):742.
141. 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.
142. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Influence of ceramic and cement thickness on the masking of various types of opaque posts. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):412-7.
143. Martinez-Insua A, Da Silva L, Rilo B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent.* 1998;80(5):527-32.
144. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod.* 2004;30(5):289-301.
145. Naumann M, Sterzenbach G, Franke A, Dietrich T. Randomized controlled clinical pilot trial of titanium vs glass fiber prefabricated posts: Preliminary results after up to 3 years. *Int J Prosthodont.* 2007;20(5).
146. Kurtz JS, Perdigão J, Geraldini S, Hodges JS, Bowles WR. Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. *Am. J. Dent.* 2003;16:31A-6A.

147. Shetty T, Bhat SG, Shetty P. Aesthetic postmaterials. J Indian Prosthodont Soc. 2005;5(3):122.
148. 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.
149. Goldberg A, Burstone C. The use of continuous fiber reinforcement in dentistry. Dent Mater. 1992;8(3):197-202.
150. Vallittu PK. Some aspects of the tensile strength of unidirectional glass fibre–polymethyl methacrylate composite used in dentures. J Oral Rehabil. 1998;25(2):100-5.
151. Jagger D, Harrison A, Jandt K. The reinforcement of dentures. J Oral Rehabil. 1999;26(3):185-94.
152. Morgano SM, Brackett SE. Foundation restorations in fixed prosthodontics: current knowledge and future needs. J Prosthet Dent. 1999;82(6):643-57.
153. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's restorative dental materials-e-book: Elsevier Health Sciences; 2012.
154. Lia ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements. J Prosthet Dent. 1999;81(5):597-609.
155. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar: Güneş Kitabevi; 2000.
156. O'Brien WJ. Dent Mater. 2002.
157. Van Noort R, Barbour M. Introduction to Dental Materials-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2014.
158. Özcan A. Cam fiber post matriks yapılarının ve rezin siman polimerizasyon yöntemlerinin postların bağlanma dayanımlarına etkisi. 2010.
159. Akın HT, Yüzügül B. Rezin Simanlara Güncel Bakış. ADO Klinik Bilimler Dergisi.6(4):1307-17.
160. Öz ÖP, Seçilmiş A, Aydın C. Adezyon ve Rezin Simanlar. ADO Klinik Bilimler Dergisi.7(1):1441-7.
161. Roberson T, Heymann HO, Swift Jr EJ. Sturdevant's art and science of operative dentistry: Elsevier Health Sciences; 2006.
162. Stamatacos C, Simon JF. Cementation of indirect restorations: an overview of resin cements. Compend. contin. educ. dent. 2013;34(1):42-4, 6.

163. Karaçolak G, Türkün LŞ. Geçmişten günümüze postlar, yapıştırıcı simanlar ve kor materyalleri. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.25(3).
164. Türk AG, Ulusoy M, Önal B. İndirekt Restorasyonlarda Kullanılan Kompozit Rezin Simanlar. Ege üniv. diş hekim. fak. derg. 2014;35(2):1-8.
165. Cekic I, Ergun G, Lassila LV, Vallittu PK. Ceramic-dentin bonding: effect of adhesive systems and light-curing units. J Adhes Dent. 2007;9(1).
166. Piwowarczyk A, Lauer H-C, Sorensen JA. In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. J Prosthet Dent. 2004;92(3):265-73.
167. Walter R, Miguez PA, Pereira PN. Microtensile bond strength of luting materials to coronal and root dentin. J Esthet Restor Dent. 2005;17(3):165-71.
168. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. Dent Mater. 2007;23(1):71-80.
169. Vrochari AD, Eliades G, Hellwig E, Wrbas K-T. Curing efficiency of four self-etching, self-adhesive resin cements. Dent Mater. 2009;25(9):1104-8.
170. Macorra García JCdl, Pradies Ramiro G. Conventional and adhesive luting cements. Clin Oral Investig. 2002(6):198-204.
171. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. Dent. Clin. North Am. 2007;51(2):453-71.
172. Gogos C, Economides N, Stavrianos C, Kolokouris I, Kokorikos I. Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. J Endod. 2004;30(4):238-40.
173. Burke F, Hussain A, Nolan L, Fleming G. Methods used in dentine bonding tests: An analysis of 102 investigations on bond strength. Eur J Prosthodont Restor Dent. 2008;16(4):158-65.
174. McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MY, Schumacher GE, et al. A microshear test to measure bond strengths of dentin–polymer interfaces. Biomaterials. 2002;23(17):3603-8.
175. Zanatta R, Lungova M, Borges A, Torres C, Sydow H, Wiegand A. Microleakage and shear bond strength of composite restorations under cycling conditions. Oper Dent. 2017;42(2):E71-E80.

176. Ngoh EC, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Effects of eugenol on resin bond strengths to root canal dentin. *J Endod.* 2001;27(6):411-4.
177. Roydhouse RH. Punch-shear test for dental purposes. *J. Dent. Res.* 1970;49(1):131-6.
178. 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):227-36.
179. Yavari H, Shahi S, Galledar S, Samiei M, Janani M. Effect of retreatment on the push-out bond strength of MTA-based and epoxy resin-based endodontic sealers. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2017;11(1):43.
180. Loxley EC, Liewehr FR, Buxton T, McPherson III J. The effect of various intracanal oxidizing agents on the push-out strength of various perforation repair materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(4):490-4.
181. Ungor M, Onay E, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany–Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J.* 2006;39(8):643-7.
182. Yıkılğan İ, Oya B. Endodontik tedavi görmüş dişlerin konservatif restorasyonları. *Acta Odontol Turc.* 2013;30(1):44-8.
183. Stockton LW. Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent.* 1999;81(4):380-5.
184. 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):557-63.
185. 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):433-40.
186. Saunders W, Saunders E, Herd D, Stephens E. The use of glass ionomer as a root canal sealer—a pilot study. *Int Endod J.* 1992;25(5):238-44.
187. Johnson WT. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. *Pathways of the Pulp.* 2006:358-99.

188. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod.* 2005;31(11):809-13.
189. Biggs SG, Knowles KI, Ibarrola JL, Pashley DH. An in vitro assessment of the sealing ability of resilon/epiphany using fluid filtration. *J Endod.* 2006;32(8):759-61.
190. Vilas-Boas DA, Grazziotin-Soares R, Ardenghi DM, Bauer J, de Souza PO, de Miranda Candeiro GT, et al. Effect of different endodontic sealers and time of cementation on push-out bond strength of fiber posts. *Clin Oral Investig.* 2018;22(3):1403-9.
191. Teixeira CdS, Pasternak-Junior B, Borges AH, Paulino SM, Sousa-Neto MD. Influence of endodontic sealers on the bond strength of carbon fiber posts. *J. Biomed. Mater. Res. Part B Appl. Biomater.* 2008;84(2):430-5.
192. Menezes M, Queiroz E, Campos R, Martins L, Soares C. Influence of endodontic sealer cement on fibreglass post bond strength to root dentine. *Int Endod J.* 2008;41(6):476-84.
193. Neagley RL. The effect of dowel preparation on the apical seal of endodontically treated teeth. *Oral Sur Oral Med Oral Pathol.* 1969;28(5):739-45.
194. Standlee J, Caputo A, Hanson E. Retention of endodontic dowels: effects of cement, dowel length, diameter, and design. *J Prosthet Dent.* 1978;39(4):400-5.
195. Mattison GD. Photoelastic stress analysis of cast-gold endodontic posts. *J Prosthet Dent.* 1982;48(4):407-11.
196. Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent.* 2006;96(1):41-6.
197. Yoldas O, Alaçam T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. *J Endod.* 2005;31(2):104-6.
198. Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. *Quintessence Int.* 1994;25(5).
199. Mattison GD, Delivanis PD, Thacker Jr RW, Hassell KJ. Effect of post preparation on the apical seal. *J Prosthet Dent.* 1984;51(6):785-9.

200. Bonfante EA, Pegoraro LF, Mario F, Carvalho RM. SEM observation of the bond integrity of fiber-reinforced composite posts cemented into root canals. *Dent Mater.* 2008;24(4):483-91.
201. Alkhudhairy FI, Bin-Shuwaish MS. The effect of sodium hypochlorite and resin cement systems on push-out bond strength of cemented fiber posts. *Pak J Med Sci.* 2016;32(4):905.
202. Gu X-H, Mao C-Y, Kern M. Effect of different irrigation on smear layer removal after post space preparation. *J Endod.* 2009;35(4):583-6.
203. Serafino C, Gallina G, Cumbo E, Monticelli F, Goracci C, Ferrari M. Ultrasound effects after post space preparation: an SEM study. *J Endod.* 2006;32(6):549-52.
204. Gürel M, Helvacioğlu Kıvanç B. Etilen Diamin Tetra Asetik Asit EDTA. 2015.
205. Machida T, Wilder-Smith P, Arrastia AM, Liaw L-HL, Berns MW. Root canal preparation using the second harmonic KTP: YAG laser: a thermographic and scanning electron microscopic study. *J Endod.* 1995;21(2):88-91.
206. Gutknecht N, Franzen R, Meister J, Vanweersch L, Mir M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci.* 2005;20(2):99-103.
207. Ahmad M. Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Dent Traumatol.* 1990;6(5):230-1.
208. 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.
209. Erdemir A, Ari H, Güngüneş H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(2):113-6.
210. da Cunha LF, Furuse AY, Mondelli RFL, Mondelli J. Compromised bond strength after root dentin deproteinization reversed with ascorbic acid. *J Endod.* 2010;36(1):130-4.
211. Sauro S, Mannocci F, Tay FR, Pashley DH, Cook R, Carpenter GH, et al. Deproteinization effects of NaOCl on acid-etched dentin in clinically-relevant vs prolonged periods of application. A confocal and environmental scanning electron microscopy study. *Oper Dent.* 2009;34(2):166-73.

212. Bitter K, Gläser C, Neumann K, Blunck U, Frankenberger R. Analysis of resin-dentin interface morphology and bond strength evaluation of core materials for one stage post-endodontic restorations. *PLoS One*. 2014;9(2):e86294.
213. Guo X, Miao H, Li L, Zhang S, Zhou D, Lu Y, et al. Efficacy of four different irrigation techniques combined with 60 C 3% sodium hypochlorite and 17% EDTA in smear layer removal. *BMC oral health*. 2014;14(1):1-6.
214. Kivanç BH, Ulusoy ÖİA, Görgül G. Effects of Er: YAG laser and Nd: YAG laser treatment on the root canal dentin of human teeth: a SEM study. *Lasers Med Sci*. 2008;23(3):247-52.
215. Nagase DY, de Freitas PM, Morimoto S, Oda M, Vieira GF. Influence of laser irradiation on fiber post retention. *Lasers Med Sci*. 2011;26(3):377-80.
216. Šimundić Munitić M, Bago I, Glockner K, Kqiku L, Gabrić D, Anić I. Effect of Different Laser Treatments on the Bond Strength of Intracanal Fiber Posts Cemented with a Self-Adhesive Resin Cement. *J Prosthodont*. 2019;28(1):e290-e6.
217. Mohammadi N, Savadi Oskoei S, Abed Kahnamoui M, Bahari M, Kimyai S, Rikhtegaran S. Effect of Er, Cr: YSGG pretreatment on bond strength of fiber posts to root canal dentin using a self-adhesive resin cement. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):65-9.
218. Arslan H, Yeter KY, Karatas E, Yilmaz CB, Ayranci LB, Ozsu D. Effect of agitation of EDTA with 808-nm diode laser on dentin microhardness. *Lasers Med Sci*. 2015;30(2):599-604.
219. de Macedo HS, Colucci V, Messias DCF, Rached-Júnior FJA, Fernandes FS, Silva-Sousa YTC, et al. Effect of Nd: YAG (1064-nm) and diode laser (980-nm) EDTA agitation on root dentin ultrastructure properties. *Photomed Laser Surg*. 2015;33(7):349-56.
220. Strefezza C, Amaral MM, Quinto Jr J, Gouw-Soares SC, Zamataro CB, Zezell DM. Effect of 830 nm diode laser irradiation of root canal on bond strength of metal and fiber post. *Photomed Laser Surg*. 2018;36(8):439-44.
221. Santos J, Carrilho M, Tervahartiala T, Sorsa T, Breschi L, Mazzoni A, et al. Determination of matrix metalloproteinases in human radicular dentin. *J Endod*. 2009;35(5):686-9.

222. Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, Mathias P, Muench A. Microtensile bond strength of light-and self-cured adhesive systems to intraradicular dentin using a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2005;30(4):500.
223. 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.
224. Kirmali O, Kustarci A, Kapdan A, Er K. Effects of dentin surface treatments including Er, Cr: YSGG laser irradiation with different intensities on the push-out bond strength of the glass fiber posts to root dentin. *Acta Odontol. Scand*. 2015;73(5):380-6.
225. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater*. 2004;20(10):963-71.
226. Mjör I, Smith M, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J*. 2001;34(5):346-53.
227. Garcia LdF, Naves LZ, Farina AP, Walker CM, Consani S, Pires-de-Souza FdC. The effect of a 980 nm diode laser with different parameters of irradiation on the bond strength of fiberglass posts. *Gen Dent*. 2011;59(1):31-7.
228. Perdigão J. Dentin bonding as a function of dentin structure. *Dent Clin North Am*. 2002;46(2):277-301.
229. Mjör P. Dentin-predentin complex and its permeability: pathology and treatment overview. *J. Dent. Res*. 1985;64(4):621-7.
230. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur. J. Oral Sci*. 2004;112(4):353-61.
231. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater*. 2008;24(10):1405-11.
232. Le Bell A-M, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallittu PK. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. *J Dent*. 2005;33(7):533-9.

233. Durski M, Metz MJ, Thompson J, Mascarenhas A, Crim G, Vieira S, et al. Push-out bond strength evaluation of glass fiber posts with different resin cements and application techniques. *Oper Dent*. 2016;41(1):103-10.
234. Lima J, Lima AF, Humel M, Paulillo L, Marchi GM, Ferraz C. Influence of irrigation protocols on the bond strength of fiber posts cemented with a self-adhesive luting agent 24 hours after endodontic treatment. *Gen Dent*. 2015;63(4):22-6.
235. 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):836-49.
236. De-Deus G, Souza E, Versiani M. Methodological considerations on push-out tests in Endodontics. *Int Endod J*. 2015;48(5):501-3.
237. Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Retention and failure morphology of prefabricated posts. *Int. j. prosthodont*. 2004;17(3).
238. Aguiar T, Andre C, Arrais C, Bedran-Russo A, Giannini M. Micromorphology of resin–dentin interfaces using self-adhesive and conventional resin cements: A confocal laser and scanning electron microscope analysis. *Int J Adhes Adhes*. 2012;38:69-74.
239. Malyk Y, Kaaden C, Hickel R, Ilie N. Analysis of resin tags formation in root canal dentine: a cross sectional study. *Int Endod J*. 2010;43(1):47-56.
240. Arrais CA, Miyake K, Rueggeberg FA, Pashley DH, Giannini M. Micromorphology of resin/dentin interfaces using 4th and 5th generation dual-curing adhesive/cement systems: a confocal laser scanning microscope analysis. *J Adhes Dent*. 2009;11(1).
241. D'Alpino PH, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Factors affecting use of fluorescent agents in identification of resin-based polymers. *J Adhes Dent*. 2006;8(5).
242. Cantoro A, Goracci C, Papacchini F, Mazzitelli C, Fadda GM, Ferrari M. Effect of pre-cure temperature on the bonding potential of self-etch and self-adhesive resin cements. *Dent Mater*. 2008;24(5):577-83.
243. Titley K, Chernecky R, Chan A, Smith D. The composition and ultrastructure of resin tags in etched dentin. *Am J Dent*. 1995;8(5):224-30.

