



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**FARKLI İRRİGASYON SOLÜSYONLARININ BİYOSERAMİK
ESASLI KANAL DOLGU PATININ KALSİYUM İYON SALINIMI
VE BAĞLANMA DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİ**

CEYDA DİLARA TAMER
UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. HESNA SAZAK ÖVEÇOĞLU

2020- İSTANBUL

BEYAN

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

Ceyda Dilara Tamer

14/09/2020

TEŞEKKÜR

Bölüme geldiğim ilk günden beri mesleki bilgi ve tecrübesiyle desteğini her zaman hissettiğim, her sorunumda danışabildiğim değerli hocam ve anabilim dalı başkanı Prof. Dr. Hesna Sazak Öveçoğlu' na,

Uzmanlık eğitimim boyunca hem klinik hem akademik anlamda bana büyük katkılar sağlayan, Dr. Öğr. Üyesi Dilek Erbay Türkaydın, Doç. Dr. Fatıma Betül Baştürk, Doç. Dr. Emre İriboz'a,

Septodont (Saint-Maur-des-Fossés, Fransa) Araştırma ve Geliştirme Direktörü Gilles Richard'a,

Marmara Üniversitesi Genetik ve Metabolik Hastalıklar Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki spektrofotometrik analiz incelemelerim için yardımcı olan Dr. Ali Şahin' e,

Kısa zaman önce aralarına katılmış olsam da çok uzun zamandır tanışmış gibi hissettiğim Dt.Mina Shahmari, Dt. Ayşe Karadayı, Dt. Şenay Gül Zincir ve kıdem arkadaşlarıma,

Çalışma ortamımızda her zaman bize destek olan yardımcı personelimize,

Her zaman her koşulda beni destekleyen, tüm hayatım boyunca sonsuz sevgi ve güvenlerini hissettiğim, hayattaki en büyük şansım olan biricik ailem annem Filiz Zengin, babam Prof. Dr. Dursun Zengin ve kardeşim Pelin İlayda Zengin' e,

Varlığıyla hayatımı güzelleştiren kıymetli eşim Berker Aytuğ Tamer' e

En içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından SAG-C-DUP-100719-0256 numaralı proje ile desteklenmiştir.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
KISALTMALAR VE SİMGELER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
RESİMLER LİSTESİ.....	ix
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xi
ÖZET	1
SUMMARY	2
1.GİRİŞ VE AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Kök Kanallarının Yıkınması.....	5
2.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl).....	6
2.1.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA).....	8
2.1.3. Klorheksidin glukonat (CHX).....	9
2.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri.....	11
2.2.1. Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları	13
2.2.1.1. BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des Fosses, France).....	15
2.2.2. Smear Tabakasının Kök Kanal Dolgu Patları Üzerindeki Etkileri.....	16
2.3. Kök Rezorpsiyonları.....	17
2.3.1. Kök Rezorpsiyonlarının Sınıflandırılması.....	17
2.3.1.1. Eksternal Kök Rezorpsiyonu	18
2.4. Endodontide Kalsiyum Hidroksit Salınımı ve Önemi	21
2.4.1. Kalsiyum İyon Konsantrasyonunun Ölçülmesi.....	22
2.5. Bağlanma Dayanımı.....	24
2.5.1. Push-Out Testi.....	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	26
3.1. Örneklerin seçimi ve hazırlanması	26
3.2. Atomik absorpsiyon spektrofotometrik analizin gerçekleştirilmesi.....	32
3.3. Push- Out Bağlanma Testinin Gerçekleştirilmesi.....	35
3.4. İstatistiksel Analiz.....	38
4.1. Kalsiyum İyon Salınım Değerlerine Ait Bulgular	39
4.2. Push-Out Bağlanma Dayanımına Ait Bulgular.....	48
4.3. Kırık Tiplerinin Değerlendirilmesi.....	50

5. TARTIŞMA.....	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
7. KAYNAKLAR	66
8. EKLER.....	79
8.1. Etik Kurul Onayı	79
9. ÖZGEÇMİŞ.....	80



KISALTMALAR VE SİMGELER

AAS	Atomik absorpsiyon spektrofotometre
Ca^{+2}	Kalsiyum iyonu
CaCO_3	Kalsiyum karbonat
Π	Pi sayısı
r	Yarıçap
h	Yükseklik
Ca(OH)_2	Kalsiyum hidroksit
CHX	Klorheksidin
EDTA	Etilen Diamin Tetraasetik
H^+	Hidrojen iyonu
HOCl	Hipokloröz asit
L	litre
Mg	miligram
mm^2	Milimetrekare
MPa	Megapaskal
N	Newton
Na^+	Sodyum iyonu
NaCl	Sodyum Klorür
NaOCl	Sodyum hipoklorit
OCl^-	Hipoklorit iyonu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. AAS' nin çalışma prensibinin şematik gösterimi

Şekil 2. Push-out testi şematik gösterimi



TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Gruplardan bağımsız zaman aralıklarında salınan kalsiyum iyon ortalamaları

Tablo 2. Kalsiyum iyon salınımının zamana göre karşılaştırılması

Tablo 3. Grupların zamana bağlı kalsiyum iyon salınım ortalamaları

Tablo 4. Grupların zaman aralıklarına göre karşılaştırılması

Tablo 5. Zaman aralıklarına göre grupların kalsiyum iyon salınım ortalamaları

Tablo 6. Zaman aralıklarına göre grupların karşılaştırılması

Tablo 7. Grupların push-out bağlanma dayanımı değerleri ortalaması

Tablo 8. Grupların push-out bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması

Tablo 9. Grupların kırık tiplerinin karşılaştırılması

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Bukkolingual ve meziodistal açılarla dişlerden alınan radyograflar

Resim 2. Çalışmada kullanılan X-Smart Plus endodontik motor ve Protaper Next döner eğe sistemi

Resim 3. Endo-Eze irrigasyon iğnesi

Resim 4. EndoActivator

Resim 5. Çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları

Resim 6. Rezorptif defekt oluşturulan diş örneği

Resim 7. Çalışmada kullanılan kök kanal dolgu patı BioRoot RCS

Resim 8. Çalışmada kullanılan Protaper Next güta-perka kon

Resim 9. Dolumu tamamlanmış diş örneği

Resim 10. Spektrofotometrik analiz için oluşturulan diş örnekleri

Resim 11. Çalışmada kullanılan atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı

Resim 12. Kalsiyum iyonu için oluşturulan standart eğrisi

Resim 13. Falkon tüpten sıvı alınması

Resim 14. Alınan sıvı örneklerin ölçüm için cihaza yerleştirilmesi

Resim 15. Örneklerden kalsiyum tayinini sağlayan yanma olayı

Resim 16. Örneklerin etüve yerleştirilmesi

Resim 17. Şeffaf akrilik rezin içerisine gömülen diş örnekleri

Resim 18. IsoMet kesit cihazı ve oluşturduğu dentin diskleri

Resim 19. Dentin diski kalınlıklarının dijital kumpas ile kontrol edilmesi

Resim 20. Dentin disklerine Instron cihazı ile kuvvet uygulanması

Resim 21. Örneklerin incelendiği stereomikroskop

Resim 22. Adeziv kırık tipinin X10 ve X20 büyütmedeki görüntüsü

Resim 23. Koheziv kırık tipinin X10 ve X20 büyütmedeki görüntüsü

Resim 24. Karma kırık tipinin X10 ve X20 büyütmedeki görüntüsü



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Grupların zaman aralıklarındaki kalsiyum iyon salınım ortalamaları

Grafik 2. Zaman aralıklarında grupların kalsiyum iyon salınım ortalamaları

Grafik 3. Grupların kalsiyum iyon salınım ortalamalarının zaman aralıklarına bağlı değişimi

Grafik 4. Grupların push-out bağlanma dayanımı ortalamaları

Grafik 5. Grupların kırık tiplerinin dağılımının gösterilmesi

Grafik 6. Kırık tiplerinin dağılımının genel olarak gösterilmesi



Farklı İrrigasyon Solüsyonlarının Biyoseramik Esaslı Kanal Dolgu Patının Kalsiyum İyon Salınımı ve Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi

Arş. Gör. Dt. Ceyda Dilara Tamer

Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU

Endodonti Anabilim Dalı

ÖZET

Amaç: Günümüzde yaygın olarak kullanılan biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları yüksek miktarlarda kalsiyum iyon salınımı yapmaktadır. Literatürde ise bu materyallerin iyon salınımı özelliklerini etkileyen faktörlerin araştırıldığı çalışmalar çok sınırlı sayıdadır. Başarılı bir endodontik tedavide kök kanal dolgu materyali ile dentin arasında bağlanma istenilen bir özelliktir. Bağlanma; kök kanal dolgu materyalinin kök kanalından ayrılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Bu çalışmada endodontide yaygın olarak kullanılan yıkama solüsyonlarının biyoseramik esaslı bir dolgu patı olan BioRoot RCS' in kalsiyum iyon salınımı ve bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: 80 adet tek köklü alt premolar diş atomik absorpsiyon spektrofotometrik analiz ve push-out testi için 2 ana gruba ayrıldı. Dişler kullanılan son yıkama solüsyonuna göre (%5,25 NaOCl, %17 EDTA, %2 CHX, %0,9 NaCl (kontrol grubu)) her grupta 10 diş olacak şekilde 4 gruba ayrıldı. Yıkama işleminden sonra spektrofotometrik analizle kalsiyum iyon konsantrasyonu ölçülecek 40 dişin bukkal yüzeyine yapay rezorptif defekt oluşturuldu. Dişlerin BioRoot RCS kanal dolgu patı ve gutaperka kullanılarak kanal tedavileri tamamlandı. Örnekler içinde 5 ml distile su olan falkon tüplerine konuldu 1., 7., 14. ve 28. günlerde ölçüm yapıldı. Grup 2' ye ait 40 diş ise sertleşmenin tamamlandığı 3. haftanın sonunda akrile gömülerek her dişin orta üçlüsünden ikişer kesit alındı. Daha sonra örnekler Instron cihazında push-out testi uygulandı.

Bulgular ve Sonuçlar: 1 ve 7. günlerde %17 EDTA, %5,25 NaOCl ve %2 CHX yıkama solüsyonlarının BioRoot RCS'in kalsiyum iyon salınımına etkisinin değerlendirilmesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p>0,05$). 14. ve 28. günlerde %2 CHX grubu %17 EDTA grubuna göre istatistiksel olarak daha düşük kalsiyum iyon salınımı göstermiştir ($p<0,05$). BioRoot RCS kök kanal dolgu patı için en yüksek bağlanma dayanımı değerleri %17 EDTA solüsyonunun kullanıldığı grupta elde edilmiştir ($p<0,05$).

Anahtar Kelimeler: BioRoot RCS, yıkama solüsyonları kalsiyum iyon salınımı, bağlanma dayanımı.

SUMMARY

Investigation of the effect of different irrigation solutions on bioceramic-based sealer calcium ion release and push-out bond strength

Res. Asst. Ceyda Dilara Tamer

Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU

Department of Endodontics

Objective: Bioceramic based root canal sealer, which are widely used today, release high amounts of calcium ions. In the literature, there are very limited studies investigating the factors affecting the ion release properties of these materials. Bonding between root canal filling material and dentine is a desired feature in a successful endodontic treatment. In this study, the effects of the irrigation solutions commonly used in endodontics on the calcium ion release and bond strength of BioRoot RCS, a bioceramic based sealer, were investigated.

Materials and Methods: 80 single root mandibular premolar teeth were divided into 2 main groups for atomic absorption spectrophotometric analysis and push-out test. The teeth were divided into 4 groups with 10 teeth in each group according to the final irrigation solution (5.25% NaOCl, %17 EDTA, %2 CHX, 0.9% NaCl (control group)). After the final irrigation, artificial resorptive defects was simulated on the buccal face of 40 teeth, whose calcium ion concentration will be measured by spectrophotometric analysis. Root canal treatments of the teeth were completed using BioRoot RCS and gutta percha. The samples were placed in falcon tubes with 5 ml of distilled water. Measurement was made on the 1st, 7th, 14th and 28th days. 40 teeth belonging to Group 2 were embedded in acryl at the end of the 3rd week when the hardening was completed and two sections were taken from the middle trio of each tooth. Then, push-out test was applied to the samples on the Instron device.

Results and Results: There is no statistically significant difference in evaluating the effect of 17% EDTA, 5.25% NaOCl and 2% CHX irrigation solutions on the calcium ion release of BioRoot RCS on the 1st and 7th days ($p > 0.05$). On the 14th and 28th days, the 2% CHX group showed a statistically lower calcium ion release than the 17% EDTA group ($p < 0.05$). For BioRoot RCS root canal sealer, the highest bond strength values were obtained in the group using 17% EDTA solution ($p < 0.05$).

Keywords: BioRoot RCS, irrigation solutions, Ca ion release, push-out bond strength.

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Başarılı kök kanal tedavisinde hedef, kök kanalının kemomekanik preparasyonundan sonra, boyutsal olarak stabil, biyouyumlu bir kanal dolgu materyali ile kök kanal sisteminin sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu olarak doldurulmasıdır. Kök kanal sisteminin doldurulmasında en çok gutta-perkanın kök kanal dolgu patlılarıyla kullanıldığı teknikler tercih edilmektedir. Günümüzde daha iyi sızdırmazlık ve üç boyutlu tıkama sağlayabilen kök kanal dolgu patının olmayışı, araştırmacıları yeni kök kanal dolgu patları geliştirmeleri için teşvik etmektedir (TARHAN & UZUNOĞLU, 2010).

Bu amaçla; endodontide güncel olarak kullanılmaya başlanılan biyoseramik esaslı kök kanal dolgu materyalleri, osteoindüktiftir, doku sıvılarının varlığında sertleşebilir; aynı zamanda sızdırmazlık ve uzun çalışma süresi sağlayabilmektedir (Tyagi, Mishra, & Tyagi, 2013). Biyoseramik materyalin yüzeyinde hidroksiapatit veya karbonat apatit kristallerinin oluşumu, kalsiyum iyonlarının salınımı, doku sıvısına benzer ortamlarla temas edildiğinde dolgu materyali ve dentin arasında mineral infiltrasyon bölgesi oluşumu bu materyallerin biyoaktif özellikleridir (Parirokh, Torabinejad, & Dummer, 2018).

Biyoseramiklerin standardı olarak kabul edilen mineral trioksit agregat (MTA), Mahmoud Torabinejad tarafından ilk kez 1993 yılında tanıtılmıştır (S.-J. Lee, Monsef, & Torabinejad, 1993). Endodontik tedavilerde MTA bazlı (mineral trioksit agregat) simanlar olarak bilinen trikalsiyum silikat endodontik simanlardan birçok alanda yararlanılmıştır. Bu malzemeler hidrofiliktir, biyouyumludur ve apatit oluşturma yeteneğine sahiptir. MTA (mineral trioksit agregat) nın bu özelliklerinden yararlanmak için trikalsiyum silikat simanlardan çeşitli formlarda kök kanal dolgu patları geliştirilmiştir (Prati & Gandolfi, 2015). Kalsiyum silikat esaslı materyaller sertleştikten sonra uzun süre kalsiyum iyon salınımı yapabilen, nemli dentin ve kemikle temasta sürekli iyon salınımını sürdürebilen tek materyal ailesidir (Prati & Gandolfi, 2015). Yapılan çalışmalarda, uzun süre kalsiyum iyon salınımının, endodontik ve periodontal tedavilerde rejenerasyonu teşvik eden önemli bir faktör olduğu gösterilmiştir (Hakki, Bozkurt, Hakki, & Belli, 2009; Matsumoto et al., 2013).

Yeni geliştirilen biyoaktif kök kanal dolgu patları yüksek kalsiyum iyon salınımı yaparak rezorptif alanda tamir sürecini başlatmakta, bu sayede kök kanal tedavisinde başarısızlık oluşturan kök rezorpsiyonlarının iyileşme şansını arttırmaktadır (BİLGİÇ & BODRUMLU).

Kök kanal dolgu maddesinin kök kanalından ayrılmaya karşı gösterdiği direnç endodontide bağlanmanın tanımını oluşturmaktadır. Kök kanal tedavisinin başarısını kök kanal dolgu materyalinin dentinle olan bağlanma dayanımı direkt etkilemektedir (Ferracane, 2005). Bağlanmanın sağlanmasıyla kök kanal dolgusu ile dentin yüzeyi arasında sıvı geçişi engellenmekte ve kök kanal dolgusunun daha sonra yapılacak dental işlemler sırasında stabil kalması sağlanmaktadır (Gogos, Economides, Stavrianos, Kolokouris, & Kokorikos, 2004; K.-W. Lee, Williams, Camps, & Pashley, 2002; Saleh, Ruyter, Haapasalo, & Ørstavik, 2003). Kök kanal dolgu malzemelerinin bağlanma dayanımını değerlendirmek için en fazla kullanılan yöntem ise push-out testidir (Collares et al., 2016; P Neelakantan, Ahmed, Wong, Matinlinna, & Cheung, 2018).

Kök kanal tedavisinde başarılı bir tedavi prosedürü için mekanik preparasyonla kullanılan yıkama solüsyonları; kök kanal dentinin yapısal ve yüzey özelliklerini değiştirmektedir. Bu durum kök kanal dolgusunun dentin duvarına bağlanmasını etkileyebilmektedir (Roberson, Heymann, & Swift, 2002).

Bu çalışmada amaç, kök kanal tedavisinde yaygın olarak kullanılan %5,25 NaOCl, %17 EDTA ve %2 CHX yıkama solüsyonlarının biyoseramik esaslı BioRoot RCS kök kanal dolgu patının kalsiyum iyon salınımı ve bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanallarının Yıkınması

Endodontide yıkamanın amacı; inorganik ve organik bileşenleri çözerek kök kanal sisteminden uzaklaştırmak, kök kanal sisteminin lubrikasyonunu sağlamak, mekanik preparasyon sırasında oluşan debris uzaklaştırmak ve kök kanal sistemini mikroorganizmalardan tamamen temizlemektir.

İdeal bir yıkama solüsyonu :

1. Kök kanal dolgu maddesinin tıkama kabiliyetini olumsuz etkilememelidir.
2. Germisid ve fungisid olmalıdır.
3. Periapikal doku iyileşmesini olumsuz etkilememelidir.
4. Stabil olmalıdır.
5. Smear tabakasını kaldırabilmelidir.
6. Çevre dokularda immün cevabı indüklememeli; antijenik ve toksik olmamalıdır.
7. Periapikal dokuları irrite etmemelidir.
8. Düşük yüzey gerilimi göstermelidir.
9. Antimikrobiyal etkinliği uzun süreli olmalıdır.
10. Kan, serum ve doku proteinleri varlığından etkilenmemelidir.
11. Dentin tübüllerini dezenfekte edebilmelidir.
12. Diş dokusunu boyamamalıdır.
13. Kolay uygulanabilir olmalıdır.
14. Pahalı olmamalıdır (B. Basrani, 2015).

Yıkama solüsyonlarının genel sınıflaması şu şekilde yapılabilir:

1. Kimyasal ajanlar

- Alkalın solüsyonlar: Sodyum hipoklorit ve Kalsiyum hidroksit
- Katyonik biguanidler: Klorheksidin, QMix
- Şelasyon ajanları ve asitler: EDTA, Sitrik asit, REDTA, RC-Prep, Etidronik asit
- Oksitleyici ajanlar: Hidrojen peroksit, karbamid peroksit, iyodin potasyum iyodit
- Kombinasyon ürünler (doku çözücü ve antibakteriyel etki): MTAD, QMiX, SmearClear, Tetraclean

2. Doğal Ajanlar

Antibakteriyel ajanlar: Yeşil çay, Triphala vb. (K. M. Hargreaves & Berman, 2015).

2.1.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

NaOCl, 1789 yılında Fransa, Javelle’ de klorin gazının sodyum karbonat solüsyonu içinden geçirilmesiyle elde edilmiş ve endüstriyel beyazlatma ajanı olarak kullanılmıştır. Sonraki zamanlarda daha ileri elde etme teknikleri geliştirilmiş, ‘Eusol’ veya ‘Dakin solüsyonu’ adları ile hastane antiseptiği olarak kullanıma sunulmuştur. NaOCl’i endodontik amaçlı kök kanal yıkama solüsyonu olarak ilk defa, 1920’lerde Coolidge uygulamıştır (B. Basrani, 2015).

Dentin duvarlarına kolayca diffüze olabilmesi, kolay temin edilmesi, ucuz olması, raf ömrünün uzun olması gibi avantajlarının yanı sıra; yüksek seviyede antimikrobiyal etkinlik göstermesi ve organik dokuyu etkili bir biçimde çözmesi; NaOCl’i halen endodontide en yaygın kullanılan solüsyon yapmaktadır (Mohammadi, 2008). %1-15 arasında değişen konsantrasyonlar ve alkali pH’da NaOCl in ticari formları mevcuttur. Bu formlara solüsyonun stabilitesini arttırmak için % 0,01-0,75 oranında sodyum hidroksit tuzları eklenmektedir (Rutala & Weber, 1997).

NaOCl' nin endodontide kullanıldığı konsantrasyonlar %0,5 ve %6 arasında değişmektedir; artan konsantrasyonla solüsyonun etki gücü artarken bu durum toksisiteyi de arttırmaktadır. Bu nedenle hala hangi konsantrasyonda kullanılması gerektiğiyle ilgili bir görüş birliğine varılamamıştır (Fraiss, Ng, & Gulabivala, 2001).

Endodontide kullanılan güçlü bir baz olan NaOCl' nin pH'sı 12 civarında olup bu yüksek pH; geri dönüşümsüz enzimatik inhibisyona sebep olmakta, fosfolipitlerin parçalanmasına neden olarak bakteriyel sitoplazmik membran bütünlüğünü bozmaktadır (Estrela et al., 2002).

Su ile reaksiyona giren NaOCl; sodyum (Na^+) ve hipoklorit (OCl^-) iyonlarına ayrılır:



Hipoklorit iyonu (OCl^-) ile denge içinde olan hipokloröz asit (HOCl) NaOCl' nin antibakteriyel etkisinden sorumludur (Haapasalo, Shen, Qian, & Gao, 2010). Amino asitlerin parçalanmasını ve hidrolizasyonunu sağlayan hipokloröz asit ve hipoklorit iyonu NaOCl'nin; *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, *Actinomyces israelii* gibi dirençli mikroorganizmalara, karşı son derece efektif antimikrobiyal özellik göstermesini sağlar (Zehnder, 2006).

Kök kanal preparasyonu sırasında oluşan smear tabakasını ortadan kaldırmak için sadece organik debris uzaklaştırabilen NaOCl'nin; inorganik debris uzaklaştıran demineralize edici ajanlarla kombine kullanımı tavsiye edilmektedir (Byström & Sunqvist, 1985; Martinho & Gomes, 2008).

Doku proteinleri NaOCl ile temas ettikten sonra peptit halkalarının kırılması sonucunda; nitrojen, formaldehit ve asetaldehit oluşturur. Bu reaksiyon sırasında imino gruplarındaki ($-\text{NH}-$) hidrojen, klorin ile yer değiştirirken ($-\text{N}.\text{Cl}-$) ortaya çıkan kloraminler; bakteriyel enzimler için çok önemli olan sülfidril grubunu (SH) geri dönüşümsüz bir biçimde okside ederek, antibakteriyel etkinliği sağlar (Kloraminasyon reaksiyonu) (Estrela et al., 2002). Non-spesifik bir proteolitik olan NaOCl bu reaksiyonla dentinin yapısında bulunan Tip I kollajen gibi organik bileşenleri çözerek; dentinin bağlanma dayanımını, mikrosertliğini ve elastik modülünü etkileyebilir (Pascon, Kantovitz, Sacramento, Nobre-dos-Santos, & Puppini-Rontani, 2009).

2.1.2. Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA)

Ferdinand Munz 1935'te, etilendiamin ile kloroasetik asit kullanarak ilk kez EDTA'yı sentezlemiştir. Smear tabakasının inorganik bileşiklerini uzaklaştırması ve şelat oluşturması özelliğiyle renksiz, suda çözünür bir sıvı olan EDTA yıkama solüsyonu olarak kullanılması tavsiye edilen bir ajandır (B. Basrani, 2015).

Endodontide ilk kullanımı 1957'de Nygaard-Ostby tarafından gerçekleştirilmiştir. Etilendiamin (1,2-diaminoethane), formaldehit ve sodyum siyanitten sentezlenen EDTA bir poliaminokarboksilik asittir. Endodontide %10-%17 konsantrasyonundaki formları kullanılsa da en çok %17 konsantrasyon ve nötral pH'daki formu tercih edilir. 17 gr EDTA'nın disodyum tuzunun, 9.25 ml 5 mol sodyum hidroksit ve 100 ml distile su ile karıştırılması sonucunda %17 konsantrasyonunda EDTA solüsyonu elde edilmektedir (Serper & Çalt, 2002).

EDTA, smear tabakası veya kanal duvarındaki $+2$ değerlikli Ca ve Mg ile şelat oluşturur. Bu reaksiyon nedeniyle; inorganik elementler dentinden uzaklaşır, Ca/P oranı değişir ve dentinde yapısal değişimler izlenir (Dogan, 2001). EDTA solüsyonunun mineraller dışında dentin yüzeyinden nonkollajenöz proteinleri ve fosfoproteinleri de uzaklaştırdığı ve bu şekilde dentin yüzeyinde erozyona neden olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (Kawasaki, Ruben, Stokroos, Takagi, & Arends, 1999).

Yıkama solüsyonlarının yüzey gerilimi düştükçe; dentin tübüllerine daha iyi penetre olur. Bu amaçla ilk ortaya çıkan ürün olan EDTAC, EDTA solüsyonuna Cetavlon adı verilen bir tür deterjanın eklenmesiyle oluşmuş; yüzey gerilimini düşürürken antibakteriyel etkiyi ise arttırmıştır (Goldberg & Abramovich, 1977). Bir diğer çalışmada ise EDTAC ile EDTA'nın etkinlik olarak benzer olduğu fakat; EDTAC'ın deterjan içermesi nedeniyle daha fazla enflamatuvar yanıt oluşturduğu belirtilmiştir (Hülsmann, Heckendorff, & Lennon, 2003).

Yapılan çalışmalarda, EDTA solüsyonunun konsantrasyonu arttıkça sitotoksik aktivite artarken demineralizasyon kapasitesi de değişmektedir (Koulaouzidou, Margelos, Beltes, & Kortsaris, 1999; Serper et al., 2001). %17 ve %10 konsantrasyondaki EDTA solüsyonunun kullanıldığı bir çalışmada; fosfor salınımı

konsantrasyonun artmasıyla artış göstermiş, bir dakika içerisinde fosfor salınım seviyesi en yüksek değerlere ulaşmıştır (Serper & Çalt, 2002).

EDTA solüsyonunun uygulama süresi arttıkça demineralizasyon kapasitesinin de arttığı fakat uygulama süresindeki artışın dentin yapısında erozyon oluşturmaları nedeniyle şelasyon ajanlarının güvenli uygulama süresinin bir dakikayı geçmemesi önerilmiştir (Calt & Serper, 2002).

Antibakteriyel etkinliğinin olmadığına dair görüşler olsa da EDTA solüsyonunun sınırlı bir seviyede antibakteriyel etkinlik gösterdiği yapılan çalışmalarla belirtilmiştir (Mohammadi, Shalavi, & Jafarzadeh, 2013). Yapılan bir çalışma; %2,5 NaOCl'den ve %0,2 CHX 'den daha az antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğunu, sitrik asit ve %0,5 NaOCl'den ise daha fazla antibakteriyel etkinlik gösterdiğini belirtmiştir (J. F. Siqueira Jr, Batista, Fraga, & de Uzeda, 1998).

İnorganik ve organik yapılar içeren smear tabakası; NaOCl ve EDTA' nın birlikte kullanıldığı durumlarda kök kanal sisteminden debrisin uzaklaştırılması ve antibakteriyel etkinliğin sağlanması açısından tek başına kullanıma göre çok daha etkili bulunmuştur (Violich & Chandler, 2010).

EDTA solüsyonunun kullanımının, kök kanal dolgu materyalleri ve adeziv dolguların dentine adezyon özelliklerini olumsuz etkilediğine dair çalışmalar da mevcuttur (Hülsmann et al., 2003).

2.1.3. Klorheksidin glukonat (CHX)

Katyonik bis-biguanid ailesinden olan 1953 yılından bu yana tıpta kullanılan klorheksidin; santral heksametilen zincir tarafında simetrik 4-klorofenil zincire 2 biguanid grubun bağlanması ile oluşur. Düşük konsantrasyonda bakteriyostatik, yüksek konsantrasyonda bakterisit olan bu solüsyon mikroorganizmaların hücre duvarlarını eriterek interselüler bileşenlerinin dışarı çıkmasını sağlar (Çalışkan, 2006; Ferguson, Marley, & Hartwell, 2003; Greenstein, Berman, & Jaffin, 1986). Klorheksidin diş yapısında bulunan hidroksiapatit kristallerine bağlanarak 24 saat yavaş salınımla uzun süreli antibakteriyel etkinlik gösterir (Kuruvilla & Kamath, 1998; Sassone, Fidel, Murad, Fidel, & Hirata Jr, 2008).

Organik dokuları çözmede yetersiz olsa da klorheksidin, uzun süreli antibakteriyel etkisi, biyouyumluluğu, tadı ve kokusunun NaOCl' e oranla hastalar tarafından tolere edilebilir olması nedeniyle endodontide yıkama solüsyonu olarak kullanılmaya başlanmıştır (B. Basrani, Ghanem, & Tjäderhane, 2004; Mohammadi & Abbott, 2009; Okino, Siqueira, Santos, Bombana, & Figueiredo, 2004).

CHX gram pozitif bakteriler üzerinde daha fazla antibakteriyel etkinlik gösterir; bu yüzden daha fazla gram pozitif bakteri bulunduran ikincil endodontik enfeksiyonlarda daha etkilidir (Kanisavaran, 2008; Zehnder, 2006). CHX, inatçı apikal periodontitiste bulunan *E.faecalis* ve *C.albicans*'a karşı da etkinlik gösterir (Athanassiadis, Abbott, & Walsh, 2007). NaOCl, CHX' e göre biyofilmler üzerinde antibakteriyel olarak daha etkilidir (Dunavant, Regan, Glickman, Solomon, & Honeyman, 2006; Spratt, Pratten, Wilson, & Gulabivala, 2001).

Klorheksidinin antibakteriyel etkisi konsantrasyon arttıkça artış göstermektedir; yapılan in vitro bir çalışmada CHX' in %2'lik solüsyonun %0.12' lik solüsyonuna oranla daha etkili olduğu bulunmuştur (B. Basrani et al., 2003).

Klorheksidinin solüsyon formuyla beraber jel formu da bulunmaktadır. Jel formu daha iyi lubrikant özellik ve antibakteriyel etkinlik gösterse de suda daha az çözündüğü için kök dentininde artıkların kalmasına neden olur. Bu durum endodontide ana hedeflerden biri olan apikal tıkanmanın sağlanamamasına neden olabilir (Ferraz, de Almeida Gomes, Zaia, Teixeira, & de Souza-Filho, 2001).

%2'lik klorheksidin; %2,5'lik NaOCl ve %2,5'lik NaOCl+EDTA kombinasyonunun elektron mikroskobu kullanılarak karşılaştırıldığı bir çalışmada; en etkin kök kanal sistem temizliğinin %2,5'lik NaOCl+EDTA kombinasyonunda sağlandığı, %2'lik CHX solüsyonunun tüm kök bölgelerinde kullanılan diğer solüsyona göre daha zayıf etkinlik gösterdiği belirtilmiştir (J. C. Yamashita, M. Tanomaru Filho, M. R. Leonardo, M. A. Rossi, & L. A. B. d. Silva, 2003).

Tavsiye edilen bir yıkama protokolüne göre kök kanal dolgusu yapılmadan önce dentin üzerindeki organik yapıyı çözmek için NaOCl kullanılmalı, EDTA ile yıkanarak smear tabakası ortadan kaldırılmalı ve CHX ile irrigasyon yapılarak antibakteriyel aktivite ve dayanıklılık arttırılmalıdır (Zehnder, 2006) fakat bazı

alışmalar göstermiştir ki NaOCl ve CHX kombine kullanımı sonucu dişte renk değişikliği meydana gelmekte ve çökelti oluşmaktadır. Asit-baz reaksiyonu sonucu oluşan bu çökelti para-kloroanilin (PCA) içermektedir ve kök kanal tedavisinin başarısını etkilemektedir (B. R. Basrani, Manek, Sodhi, Fillery, & Manzur, 2007; Vivacqua-Gomes et al., 2002).

CHX’ in dentin mikrosertliği üzerine etkileri birçok kez araştırılmıştır. Arı ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada %0,2’lik CHX solüsyonunun dentinin mikrosertliğini etkilemediğini savunmuştur. Oliveira ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada %2’lik CHX solüsyonunun dentin mikrosertliğini azalttığını bildirmişlerdir.

CHX, dentinde erozyona neden olmaz bu nedenle son yıkama çözeltisi olarak kullanımı önerilmektedir (Zamany, Safavi, & Spångberg, 2003).

2.2. Kök Kanal Dolgu Materyalleri

Kök kanal dolgu materyalleri kısaca şu şekilde sınıflandırılabilirler:

- Katı kor materyaller:
 1. Gta perka
 2. Gümüş Kon
 3. ActivGP
 4. Resilon
 5. Kişisel konlar
- Kök kanal dolgu patları:
 1. Çinko oksit öjenol içerikli patlar
 2. Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
 3. Cam iyonomer içerikli patlar
 4. Rezin içerikli patlar

5. Silikon içerikli patlar
6. Biyoseramik içerikli patlar
7. Medikament içerikli patlar (K. Hargreaves, 2011).

Kök kanal tedavisinde kemomekanik preprasyon sağlandıktan sonraki aşama kök kanallarının üç boyutlu ve hermetik bir şekilde dolumunun sağlanmasıdır. Bu aşamada kullanılan ana materyaller; kor materyal olarak çoğunlukla güta perka ve kök kanal dolgu patlarıdır.

Kök kanal dolgu patları; antibakteriyel etkinlik göstererek kök kanal sisteminde kemomekanik preparasyondan sonra kalan mikroorganizmaları etkisiz hale getirir, dentin duvarları ve dolgu materyalleri arasında kalan boşlukları doldurarak kök kanal dolgu materyallerinin kök kanal sistemine adaptasyonunu sağlar, kayganlaştırıcı özelliğiyle kök kanal dolgusunun kanal içine kolayca uygulanabilmesini sağlar (Schäfer & Zandbiglari, 2003; R Viapiana, Flumignan, Guerreiro-Tanomaru, Camilleri, & Tanomaru-Filho, 2014).

Kök kanal dolgu patları:

- Kanal duvarına bağlanmalı, kök kanal sistemini 3 boyutlu örtmeli ve dentin tübüllerine penetrasyon göstermeli,
- Kanal içerisine yerleştirilmeden önce sıvı veya yarı katı olmalı, kanal içerisine yerleştirildikten sonra genişerek katılaşmalıdır.
- Yeterli çalışma zamanı sağlamalı, gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılabilmelidir.
- Dişe ve periapikal dokulara zararlı olmamalıdır.
- Mutajenik ve karsinojenik olmamalıdır.
- Periapikal dokularda immun cevap oluşturmamalıdır.
- Periapikal dokulara taşıdığı rezorbe olmalıdır.
- Steril ve bakteriostatik olmalıdır.

- Kanal içerisinde stabil olmalı, rezorbe olmamalı ve nemden etkilenmemelidir.
- Poröz olmamalıdır.
- Radyopak olmalı.
- Diş dokularını boyamamalı.
- Uzun süre bozulmadan saklanabilmelidir (Çalışkan, 2006; Torabinejad & Walton, 2009).

Yukarıdaki tüm özellikleri sağlayan bir kök kanal dolgu patı bulunmamaktadır bu nedenle günümüzde ideal kök kanal dolgu patı arayış ve çalışmaları hala sürmektedir. Bu çalışma ve araştırmaların bir sonucu olarak da biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları geliştirilmiştir.

2.2.1. Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Dolgu Patları

Çapları 1-3 mikron büyüklüğünde değişen nanokristallerden oluşan biyoseramikler ‘‘vücudun hasar gören ve fonksiyonunu yitiren kısımlarının tamiri, yeniden düzenlenmesi veya o dokunun yerine geçebilmesi için özel olarak geliştirilmiş seramik’’ olarak tanımlanmaktadır. Polikristalin seramikler (alümina ve hidroksiapatit), biyoaktif cam seramikler ve biyoaktif kompozitler (polietilen hidroksiapatit) gibi biyoyumlu materyaller biyoseramiklerin yapısını oluşturmaktadır (ÖB, 2012).

Biyoseramikler, yüksek biyoyumlulukları ve yapısında bulunan materyallerin hidroksiapatite benzerlik göstermesi nedeniyle diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır.

Endodontide; yüksek pH’ları, dentin köprüsü oluşturma özellikleri, kök kanal tedavisinin tamamlanmasıyla beraber kök direncini arttırması, antibakteriyel etkinliği gibi özellikleri nedeniyle retrograt dolgulara, kök kanal tedavisi ve vital pulpa tedavilerinde kullanılmaktadır (Koch, Brave, & Nasseh, 2012; ÖB, 2012).

Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları:

1) Kalsiyum Silikat Fosfat İçerenler

- iRoot SP
- Bioseal
- EndoSequence BC Sealer
- Smartpaste Bio
- Appetite kök kanal dolgu patı

2) Mineral Trioksit Agregat İçerenler

- ProRoot Endosealer
- MTA Obtura
- Endo CPM Sealer
- DiaRoot Bioaggrete (BİLGİÇ & BODRURLU).

Yapılan çalışmalarda biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının insan diş germi üzerinde sitotoksik etkisinin olmadığı, diğer kök kanal dolgu patlarına oranla daha iyi osteojenik aktivite gösterdiği ve osteoblast farklılaşmasını arttırdığı belirtilmiştir (Chang, Lee, Kang, Kum, & Kim, 2014; Güven et al., 2013).

Düşük yüzey gerilimleri ve hidrofilik özellikleri ile bu patlar yan kanallar dahil kök kanal sisteminde yüksek yayılım gösterirken; yapısındaki kalsiyum ve hidroksit iyonları çökelerek hidroksiapatit oluşur ve dentinle arasında kimyasal bağlantı sağlanmış olur (Bidar, Sadeghalhoseini, Forghani, & Attaran, 2014; Koch et al., 2012).

Kök kanal dolgu patlarından istenilen önemli özelliklerden biri de patın iyi bir akıcılığa sahip olması ve kök kanal sistemindeki düzensizlikleri tamamen doldurmasıdır. Biyoseramik kök kanal dolgu patları yapılan çalışmalarda istenilen en düşük düzeyin üstünde bir akışkanlık göstererek bu konuda başarılı bulunmuşlardır (de Miranda Candeiro, Correia, Duarte, Ribeiro-Siqueira, & Gavini, 2012).

Biyoseramik esaslı patlar, kalsiyum hidroksit salınımı yaparak alkali pH oluşturur ve böylece alkalen fosfataz enzimini aktive eder. Bu mekanizmayla antibakteriyel etkinlik sağlanırken sert doku oluşumu da uyarılır (Best, Porter, Thian, & Huang, 2008; Camps, Jeanneau, El Ayachi, Laurent, & About, 2015).

Kök kanal dolgu patlarından istenen radyoopasite değeri ISO (Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu)’ nun 2001 de belirlediği yönergeye göre, en az 3 mm alüminyum eşdeğeridir. Biyoseramik esaslı patlar yapılan çalışmalarda diğer kök kanal dolgu patlarına göre daha düşük radyoopasite değeri gösterse de ISO’ nun istediği standardı sağlamaktadır (J Camilleri & Gandolfi, 2010).

Yukarıda bahsedilen tüm olumlu özelliklerinin yanında biyoseramik esaslı patların en önemli olumsuz özellikleri hidrofilik olmaları nedeniyle yüksek çözünürlük göstermeleridir (Borges et al., 2012; Zhou et al., 2013).

2.2.1.1. BioRoot RCS (Septodont, Saint-Maur-des Fosses, France)

Tozunda trikalsiyum silikat, zirkonyum dioksit ve povidon; likidinde aköz kalsiyum klorit ve polikarboksilat içeren BioRoot RCS; 2015 yılında üretilmeye başlanılan kalsiyum silikat esaslı bir kök kanal dolgu patıdır. Resin ve öjenol içermez, öjenol içermediği için adeziv sistemlerle kullanılabilir. Uygulama süresi minimum 10 dakika, sertleşme süresi maksimum 4 saattir. Çinko oksit öjenol içerikli patlarla karşılaştırıldığında, periodontal hücreler üzerine toksisitesi daha düşük, anjiojenik ve osteojenik potansiyeli daha yüksektir (Camps et al., 2015; Dimitrova-Nakov et al., 2015). Akışkanlığı iyidir, pürüzsüz bir yapı gösterir bu durum kök kanal sistemine yeterli adezyonu göstermesini sağlar (Simon & Flouriot, 2016).

BioRoot RCS kök kanal dolgu patının fiziksel özellikleri sıcak kök kanal dolum tekniklerinde ısı nedeniyle değişir. Bu nedenle bu kök kanal dolgu patının soğuk lateral kondenzasyon veya tek kon tekniğiyle kullanılması önerilir (Josette Camilleri, 2015).

AH Plus, MTA Fillapex ve BioRoot RCS in karşılaştırıldığı bir çalışmada; BioRoot RCS 14 gün boyunca pH 11-12 aralığında kalarak diğer kök kanal dolgu patlarına göre daha yüksek değerler göstermiş, 28 günün sonunda pH 8.7 ye düşse bile

ortamın alkali olmasını sağlamıştır. Kalsiyum iyon salınımı açısından kök kanal dolgu patları karşılaştırıldığında ise BioRoot RCS örnekler hazırlandıktan itibaren kalsiyum iyon salınımı yapmaya başlamış, zamana bağlı azalma gösterse de test süresi olan 28 gün boyunca iyon salınımı devam etmiştir. AH Plus 1-2 ppm değeriyle sınırlı bir kalsiyum iyon salınımı göstermiştir (Siboni, Taddei, Zamparini, Prati, & Gandolfi, 2017).

BioRoot RCS, AH Plus ve MTA' nın yapay vücut sıvısı ve sudaki çözünürlüklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; AH Plus ve MTA' nın çözünürlüklerini su veya yapay vücut sıvısında olması etkilememiştir. BioRoot RCS' in saldığı kalsiyum iyonları yapay vücut sıvısında bulunan fosfat iyonlarıyla birleşerek hidroksi apatit oluşturur bunun sonucunda BioRoot RCS yapay vücut sıvısında daha az çözünürlük gösterir (Reszka et al., 2016).

Mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) kullanılarak yapılan bir çalışmada, kanallar BioRoot RCS ve AH Plus kök kanal dolgu patı ve lateral kondenzasyon tekniği ile doldurulmuştur. BioRoot RCS ile doldurulmuş kanallarda daha fazla boşluk gözlenmiştir (Raqueli Viapiana et al., 2016). Bu durum BioRoot RCS' in yüksek hidrofilik özellik göstermesi nedeniyle fazla miktarda çözünmesinin bir sonucudur.

2.2.2. Smear Tabakasının Kök Kanal Dolgu Patları Üzerindeki Etkileri

Smear tabakası ilk olarak 1962' de prepare edilmiş mine yüzeylerinde farkedilmiştir. McComb ve Smith 1975'te kök kanal preparasyon işlemleri sırasında koronal smear tabakasına benzeyen bir tabakanın kök kanal sisteminde de oluştuğunu keşfetmişlerdir. 0.5-5.0 µm kalınlığındaki bu tabaka, dentin talaşları, canlı ya da nekrotik pulpa dokusu artıkları, mikroorganizmalar ve artık yıkama solüsyonlarını bulunduran, el ya da döner alet sistemleri ile yapılan preparasyonla oluşan ince bir film tabakasıdır (Boyde, Switsur, & Stewart, 1962; McComb & Smith, 1975; S.-E. Yang & Bae, 2002).

Smear tabakasının uzaklaştırılmasıyla dentin tübülleri açılır, kök kanal dolgu patlarının penetrasyonu artar. Bu nedenle; kök kanal dolgu patları ile dentin daha çok temas eder ve mekanik bağlantı sağlanmış olur (Pécora et al., 2001). 1975-2005 yılları

arasında smear tabakasının sızıntıya etkisini inceleyen 65 çalışmanın karşılaştırıldığı bir araştırmada smear tabakasının uzaklaştırılmasının mikrosızıntıyı azalttığı ortaya çıkmıştır (Shahravan, Haghdooost, Adl, Rahimi, & Shadifar, 2007)

iRoot SP ve MTA Fillapex’ in smear tabakası bulunurken ve smear tabakası uzaklaştırıldıktan sonra sızdırmazlıklarının karşılaştırıldığı bir çalışmada; iRoot SP MTA Fillapex e göre daha az mikrosızıntı göstermiş ve smear tabakasının bulunması ya da bulunmaması bu iki kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patının sızdırmazlık özelliklerini etkilememiştir (Bidar et al., 2014).

Smear tabakasının uzaklaştırılmasının kalsiyum hidroksit salınımı üzerindeki etkisinin incelendiği in vitro çalışmada; smear tabakasının uzaklaştırılmasının dentin tübülleri yoluyla dış kök yüzeyine diffüzyonu kolaylaştırdığı bulunmuştur (Foster, Kulild, & Weller, 1993).

Kök kanallarının doldurulmasından önce smear tabakasının bulunması veya uzaklaştırılması hala tartışılmaktadır. Günümüzde bile araştırmacılar bu konuda çok farklı fikirler belirtmektedirler. Biz çalışmamızda sonuçları etkilememesi ve standardizasyonu sağlamak amacıyla smear tabakasını uzaklaştırmayı tercih ettik.

2.3. Kök Rezorpsiyonları

1859 yılında, John Tomes’ un tanımladığı kök rezorpsiyonu travma, pulpanın ya da periodontal dokuların enfeksiyonu, ortodontik tedaviye bağlı periodontal ligamentin zarar görmesi, tümör veya dişin sürmesi gibi sebeplerle dentin veya sement kaybı ile sonuçlanan fizyolojik ya da patolojik bir durumdur (HAMMARSTRÖM & LINDSKOG, 1985). Rezorpsiyonda rol oynayan başlıca hücreler; monosit-makrofaj, osteoklast ve odontoklastlardır (Ne, Witherspoon, & Gutmann, 1999).

2.3.1. Kök Rezorpsiyonlarının Sınıflandırılması

Kök rezorpsiyonları temel olarak ikiye ayrılmaktadır; bunlar daimi dişin sürme hareketi sırasında bağ dokusunda basınç oluşturarak süt dişi köklerinde rezorpsiyon oluşturması fizyolojik kök rezorpsiyonu, daimi dişlerde sistemik lokal bazı etkenlere bağlı olarak izlenen patolojik kök rezorpsiyonudur.

Patolojik diş rezorpsiyonları için pek çok araştırmacı pek çok sınıflandırma önermişlerdir fakat buna rağmen evrensel olarak geçerli bir sınıflandırma sistemi maalesef bulunmamaktadır (Bakland, 1992).

Andreasen'e göre (1970)

- İnternal (iç) rezorpsiyon
 - Enflamatuvar rezorpsiyon
 - Replasman rezorpsiyonu
- Eksternal (dış) rezorpsiyon
 - Yüzey rezorpsiyonu
 - Enflamatuvar rezorpsiyon
 - Replasman rezorpsiyonu

Çalışmamızda daha genel olması ve kök rezorpsiyonlarını bir bütün olarak toplaması sebebiyle Andreasen'in sınıflamasından faydalanılmıştır. Tronstad (1988), Bakland (1992), Ne (1999), Fuss (2003) ve Heithersay (2007) sınıflamaları bu sınıflamanın ayrıntılı bir modifikasyonudur.

2.3.1.1. Eksternal Kök Rezorpsiyonu

Periodonsiyumda başlayıp ilk olarak kökün dış yüzeyini etkileyen, izlendiği kök seviyesine göre servikal, lateral veya apikal olarak sınıflandırılabilen kök rezorpsiyonlarıdır. Histolojik özelliklerine göre yüzeysel, enflamatuvar ya da replasman rezorpsiyonları gibi farklı tipleri vardır (Endodontists, 2003).

Eksternal kök rezorpsiyonuna yol açan etkenler:

1. Lokal etkenler

- Enfeksiyon : pulpa iltihabı, kimyasal irritasyonlar (beyazlatma ajanları, hidrojen peroksit).
- Travma : ortodontik kuvvet, maloklüzyon, intrüzyon, lüksasyon, avülsiyon.

- İatrojenik : perforasyonlar, eksik veya taşkın dolum.
- İdiyopatik : etyolojisi bilinmemektedir.

2. Sistemik etkenler

- Hipoparatiroidizm
- Hiperparatiroidizm
- Turner sendromu
- Gaucher sendromu
- Papillon-Lefevre sendromu
- Calcinosis
- Hemifasiyal atrofi
- Fokal dermal hipoplazi
- Böbrek ve karaciğer hastalıkları
- Paget hastalığı

- Eksternal yüzey rezorpsiyonu

Mikrotravmalar ya da ortodontik kuvvetler sonucu kök yüzeyinde yıkım ve yapım olaylarının görüldüğü geçici bir durumdur. Radyolojik klinik herhangi bir belirti izlenmez (Ne et al., 1999). Kök kanal tedavisi işlemi gerektirmez dişlerin uzun süreli takibi önerilir.

- Eksternal enflamatuvar rezorpsiyon

Dentin yüzeyinde çanak şekilli (bowl-shaped) rezorptif defekt olarak tanımlanan enflamatuvar eksternal kök rezorpsiyonu, rezorpsiyonlar içinde en sık izlenen tiptir (Ne et al., 1999).

Basınç, pulpa boşluğu enfeksiyonları ve sulkuler enfeksiyonlar dış kök yüzeyinde yaralanmaya neden olan iltihabi bileşenleri oluşturmaktadır (Levin & Trope, 2002).

Yüksek ortodontik kuvvetler basınç kaynaklı kök rezorpsiyonlarının büyük kısmından sorumludur. Buna bağlı oluşan rezorpsiyonlar genellikle kökün apikal kısmında izlenir. Ortodontik hareketin durdurulması ve etkilenmiş dişlerin uzun süreli takibi bu dişlerin tedavisi için yeterlidir. Pulpa dokusu veya periapikal dokularla ilgili herhangi bir semptom yoksa kök kanal tedavisi yapılmamalıdır (Malmgren & Levander, 2003; Pandis, Nasika, Polychronopoulou, & Eliades, 2008).

Pulpa boşluğu enfeksiyonlarında; pulpadaki bakteriyel enfeksiyon ve nekrozla birlikte bakteri ve ürünleri diş saran periyodonsiyuma geçer. Pulpa boşluğu ve periodonsiyum arasındaki ilişki öncelikle apikal foramen bazen de aksesuar kanallar yoluyla gerçekleşir (Levin & Trope, 2002).

Sulkuler (dişeti oluğu) iltihabında rezorpsiyona dişeti oluğundaki ve diş yüzeyindeki bakteriler neden olur. Pulpa vitaldir. Rezorpsiyon epitelyal ataşmanın altında başlar, dentinde genişleyerek ilerler; ancak pulpa predentin tabakası ile korunduğundan ilk aşamada perforasyon gerçekleşmez ve kök kanalı çevresinde yayılır (Çalışkan, 2006). Klinik olarak bakıldığında, asemptomatiktir, sondalamada cep varlığı izlenir. Rezorpsiyon çukuru diş minesinin altına uzanacak şekilde kuron bölgesine doğru ilerlerse, bol damarlanma gösteren granülasyon dokusu nedeniyle dişte pembemsi bir görünüm ortaya çıkar. İnternal kök rezorpsiyonlarında da izlenen bu pembe diş görünümü (pink spot), invaziv servikal rezorpsiyonların hatalı tanı ve tedavisine yol açar (Tronstad, 1988).

Enflamatuvar eksternal kök rezorpsiyonlarında hermetik kök kanal tedavisi yapılması gerekir. Ara seanslarda alkalin özelliği ve antibakteriyel etkinliği sebebiyle kalsiyum hidroksit kullanımı önerilmektedir. İleri olgularda cerrahi işlem yapılması gerekebilir (Aşçı, 2014).

-Eksternal replasman rezorpsiyonu

Sement, dentin ve periodontal ligamentin patolojik kaybı ile kemik dokunun bu dokuların yerini almasıdır. Sement ve/veya dentin dokusu ile kemik dokusu

arasında kaynaşma gerçekleşerek diş fizyolojik mobilitesini kaybeder. Total replasmanı sonucunda dişin kaybıyla sonuçlanabilir (Endodontists, 2003).

Replasman rezorpsiyonu sıklıkla intrüzyon ve periodontal ligamentin canlılığını kaybettiği avülsiyon yaralanmalarında izlenir. Ankiloz ve osseöz replasmanda geri dönüşüm izlenmez (Levin & Trope, 2002).

2.4. Endodontide Kalsiyum Hidroksit Salınımı ve Önemi

Formülü Ca(OH)_2 olan kalsiyum hidroksit sönmüş kireç olarak bilinmektedir. Kireç taşı (CaCO_3) $900-1200^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıtılır, ortaya çıkan sönmemiş kireç (CaO) ile suyun (H_2O) birleşmesi sonucu açığa çıkar. Suda az çözünürlük gösteren Ca(OH)_2 bileşiğinde ağırlık olarak %54.11 kalsiyum, %45.89 hidroksil bulunur.

Kalsiyum hidroksit etkisini yapısından ayrılan Ca^{+2} ve OH^- iyonlarının sağladığı sert doku birikimi ve antibakteriyel özelliği ile gösterir (Foreman & Barnes, 1990; J. Siqueira Jr & Lopes, 1999). Bu iyonların salınımı alkali bir pH yaratır, doku tamiri ve kalsifikasyonu indükler. Alkali pH, sert doku oluşumunda görev alan alkalen fosfataz enzimini uyarır. Alkalen fosfataz, fosfat iyonlarını serbestleştirir. Serbestleşen fosfat, kalsiyum iyonları ile tepkimeye girerek hidroksiapatitin moleküler birimi olan kalsiyum fosfatı meydana getirir (Mohammadi & Dummer, 2011).

Enzimler nötral pH'da aktiftirler. Kalsiyumun oluşturduğu alkali ortam proteinlerin iyonik bağlarını koparır ve enzimin biyolojik aktivitesini kaybetmesine ve hücre metabolizmasının bozulmasına neden olur. Bu mekanizmayla birlikte bakteriyel enzimler zarar görür ve antibakteriyel etkinlik sağlanmış olur (J. Siqueira Jr & Lopes, 1999).

Ortamda artış gösteren kalsiyum konsantrasyonuyla birlikte, kalsiyum bağımlı pirofosfataz enzimi aktive olarak tamir mekanizmasını güçlendirir (EYMİRLİ & SERPER, 2010).

Yüksek Ca^{+2} ve Si iyon konsantrasyonu, osteoblastların büyümesini ve farklılaşmasını aktive ederek periapikal iyileşme sürecini indükler (Quintana et al., 2019).

Ca^{+2} iyonlarının salınması, kök kanal dolgu patlarının sızdırmazlık kabiliyetini geliştirir ve doku sıvıları ile temasta dentin yüzeyine kalsiyum fosfat çökeldiği için dentin tübüllerini tıkayarak mikrosızıntıyı önlemektedir. Kök dentininin remineralizasyonunu sağlayarak dişin kırılma direncini arttırmaktadır (Baras et al., 2019; Han & Okiji, 2013; Yoo et al., 2014)

Biyoaktif özellik gösteren endodontik simanlar, çoğunlukla kalsiyum iyonlarını serbest bırakırlar ve ortamda bulunan asidi nötralize ederek rezorbsiyon sahasında doku iyileşmesini indükler. Bununla beraber Ca^{+2} iyonlarının mezenşimal kök hücrelerinin farklılaşması ile aktif olarak ilişkili olduğu bilinmektedir (Li et al., 2017; Rajasekharan, Vercruysse, Martens, & Verbeeck, 2018)

Endodontide;

- Pulpa kuafajı ve pulpotomilerde,
- Periapikal lezyonların tedavilerinde,
- Seanslar arasında geçici medikament olarak,
- Kök kırıklarının tedavisinde,
- Avülse dişlerin tedavisinde,
- İnternal (iç) ve eksternal (dış) kök rezorpsiyonlarının tedavisinde ve
- Apeksifikasyon tedavilerinde kullanılmaktadır (Mohammadi & Dummer, 2011).

2.4.1. Kalsiyum İyon Konsantrasyonunun Ölçülmesi

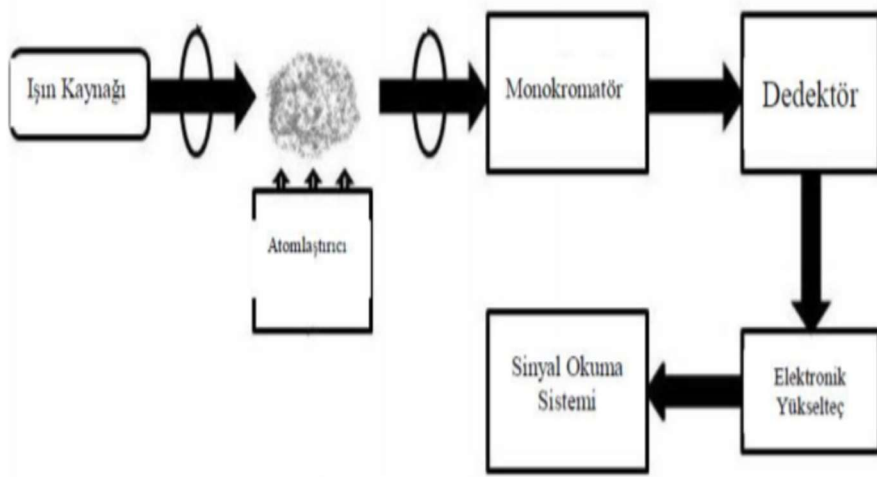
Atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS), elementlerin analizinde biyolojik, klinik ve çevre araştırma laboratuvarlarında kullanılan duyarlılığı ppm ve ppb arasında olan elementlerin derişimlerini ölçen bir tekli element tekniğidir. Çalışma prensibi; elektromagnetik ışığın yüksek sıcaklıkta gaz halindeki element atomları tarafından absorpsiyonunun ölçülmesi şeklindedir.

Bir elementin AAS ile ölçümünün yapılabilmesi için, o elementin nötral hale gelip, sonrasında buhar haline gelmesi, daha sonrasında da bir kaynaktan gelen elektromagnetik ışın demetlerinin dağıtılması gerekmektedir. Işığın absorbe eden atomlar, temel enerji seviyelerinden kararsız uyarılmış enerji seviyelerine geçmektedir. Absorpsiyon miktarı, temel düzeyde bulunan atom sayısına bağlıdır.

Bu yöntemde öncelikle analizi yapılacak elementin çözeltisi hazırlanır. Hangi metalin analizi yapılacaksa cihaza o metalin oyuk katot lambası takılır. Standartlar hazırlanarak metalin soğurulduğu dalga boyunda okuma yapılarak standart eğrisi hazırlanır.

AAS’ nin bileşenleri:

- analiz edilecek elementin absorplayacağı ışığı yayan **ışın kaynağı**,
- örnekten elde edilen çözeltinin atomik buhar haline getirildiği **atomlaştırıcı**,
- çalışılan dalga boyunun diğer dalga boylarından ayrıştırılmasına yarayan **monokromatör**,
- ışık şiddetinin ölçüldüğü **dedektördür** (Broekaert, 2006; Ebdon, Fisher, & Hill, 1998).



Şekil 1: AAS’ nin çalışma prensibinin şematik gösterimi

2.5. Bağlanma Dayanımı

İki maddenin molek  lleri arasında çekim oluşturarak temas ettiren kuvvet bağlanma olarak adlandırılmaktadır. Endodontide bağlanma, kök kanal dolgu maddesinin kök kanalından yer değiştirmeye karşı gösterdiği dayanma gücü olarak tanımlanmaktadır.

Kök kanal tedavisinin başarisında önemli rol oynayan apikal ve koronal sızdırmazlık için kök kanal dolgu materyallerinin kök kanal sistemine bağlanması gerekir. Günümüzde de bu nedenle iyi bağlanma özellikleri gösteren kök kanal dolgu materyallerinin geliştirilmesine çalışılmaktadır.

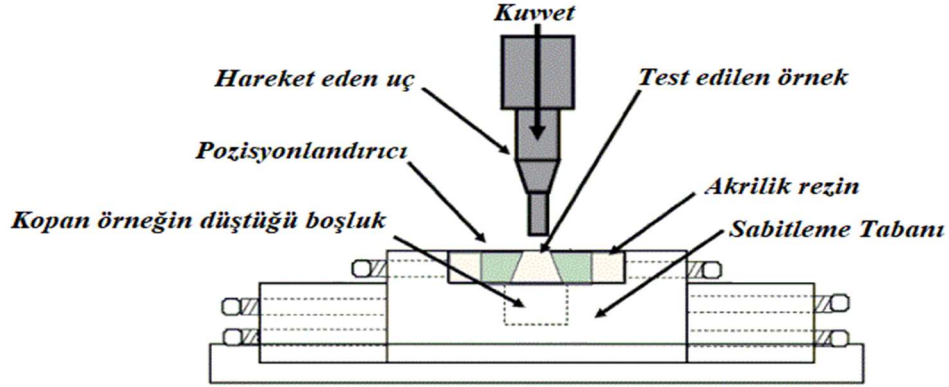
Bağlanmanın kök kanal tedavisi için kritik iki önemi vardır; kanal dolgu materyali ve dentin duvarı arasındaki boşlukların doldurularak sıvı geçişinin engellenmesi, kanal dolgu materyalinin kök kanal sisteminden ayrılmasına karşı direnç göstermesidir (Tagger, Tjan, & Bakland, 2002).

Diş hekimliğinde bağlanma dayanımını değerlendirmek için makaslama (shear bond strength), gerilme (tensile bond strength) ve push-out (dışarı itme) testleri kullanılmaktadır.

2.5.1. Push-Out Testi

Klinik koşulları en iyi taklit eden yöntem olması nedeniyle push-out testi kanal içinde kullanılan maddelerin bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde en çok tercih edilen testtir (Goracci et al., 2004; Zhu et al., 2018). Diş hekimliğinde ilk olarak Roydhouse tarafından kullanılan push-out testinde amaç, sabit hızda hareket

eden itici bir ucun kök kanal materyalini dışarı iterek ayrılmasına neden olan kuvvet değerinin belirlenmesidir (Roydhouse, 1970).



Şekil 2: Push-out testi şematik gösterimi (Teixeira et al., 2009)

Push-out testinde dikkat edilmesi gereken detaylar bulunmaktadır:

- Kuvvet ile kuvvetin uygulanacağı örnek dikey düzlemde aynı doğrultuda olmalıdır.
- Kök kanal tedavisinde kullanılan termoplastik maddelerin (gutta-perka vb.) deforme olmasını önlemek için kanal anatomisine uyum gösteren farklı çaplarda uçlar kullanılmalıdır.
- Kök kanal sisteminin konik yapısı unutulmamalıdır (Babb et al., 2009; Drummond, Sakaguchi, Racean, Wozny, & Steinberg, 1996; Pest, Cavalli, Bertani, & Gagliani, 2002; Teixeira et al., 2009).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

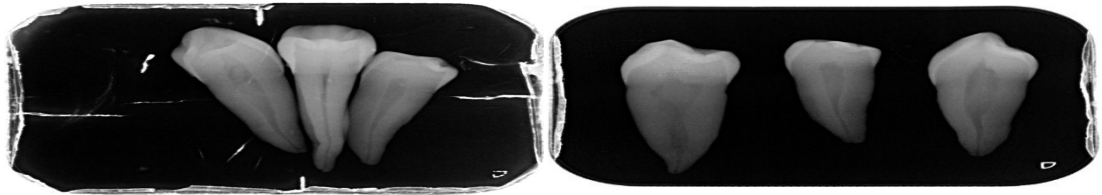
3.1. Örneklerin seçimi ve hazırlanması

İn vitro koşullarda gerçekleşen çalışmamız için insana ait dokuların kullanılması sebebiyle Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Etik Kurulu'ndan 15.04.2019 tarihli, 106 no'lu karar ile etik kurul onayı alınmıştır.

Çalışmamızda kullandığımız 80 adet tek köklü alt premolar diş Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'ndan elde edilmiştir. Dişlerin kök kanallarına uygulanan kemomekanik preparasyon ve kök kanal tedavilerinin tamamlanması işlemleri Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir.

Kalsiyum iyon salınımı ölçümü için analizler Marmara Üniversitesi Genetik ve Metabolik Hastalıklar Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (GEMHAM), bağlanma dayanımı ölçümü, kesit alma ve push-out testi uygulaması Yeditepe Diş Hekimliği Fakültesi Sert Doku Laboratuvarı'nda, kırık tiplerinin analizi için stereomikroskopik değerlendirme ise Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalışmamızda apikal gelişimini tamamlamış, rezorpsiyonu, kök defekti bulunmayan, periodontal veya ortodontik sebeplerle çekilmiş 80 adet tek köklü alt premolar diş kullanılmıştır. Çekilmiş olan dişler %10 formalin solüsyonu içinde bekletilmiş solüsyon haftada bir kez yenilenmiştir. Dişler X20 büyütme altında stereomikroskopta kırık ve çatlak tespiti için değerlendirilmiş; kırık ve çatlak bulunan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Dişlerden bukkolingual ve meziodistal açılarla film alınarak tek köklü oldukları doğrulanmıştır.



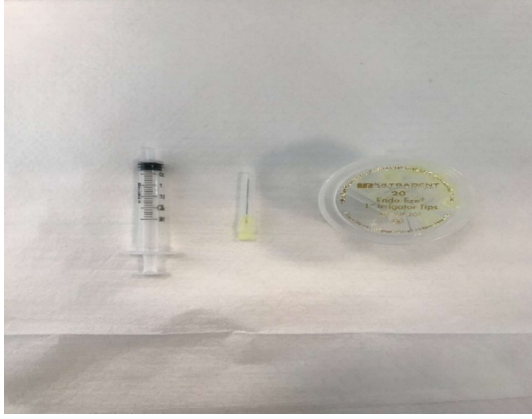
Resim 1: Bukkolingual ve meziodistal açılarla dişlerden alınan radyograflar

Çalışmaya dahil edilen dişler üzerindeki sert ve yumuşak eklentiler, ultrasonik cihazlar yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Dişler kanal boylarını standardize etmek amacıyla kök ucundan 15 mm ölçülerek su soğutması altında dekoronize edilmiştir. ISO 10 numaralı bir K-file el eğesi (Mani, Japonya) ile eğenin uç kısmı apikal foramenden dışarı çıkacak şekilde ilerletilip 1 mm gerisi çalışma boyu olarak kabul edilmiştir.



Resim 2: Çalışmada kullanılan X-Smart Plus endodontik motor ve Protaper Next döner eğe sistemi

Kök kanalları Sx eğe ile koronal genişletme sağlandıktan sonra X-Smart Plus Endomotor (Dentsply) ve ProTaper NeXT (Dentsply Maillefer, #X3) eğeleri üretici firma önerileri doğrultusunda kullanılarak crown-down tekniği ile genişletilmiştir. Mekanik preparasyon boyunca kök kanalları 1 ml %5,25 NaOCl solüsyonu ile her eğe değişiminde yıkanmıştır. Smear tabakasını ortadan kaldırmak için örneklerin 3 ml %5,25 NaOCl solüsyonu ardından 3 ml %17 EDTA solüsyonu ile yıkanması sağlanmış bu solüsyonların etkilerini ortadan kaldırmak için dişler 3 ml distile su ile yıkanmıştır . Yıkama boyunca 27 gauge 0,40 mm çapa sahip Endo-Eze (Ultradent Products, Inc., South Jordan, Utah, USA) yandan perforeli yıkama iğnesi kullanılmıştır.



Resim 3: Endo-Eze irrigasyon iğnesi



Resim 4: EndoActivator

Dişler atomik absorbsiyon spektrofotometrik analiz için 40 adet, bağlanma dayanımı testi için 40 adet olacak şekilde 2 ana gruba ayrılmıştır. Dişler her grupta 10 adet diş olacak şekilde kullanılan son yıkama solüsyonuna göre 4 alt gruba ayrılmıştır. Son yıkamada yıkamanın etkinliğini arttırmak için EndoActivator (Dentslpy, Tulsa, OK, ABD) 30 saniye süre ile kullanılmıştır.

GRUP 1: 5 ml %5,25 NaOCl (Promida Dental Ürünler)

GRUP 2: 5 ml %17 EDTA (Saver Dental Ürünler)

GRUP 3: 5 ml %2 CHX (Imicryl Dental Ürünler / Ceraxidin-C)

GRUP 4: 5 ml %0,9 NaCl (Kontrol Grubu)



Resim 5: Çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları

Kök kanalları paper pointlerle kurutulmuştur. Kalsiyum iyon salınımı için hazırlanan örneklerin bukkal yüzeylerine apikalden 7 mm yukarda olacak şekilde 012 no lu rond frezle 1.2 mm çapında 1 mm derinliğinde yapay eksternal rezorbsiyon kavimleri oluşturulmuştur.



Resim 6: Rezorptif defekt oluşturulan diş örneği

BioRoot RCS kök kanal dolgu patı üretici talimatlarına göre 1 kaşık toza 5 damla likidi olacak şekilde 60 saniye süre ile karıştırılmış ProTaper NeXT #X3 guta perka kon kullanılarak tek kon tekniğiyle örneklerin kanal tedavileri tamamlanmıştır. Örneklerin koronal kısımları 1 mm kalınlığında geçici dolgu maddesi Cavit-G (3M-ESPE, Minnesota, ABD) kullanılarak kapatılmıştır.



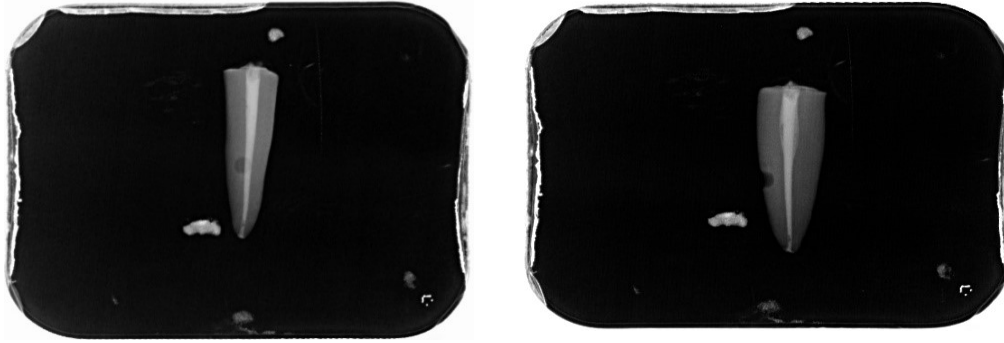
Resim 7: Çalışmada kullanılan kök kanal dolgu patı BioRoot RCS



Resim 8: Çalışmada kullanılan Protaper Next gütaperka kon

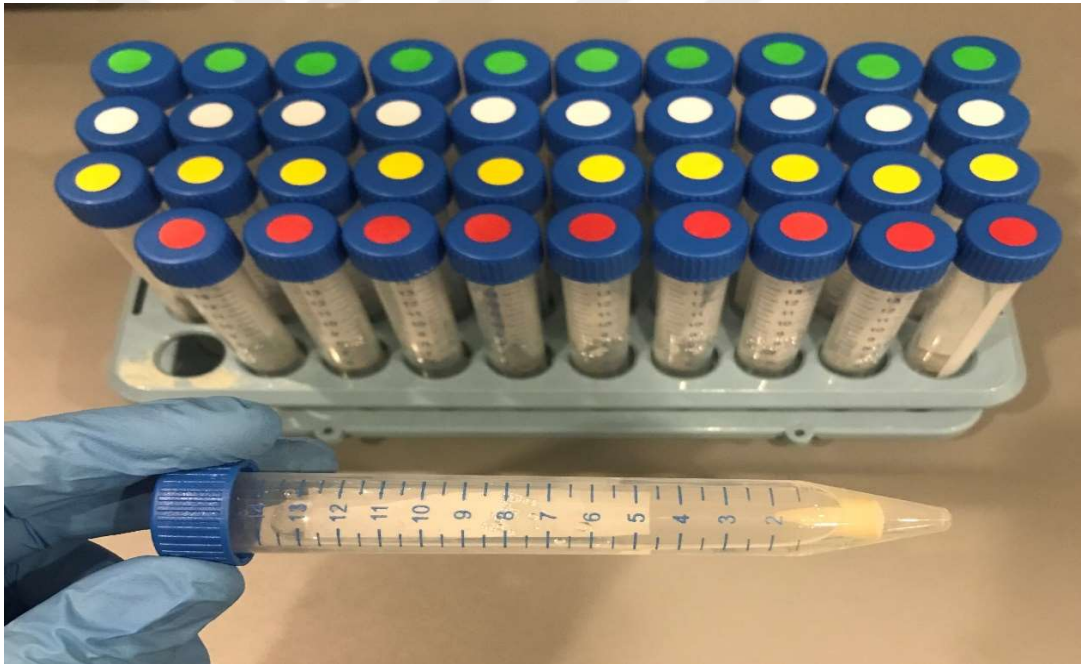
Spektrofotometrik analiz için 24 saatlik süreden hemen sonra dişler rezorbsiyon kavimleri açıkta kalacak şekilde tırnak cilası ile kaplanmış ve distile su

ile dolu olan falkon deney tüplerine konularak 37°C %100 nemli etüve yerleştirilmiştir.



Resim 9: Dolumu tamamlanmış diş örneği

Her bir grup için 1., 7., 14. ve 28. günde kalsiyum iyon konsantrasyon ölçümü yapılarak kaydedilmiştir.



Resim 10: Spektrofotometrik analiz için oluşturulan diş örnekleri

Bağlanma dayanımı testi için ayrılan Grup 2 de bulunan 40 diş ise kök kanal tedavisini takiben 24 saatin sonunda etüve yerleştirilmiş 3 haftanın sonunda etüvden alınarak silindirik silikon kalıplar aracılığıyla soğuk akril (Meliodent, Heraeus kulzer limited, Newbury, Birleşik Krallık) içerisine gömülmüştür. IsoMet cihazı (IsoMet 4000, Buehler, IL , USA) kullanılarak dişlerin orta üçlüsünden $1 \pm 0,1$ mm kalınlığında iki kesit olmak üzere toplam 80 kesit alınmıştır. Kesit kalınlıkları, dijital

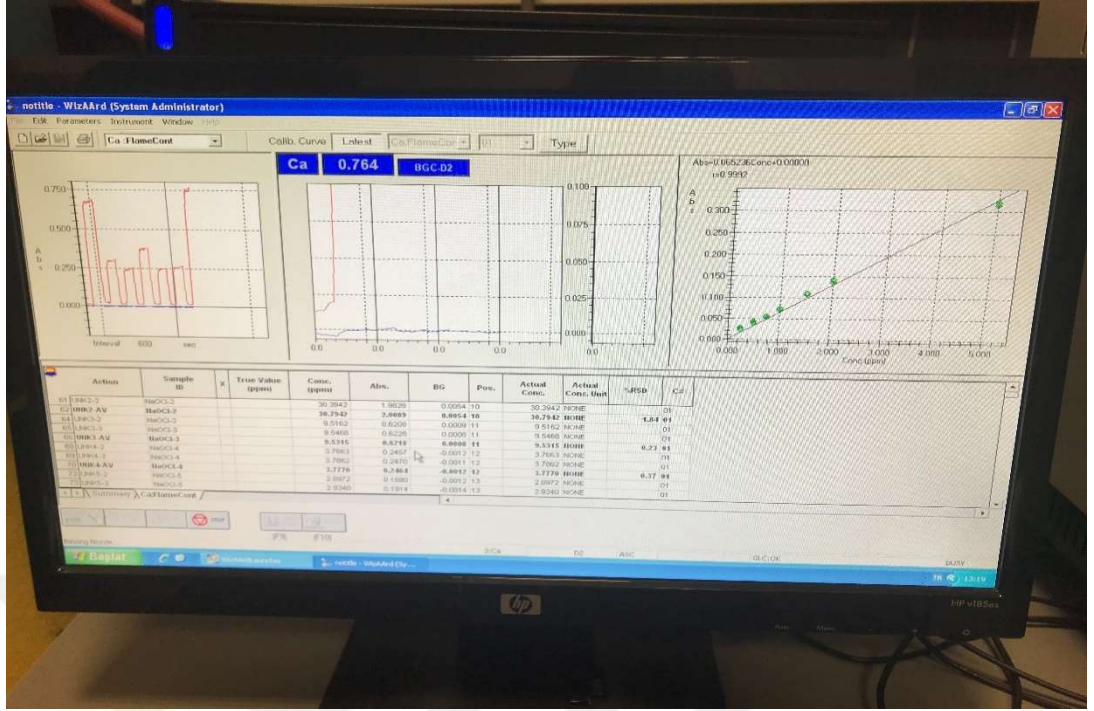
kumpas ile kontrol edilmiştir. Örnekler üzerindeki ölçümler, Instron (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK) test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Push-out bağlanma dayanımı megapaskal (MPa) cinsinden hesaplanmıştır. Kırık tiplerinin analizi stereomikroskopta X40 büyütme altında gerçekleştirilmiştir.

3.2. Atomik absorbsiyon spektrofotometrik analizin gerçekleştirilmesi

Örneklerden ölçüm yapılmadan önce atomik absorbsiyon spektrofotometre cihazına (Shimadzu AA-7000) kalsiyum iyonlarının ölçümü için standart çözelti oluşturularak okutulmuş ve bir standart eğrisi oluşturulmuştur. Standart eğrisi oluşturulduktan sonra 5 mL distile su içinde bulunan örneklerden bir miktar sıvı alınarak her örnekten 3 ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Ölçüm yapıldıktan sonra alınan sıvı miktarı kadar distile su yerine konularak falkon tüplerdeki sıvı miktarı her zaman 5 mL ye sabitlenmiştir. Ölçüm yapılan her gün için cihaz verileri bilgisayar sistemine kaydetmiştir. Örnekler sadece ölçüm yapılan sürede etüvden çıkarılmıştır.



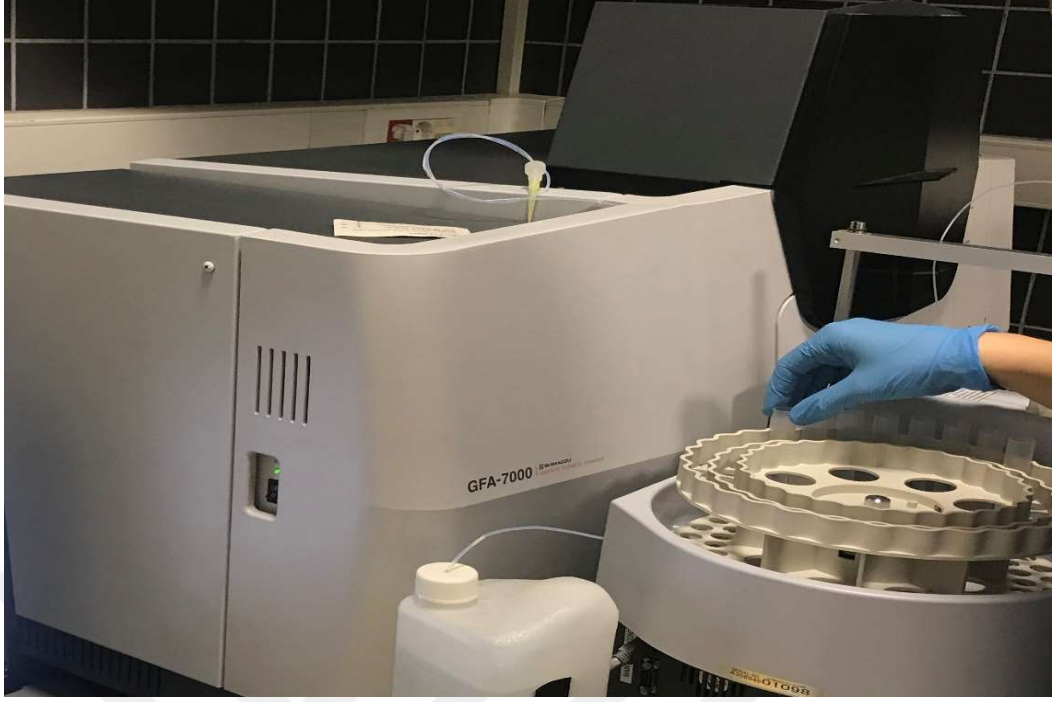
Resim 11: Çalışmada kullanılan atomik absorbsiyon spektrofotometre cihazı



Resim 12: Kalsiyum iyonu için oluşturulan standart eğrisi



Resim 13: Falkon tüpten sıvı alınması



Resim 14: Alınan sıvı örneklerin ölçüm için cihaza yerleştirilmesi



Resim 15: Örneklerden kalsiyum tayinini sağlayan yanma olayı



Resim 16: Örneklerin etüve yerleştirilmesi

3. 3. Push- Out Bağlanma Testinin Gerçekleştirilmesi

Kök kanal tedavisini tamamladığımız 40 diş örneği silindirik kalıplar kullanarak akrilik rezin içerisine gömülmüştür. Isomet (IsoMet 4000, Buehler, IL, USA) cihazı kullanılarak köklerin orta üçlüsünden ikişer kesit alınmıştır.



Resim 17: Şeffaf akrilik rezin içerisine gömülen diş örnekleri



Resim 18: IsoMet kesit cihazı ve oluşturduğu dentin diskleri

Dentin disklerinin kalınlıkları dijital kumpas ile kontrol edilmiştir. Hazırladığımız toplam 80 kesite Instron (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK) cihazı kullanılarak push-out bağlanma testi uygulanmıştır. Test için çapı 0.5 mm olan paslanmaz çelik uç kullanılmıştır. Kullanılan uç sadece kök kanal dolgusuyla temas edecek şekilde yerleştirilmiş, 1mm/dak sabit hızla kök kanal dolgusunda yer değiştirme oluncaya kadar uygulanmıştır.



Resim 19: Dentin diski kalınlıklarının dijital kumpas ile kontrol edilmesi



Resim 20: Dentin disklerine Instron cihazı ile kuvvet uygulanması

Kanal dolgusunda kopmanın meydana geldiği an cihazın uyguladığı kuvvet (Newton) değeri kaydedilmiş, elde edilen kuvvet değerleri kesitlerin alanına bölünerek megapaskal (MPa) cinsinden bağlanma dayanımı değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama da aşağıdaki formülden yararlanılmıştır:

$$\text{Push-out bağlanma dayanımı (MPa)} = \frac{\text{Maksimum yük (N)}}{\text{Kök kanal dolgusu bağlantı alanı (mm}^2\text{)}}$$

(Saghiri, Shokouhinejad, Lotfi, Aminsobhani, & Saghiri, 2010).

Kök kanal dolgusu bağlantı alanı hesaplanırken $2\pi rh$ formülü kullanılmıştır. π , sabit değer olup 3,14 hesaplanmıştır. ‘r’ kök kanalının yarıçapı, h ise kesit kalınlığıdır (Saghiri et al., 2010).

Elde edilen değerler BlueHill 3 veri analiz programı kullanılarak kaydedilmiştir. Push-out testi uygulandıktan sonra dentin diskleri, stereomikroskopta (Leica MZ75, Leica Imaging Systems Ltd, Cambridge, UK) X40 büyütme altında incelenmiş ve kırık tipleri analiz edilmiştir.

3.4. İstatistiksel Analiz

Grupların kalsiyum iyon salınımlarının karşılaştırılmasında verilerin analizi SPSS 23 programında yapıldı. Verilerin dağılımının normale yakın olup olmadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile, varyansların homojenliği ise Levene testi ile kontrol edildi. Normal dağılıma sahip, dört farklı zamanda ölçülen kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasındaki farkı saptamak için yinelenmiş ölçümlerde ANOVA testi kullanıldı. Hangi zaman aralığında ölçülen ppm değerinin anlamlı fark yarattığını bulmak için Bonferroni testi yapıldı. 1., 7., 14. ve 28. günde grup ortalamalarını karşılaştırmak için Tek Yönlü ANOVA testi ve hangi grubun anlamlı fark yarattığını saptamak için Tukey testi yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde gösterildi. Sonuçlar $p < 0,05$ için istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Grupların bağlanma dayanımlarının karşılaştırılmasında; verilerin analizi SPSS 23 programında yapıldı. Verilerin dağılımının normale yakınlığı Kolmogorov-Smirnov testi ile, varyansların homojenliği ise Levene testi ile kontrol edildi. Normal dağılıma sahip olmayan verilerde gruplardaki push-out ortalamaları arasındaki farklılığı kontrol etmek için Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Gruplar ile kırık tipleri arasındaki ilişki Ki-kare testi ile değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistikler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde gösterildi. Sonuçlar $p < 0,05$ için istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Kalsiyum İyon Salınım Değerlerine Ait Bulgular

Genel Karşılaştırma;

ppm (mg/L)	Gruplar Ort $\pm$ SS
1.gün (n=40)	26,53 $\pm$ 10,6
7.gün (n=40)	50,11 $\pm$ 16,5
14.gün (n=40)	53,23 $\pm$ 15,7
28.gün (n=40)	59,97 $\pm$ 15,3
P	0,0001**

Tablo 1. Gruplardan bağımsız zaman aralıklarında salınan kalsiyum iyon ortalamaları

** Genel olarak bakıldığında (gruplar göz ardı edildiğinde), kalsiyum iyon salınımı 1.gün ortalaması 26,53 ppm, 7.gün ortalaması 50,11 ppm, 14.gün ortalaması 53,23 ppm ve 28.gün ortalaması 59,97 ppm olarak ölçülmüştür. 4 farklı zamanda ölçülen kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

Zaman		Ortalama Fark	p (sig.)
1.gün	7.gün	-23,6	0,0001**
	14.gün	-26,7	0,0001**
	28.gün	-33,4	0,0001**
7.gün	14.gün	-3,1	0,0001**
	28.gün	-9,9	0,0001**
14.gün	28.gün	-6,7	0,0001**

Tablo 2. Kalsiyum iyon salınımının zaman aralıklarına göre karşılaştırılması

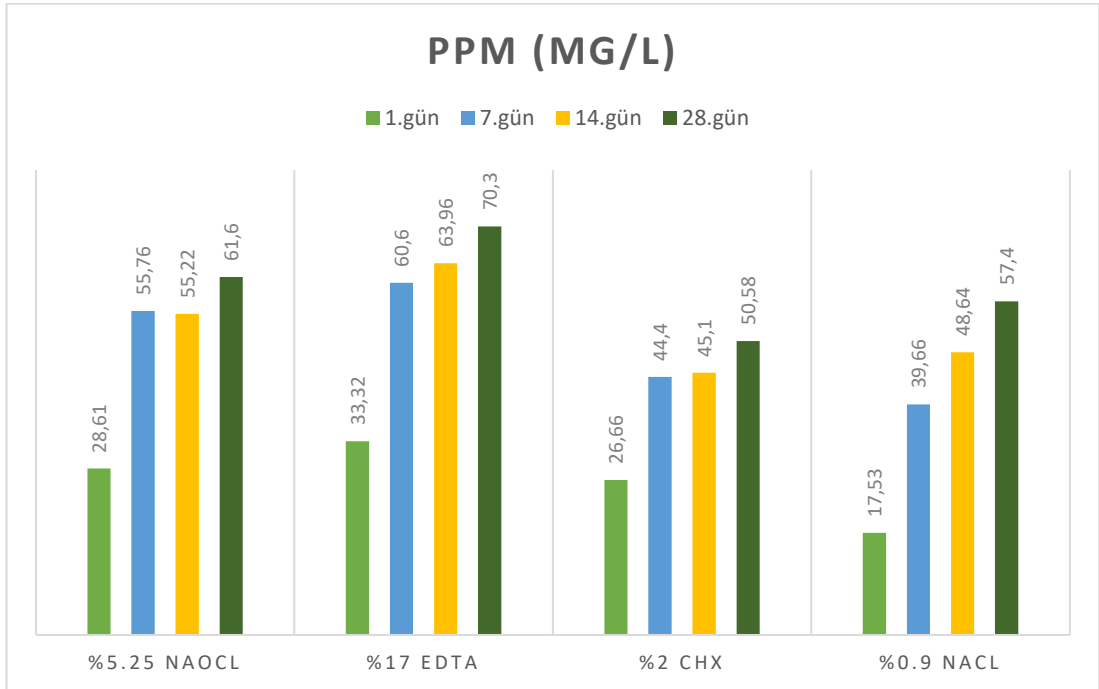
1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 7.gün, 14.gün ve 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$).

7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 14.gün ($p=0,001$) ve 28.gün ($p=0,0001$) kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur.

14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$).

ppm (mg/L)	%5,25 NaOCl Ort $\pm$ SS	%17 EDTA Ort $\pm$ SS	%2 CHX Ort $\pm$ SS	%0,9 NaCl Ort $\pm$ SS
1.gün	28,61 $\pm$ 9,4	33,32 $\pm$ 13,1	26,66 $\pm$ 7,3	17,53 $\pm$ 5,6
7.gün	55,76 $\pm$ 15,7	60,60 $\pm$ 19,8	44,40 $\pm$ 11,5	39,66 $\pm$ 9,7
14.gün	55,22 $\pm$ 15,6	63,96 $\pm$ 18,2	45,10 $\pm$ 11,5	48,64 $\pm$ 11,6
28.gün	61,60 $\pm$ 12,8	70,30 $\pm$ 17,2	50,58 $\pm$ 14,1	57,40 $\pm$ 11,2
p	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**

Tablo 3. Grupların zaman aralıklarındaki kalsiyum iyon salınım ortalamaları



Grafik 1. Grupların zaman aralıklarındaki kalsiyum iyon salınım ortalamaları

Gruplar		%5,25 NaOCl	%17 EDTA	%2 CHX	%0,9 NaCl
Zaman		p (sig.)	p (sig.)	p (sig.)	p (sig.)
1.gün	7.gün	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
	14.gün	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
	28.gün	0,0001**	0,0001**	0,0001**	0,0001**
7.gün	14.gün	1,000	0,031*	1,000	0,0001**
	28.gün	0,014*	0,002**	0,006**	0,0001**
14.gün	28.gün	0,009**	0,004**	0,012*	0,001**

Tablo 4. Grupların zaman aralıklarına göre karşılaştırılması

%5,25 NaOCl grubunda kalsiyum iyon salınımı 1.gün ortalaması 28,61 ppm, 7.gün ortalaması 55,76 ppm, 14.gün ortalaması 55,22 ppm ve 28.gün ortalaması 61,60 ppm olarak ölçüldü. %5.25 NaOCl grubunda 4 farklı zamanda ölçülen kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). %5.25 NaOCl grubunda 1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 7.gün, 14.gün ve 28. gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$). 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları ile 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p=1,000$). 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 28.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,014$). 14.gün kalsiyum

iyon salınımı ortalamaları 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,009$).

%17 EDTA grubunda kalsiyum iyon salınımı 1.gün ortalaması 33,32 ppm, 7.gün ortalaması 60,60 ppm, 14.gün ortalaması 63,96 ppm ve 28.gün ortalaması 70,30 ppm olarak ölçüldü. %17 EDTA grubunda 4 farklı zamanda ölçülen kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). %17 EDTA grubunda 1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 7.gün, 14.gün ve 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$). 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 14.gün ($p=0,031$) ve 28.gün ($p=0,002$) kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur. 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,004$).

%2 CHX grubunda kalsiyum iyon salınımı 1.gün ortalaması 26,66 ppm, 7.gün ortalaması 44,40 ppm, 14.gün ortalaması 45,10 ppm ve 28.gün ortalaması 50,58 ppm olarak ölçüldü. %2 CHX grubunda 4 farklı zamanda ölçülen kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). %2 CHX grubunda 1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 7.gün, 14.gün ve 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$). 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları ile 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p=1,000$). 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 28.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,006$). 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,012$).

%0,9 NaCl grubunda kalsiyum iyon salınımı 1.gün ortalaması 17,53 ppm, 7.gün ortalaması 39,66 ppm, 14.gün ortalaması 48,64 ppm ve 28.gün ortalaması 57,40 ppm olarak ölçüldü. %0,9 NaCl grubunda 4 farklı zamanda ölçülen kalsiyum

iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). %0,9 NaCl grubunda 1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 7.gün, 14.gün ve 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$). 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 14.gün ve 28.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,0001$). 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları 28. Gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p=0,001$).

ppm (mg/L)	1.Gün Ort $\pm$ SS	7.Gün Ort $\pm$ SS	14.Gün Ort $\pm$ SS	28.Gün Ort $\pm$ SS
%5.25 NaOCl	28,61 $\pm$ 9,4	55,76 $\pm$ 15,7	55,22 $\pm$ 15,6	61,60 $\pm$ 12,8
%17 EDTA	33,32 $\pm$ 13,1	60,60 $\pm$ 19,8	63,96 $\pm$ 18,2	70,30 $\pm$ 17,2
%2 CHX	26,66 $\pm$ 7,3	44,40 $\pm$ 11,5	45,10 $\pm$ 11,5	50,58 $\pm$ 14,1
%0,9 NaCl	17,53 $\pm$ 5,6	39,66 $\pm$ 9,7	48,64 $\pm$ 11,6	57,40 $\pm$ 11,2
p	0,005**	0,010*	0,032*	0,026*

Tablo 5. Zaman aralıklarına göre grupların kalsiyum iyon salınım ortalamaları

Zaman		1.Gün	7.Gün	14.Gün	28.Gün
Grup		p (sig.)	p (sig.)	p (sig.)	p (sig.)
%5.25 NaOCI	%17 EDTA	0,671	0,882	0,539	0,514
	%2 CHX	0,965	0,324	0,413	0,309
	%0,9 NaCl	0,053	0,085	0,742	0,907
%17 EDTA	%2 CHX	0,390	0,083	0,030*	0,017*
	%0,9 NaCl	0,003**	0,015*	0,103	0,185
%2 CHX	%0,9 NaCl	0,143	0,888	0,947	0,698

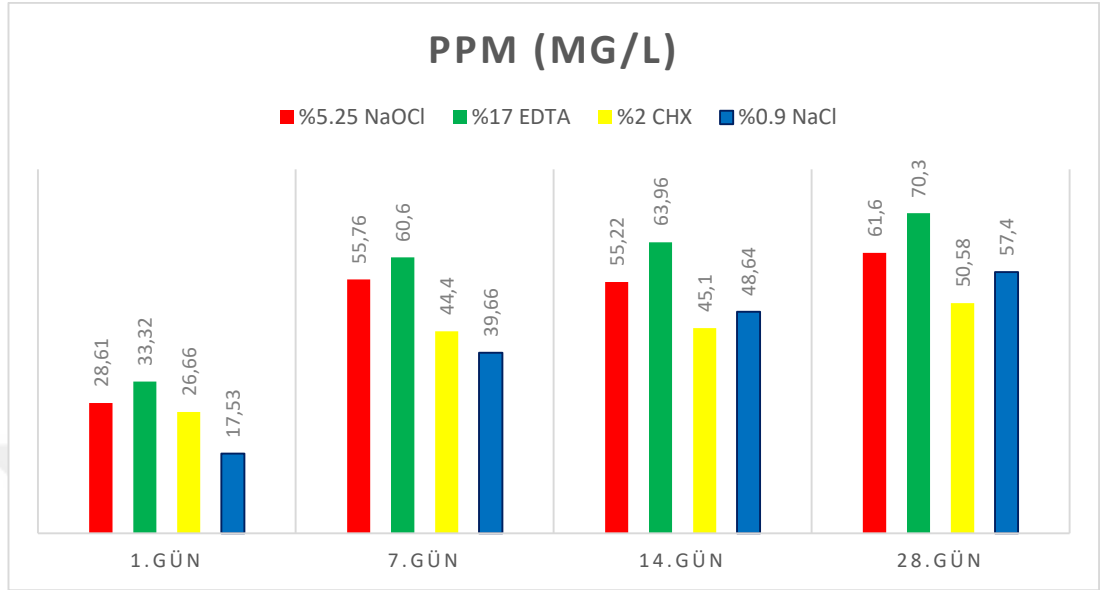
Tablo 6. Zaman aralıklarına göre grupların karşılaştırılması

1.gün kalsiyum iyon salınımı için %5,25 NaOCI grubunun ortalaması 28,61 ppm, %17 EDTA grubunun ortalaması 33,32 ppm, %2 CHX grubunun ortalaması 26,66 ppm ve %0,9 NaCl grubunun ortalaması 17,53 ppm bulunmuştur. %5,25 NaOCI grubu, %17 EDTA grubu, %2 CHX grubu ve %0,9 NaCl gruplarının **1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları** arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,005$). %17 EDTA grubunun 1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları %0,9 NaCl grubunun 1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,003$). Diğer gruplar arasında 1.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

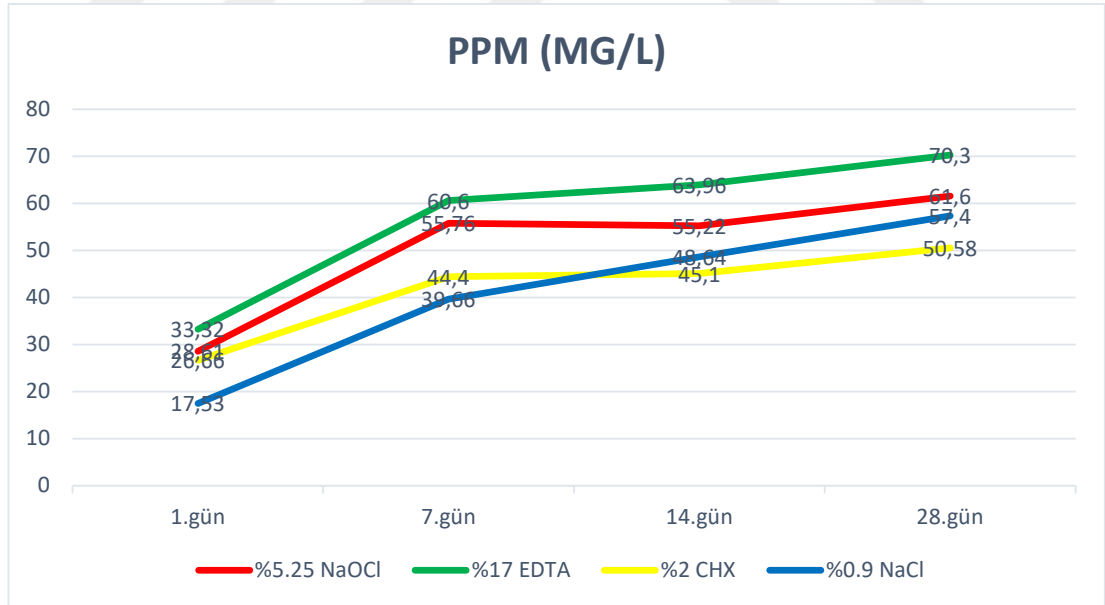
7.gün kalsiyum iyon salınımı için %5,25 NaOCI grubunun ortalaması 55,76 ppm, %17 EDTA grubunun ortalaması 60,60 ppm, %2 CHX grubunun ortalaması 44,40 ppm ve %0,9 NaCl grubunun ortalaması 39,66 ppm bulunmuştur. %5.25 NaOCI grubu, %17 EDTA grubu, %2 CHX grubu ve %0,9 NaCl gruplarının **7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları** arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,010$). %17 EDTA grubunun 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları %0,9 NaCl grubunun 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,015$). Diğer gruplar arasında 7.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

14.gün kalsiyum iyon salınımı için %5,25 NaOCI grubunun ortalaması 55,22 ppm, %17 EDTA grubunun ortalaması 63,96 ppm, %2 CHX grubunun ortalaması 45,10 ppm ve %0,9 NaCl grubunun ortalaması 48,64 ppm bulunmuştur. %5,25 NaOCI grubu, %17 EDTA grubu, %2 CHX grubu ve %0,9 NaCl gruplarının **14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları** arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,032$). %17 EDTA grubunun 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları %2 CHX grubunun 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,030$). Diğer gruplar arasında 14.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

28.gün kalsiyum iyon salınımı için %5.25 NaOCI grubunun ortalaması 61,60 ppm, %17 EDTA grubunun ortalaması 70,30 ppm, %2 CHX grubunun ortalaması 50,58 ppm ve %0,9 NaCl grubunun ortalaması 57,40 ppm bulunmuştur. %5.25 NaOCI grubu, %17 EDTA grubu, %2 CHX grubu ve %0,9 NaCl gruplarının **28.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları** arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p=0,026$). %17 EDTA grubunun 28.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları %2 CHX grubunun 28.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p=0,017$). Diğer gruplar arasında 28.gün kalsiyum iyon salınımı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).



Grafik 2. Zaman aralıklarında grupların kalsiyum iyon salınım ortalamaları



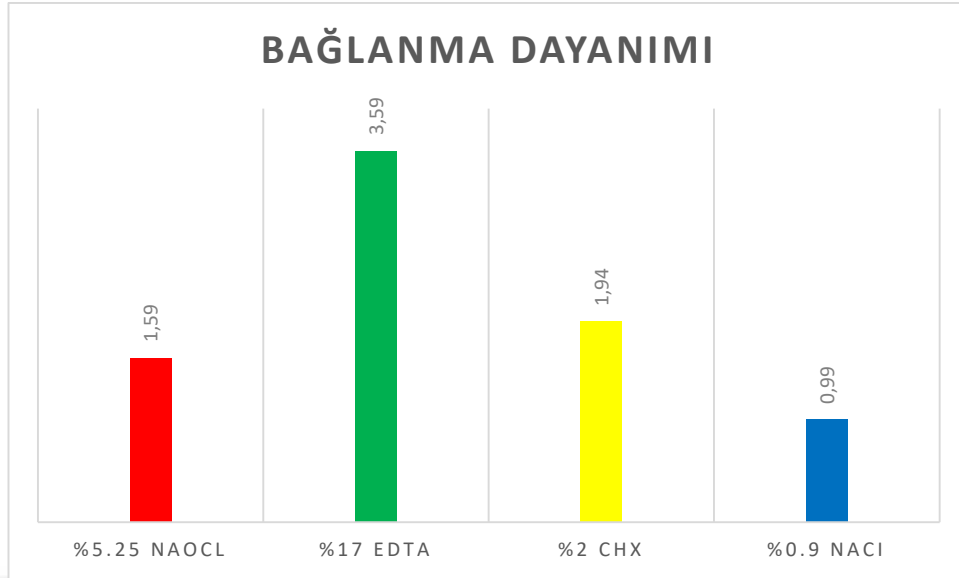
Grafik 3. Grupların kalsiyum iyon salınım ortalamalarının zaman aralıklarına bağlı değişimi

4. 2. Push-Out Bağlanma Dayanımına Ait Bulgular

Bağlanma Dayanımı (MPa)	Ort $\pm$ SD	Min - Max	p (sig.)
%5,25 NaOCI (n=20)	1,59 $\pm$ 0,19	1,17 – 1,97	0,0001**
%17 EDTA (n=20)	3,59 $\pm$ 0,32	3,09 – 4,27	
%2 CHX (n=20)	1,94 $\pm$ 0,27	1,48 – 2,40	
%0,9 NaCl (n=20)	0,99 $\pm$ 0,17	0,69 – 1,33	
Toplam (n=80)	2,03 $\pm$ 1,0	0,69 – 4,27	

Tablo 7. Grupların push-out bağlanma dayanımı değerleri ortalaması

**** %5,25 NaOCI grubunda** bağlanma dayanımı ortalaması 1,59 MPa; **%17 EDTA grubunda** ortalama 3,59 MPa; **%2 CHX grubunda** ortalama 1,94 MPa ve **%0,9 NaCl grubunda** ortalama 0,99 MPa olarak bulunmuştur. Grupların push-out bağlanma dayanımları ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir (p<0,05).



Grafik 4. Grupların push-out bağlanma dayanımı ortalamaları

Bağlanma Dayanımı		Ortalama Fark	p (sig.)
%5,25 NaOCl	%17 EDTA	-1,99	0,0001**
	%2 CHX	-0,35	0,0001**
	%0,9 NaCl	0,60	0,0001**
%17 EDTA	%2 CHX	1,65	0,0001**
	%0,9 NaCl	2,59	0,0001**
%2 CHX	%0,9 NaCl	0,95	0,0001**

Tablo 8. Grupların push-out bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması

**** %5,25 NaOCl grubunda push out bağlanma dayanımı ortalaması, %17 EDTA grubu ve %2 CHX grubu bağlanma dayanımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük, %0,9 NaCl grubu bağlanma dayanımı ortalamasından ise anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$).**

**** %17 EDTA grubunda push out bağlanma dayanımı ortalaması, %2 CHX grubu ve %0,9 NaCl grubu bağlanma dayanımı ortalamalarından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).**

**** %2 CHX grubu push out bağlanma dayanımı ortalaması, %0,9 NaCl grubu bağlanma dayanımı ortalamasından istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).**

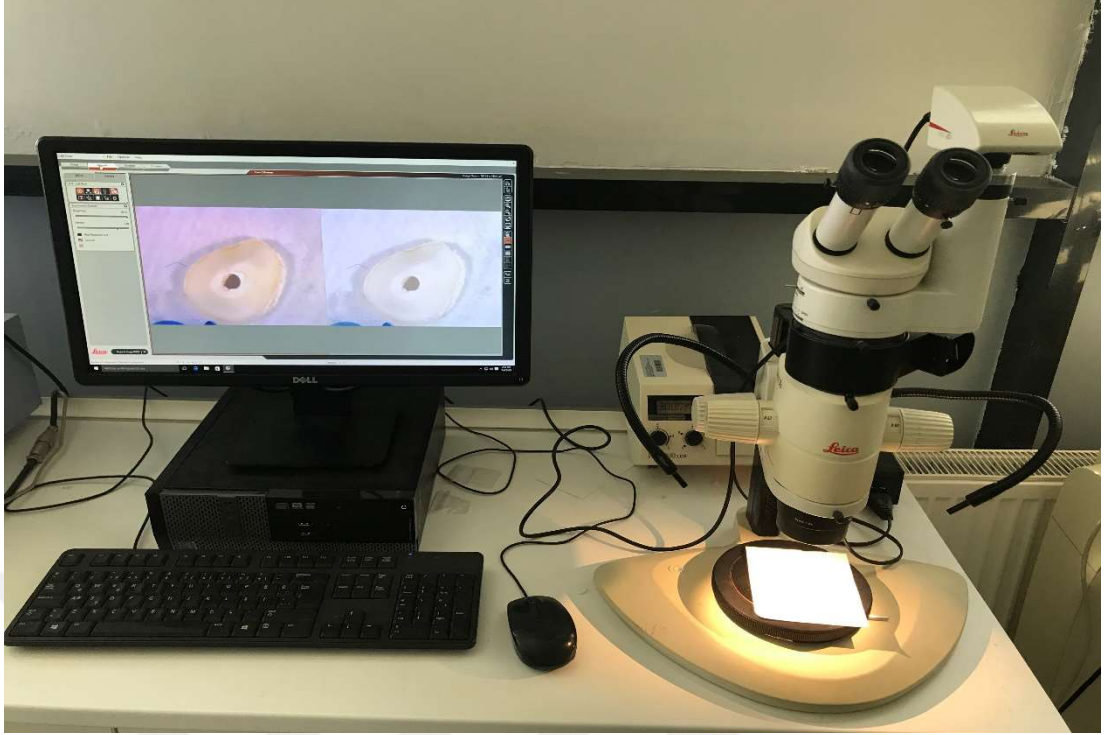
4.3. Kırık Tiplerinin Değerlendirilmesi

Push-out testi sonrasında örnekler kırık tiplerinin değerlendirilmesi için stereomikroskop (Leica MZ75, Leica Imaging Systems Ltd, Cambridge, UK) kullanılarak X40 büyütme altında incelenmiştir. Dentin kesitlerinde push-out testi sonrası izlenen değişiklikler aşağıdaki sınıflamaya göre değerlendirilmiştir:

Adeziv kırık: Test edilen materyal ile dentin ara yüzeyinde meydana gelen ayrılma

Koheziv kırık: Test edilen materyalin kendi molekülleri arasında meydana gelen ayrılma

Karma kırık: Hem adeziv hem koheziv ayrılmanın izlendiği kırık şeklidir.



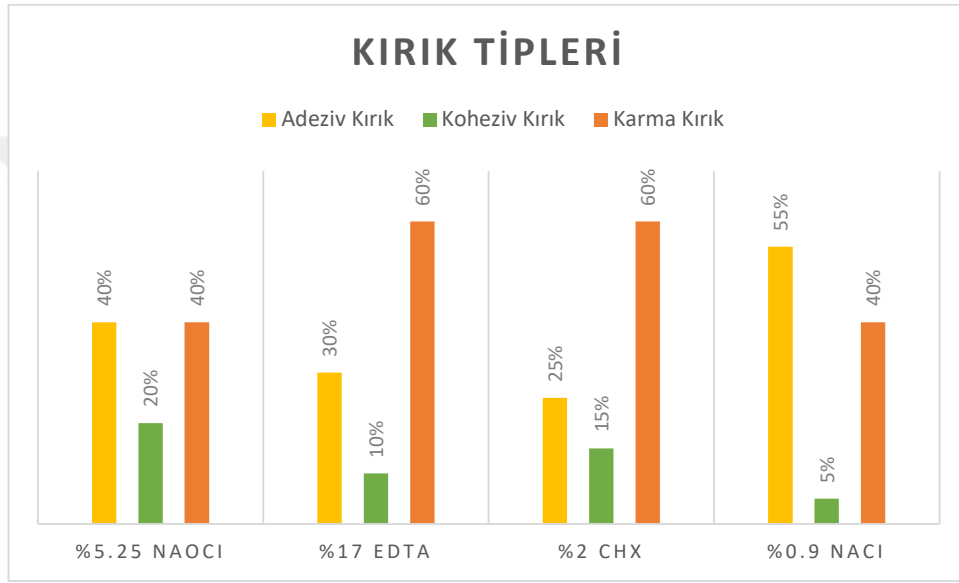
Resim 21: Örneklerin incelendiği stereomikroskop

Ki-kare Analizi (Gruplar ile Kırık Tipleri);

Grup	Kırık Tipleri			Total
	Adeziv Kırık	Koheziv Kırık	Karma Kırık	
%5,25 NaOCI	8 (%40,0)	4 (%20,0)	8 (%40,0)	20 (%100,0)
%17 EDTA	6 (%30,0)	2 (%10,0)	12 (%60,0)	20 (%100,0)
%2 CHX	5 (%25,0)	3 (%15,0)	12 (%60,0)	20 (%100,0)
%0,9 NaCl	11 (%55,0)	1 (%5,0)	8 (%40,0)	20 (%100,0)
Toplam	30 (%37,5)	10 (%12,5)	40 (%50,0)	80 (%100,0)

Tablo 9. Grupların kırık tiplerinin karşılaştırılması

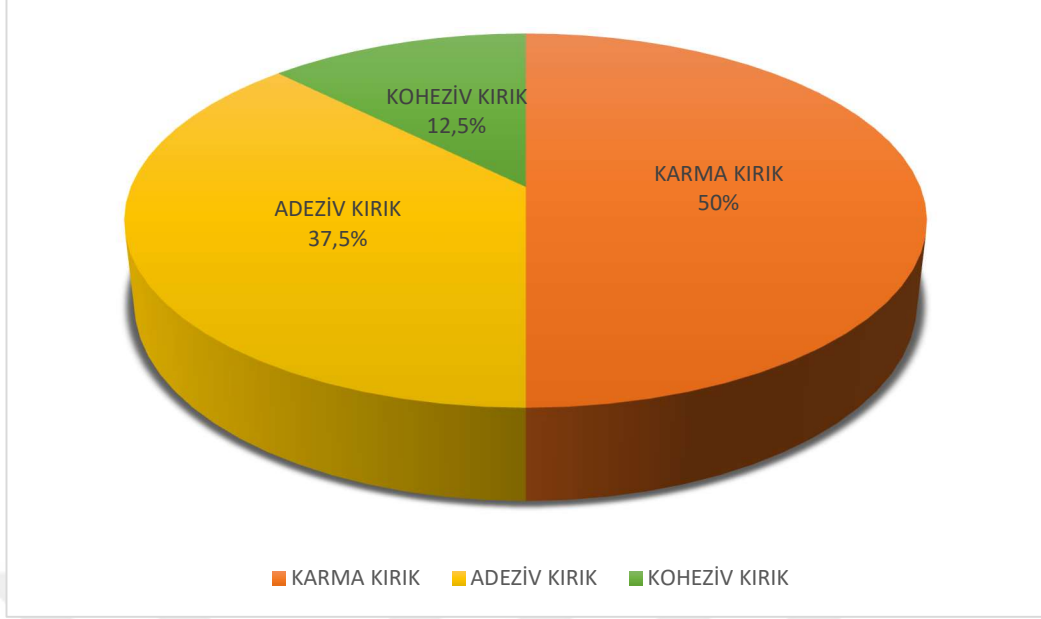
**** %5,25 NaOCl grubunda** 8 (%40,0) adeziv kırık, 4 (%20,0) koheziv kırık ve 8 (%40,0) karma kırık gözlenmiştir. **%17 EDTA grubunda** 6 (%30,0) adeziv kırık, 2 (%10,0) koheziv kırık ve 12 (%60,0) karma kırık gözlenmiştir. **%2 CHX grubunda** 5 (%25,0) adeziv kırık, 3 (%15,0) koheziv kırık ve 12 (%60,0) karma kırık gözlenmiştir. **%0,9 NaCl grubunda** 11 (%55,0) adeziv kırık, 1 (%5,0) koheziv kırık ve 8 (%40,0) karma kırık gözlenmiştir. Gruplar ile kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p=0,380 > 0,05$).



Grafik 5. Grupların kırık tiplerinin dağılımının gösterilmesi

En fazla adeziv kırık %55 ile %0,9 NaCl grubunda en fazla koheziv kırık %20 ile %5,25 NaOCl grubunda, en fazla karma kırık %60 ile %17 EDTA ve %2 CHX grubunda izlenmiştir. En az adeziv kırık %25 ile %2 CHX grubunda, en az koheziv kırık %5 ile %0,9 NaCl grubunda, en az karma kırık %40 ile %5.25 NaOCl ve %0,9 NaCl grubunda izlenmiştir.

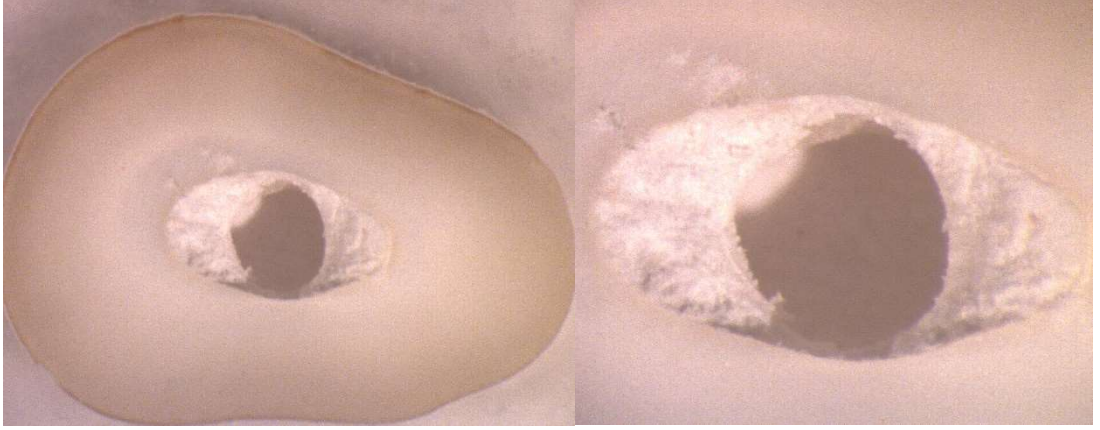
“



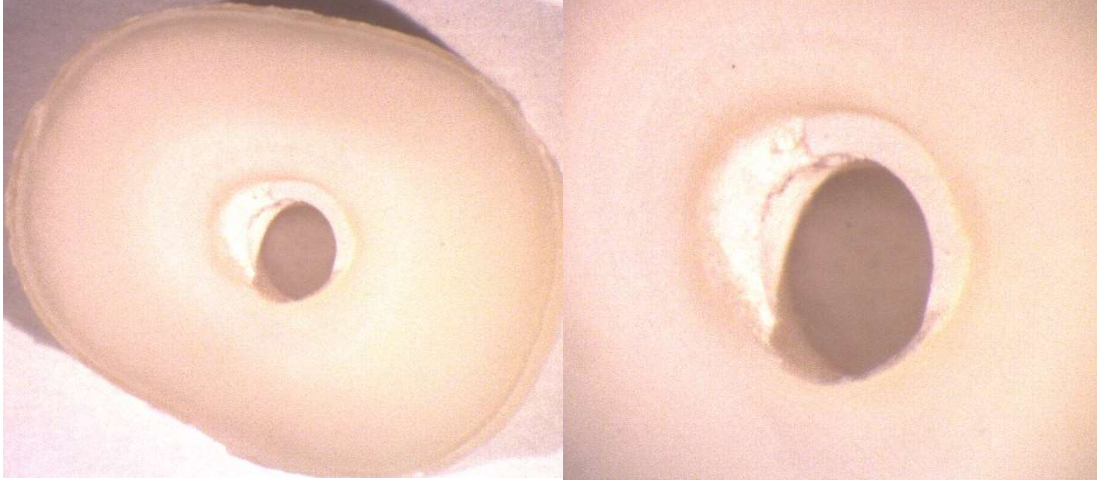
Grafik 6. Kırık tiplerinin dağılımının genel olarak gösterilmesi



Resim 22: Adeziv kırık tipinin X10 ve X20 büyütmedeki görüntüsü



Resim 23: Koheziv kırık tipinin X10 ve X20 büyütmedeki görüntüsü



Resim 24: Karma kırık tipinin X10 ve X20 büyütmedeki görüntüsü

5. TARTIŞMA

Günümüzde kök kanal sisteminin üç boyutlu, koheziv ve tek bir gövde halinde doldurulmasını sağlamak amacıyla yeni dolgu materyalleri ve kök kanal dolgu patları geliştirilmektedir (Hashem, Ghoneim, Lutfy, & Fouda, 2009; Stiegemeier, Baumgartner, & Ferracane, 2010). Bu amaçla üretilen biyoseramik içerikli kök kanal dolgu patları; dentin tübülleriindeki sıvıyı emme suretiyle patın içeriğinde bulunan dikalsiyum silikat ve trikalsiyum silikat ile reaksiyona girerek kalsiyum hidroksit ve kalsiyum silikat hidrat jel oluşturur. Daha sonra oluşan kalsiyum hidroksit, fosfat iyonlarıyla birleşerek diş dokusunun ana inorganik bileşeni olan hidroksiapatit ve suyu açığa çıkarır (Q. Yang, Troczynski, & Liu, 2002). Oluşan hidroksiapatit kristalleri de dentine kimyasal bağlanma gösterir (Kossev, 2009).

Alkali pH oluşturan biyoseramikler, antibakteriyel etki göstererek enfeksiyon gelişimini önler. Bununla beraber alkali pH'ları sayesinde periapikal bölgedeki asidik ortamı nötralize ederek ve alkalen fosfatazı uyarak kemik onarımını stimüle ettiği saptanmıştır (Estrela, Sydney, Bammann, & Felipe Junior, 1995). Bütün bu özelliklerin yanında; yapısında rezin ve toksik element bulunmaması yüksek oranda kalsiyum içermesi (Josette Camilleri, 2015), vücut dokularında ‘‘yabancı cisim reaksiyonu’’ oluşturmaması (de Oliveira, de Souza Araújo, da Silveira, Sobral, & de Vasconcelos Carvalho, 2018), hidrofilik olması, yüksek osteokondüktif ve biyomineralizasyon potansiyeli gibi üstün özellikleri mevcuttur,(Jafari, Jafari, & Etesamnia, 2017). BioRoot RCS kök kanal dolgu patının biyoaktivitesini (Camps et al., 2015; Dimitrova-Nakov et al., 2015), antibakteriyel etkisini (Alsubait et al., 2019; Arias-Moliz & Camilleri, 2016; Poggio, Trovati, Ceci, Colombo, & Pietrocola, 2017), çözünürlüğünü (Poggio, Dagna, et al., 2017; Urban, Neuhaus, Donnermeyer, Schäfer, & Dammaschke, 2018) değerlendiren birçok çalışma olmasına rağmen in-vitro ortamda Ca^{+2} iyon salınımı ve push-out bağlanma dayanımını değerlendiren çalışmalar oldukça azdır.

Çekilmiş insan alt premolar dişleriyle in vitro olarak planlanan çalışmamızda standardizasyonu sağlamak için bukko-lingual ve mesio-distal çapları benzer dişler seçilmiş, tüm kökler 15 mm boyutunda kesilmiştir. Kökler aynı kanal aletleri ve teknik kullanılarak genişletilmiş apikal çap standardizasyonu sağlanmıştır; fakat insan

dişlerinde boyut standardizasyonunu sağlamanın zorluğu ve diş dokularındaki farklılıklar çalışmaları etkileyerek standart sapmalara neden olabilmektedir (Schwartz & Fransman, 2005). Standardizasyonu sağlamak için çekilen dişlerin kökleri benzer çap ve büyüklükte, benzer uzunlukta ve benzer apikal foramen çaplarında olmalıdır (Wu & Wesselink, 1993).

Kemomekanik prepasyon sırasında kullandığımız yıkama solüsyonları dentin üzerinde; yüzey düzensizliklerinin artması, erozyon oluşumu ve mikrosertliğin azalması gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır (Gandhi, Bollineni, Janga, Saraswati, & Babu, 2016). Bu değişiklikler klinik başarıda kök kanal dolgu materyallerinin sızdırmazlığını ve dentine bağlanma dayanımını etkilediği için oldukça önemlidir. (Perdigão, Eiriksson, Rosa, Lopes, & Gomes, 2001). Yıkama solüsyonlarının dentin geçirgenliğini ve kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu etkilediğini, medikamentlerin dentin yüzeyine yeterince ulaşmasını engellediğini gösteren pek çok çalışma mevcuttur (Bighetti Trevisan, Scatolin, Castro Raucci, Raucci Neto, & Froner, 2018; Bjelović, Krunić, Stojanović, Erić, & Kanjevac, 2018; de Almeida Rodrigues, Nassar, da Silva, Pedrinha, & Alexandrino, 2019; França et al., 2019; Hisada et al., 2019). Yıkama solüsyonlarının rezin esaslı patlara etkilerini inceleyen çok fazla çalışma olmasına rağmen biyoseramik esaslı patlara olan etkisini araştıran çalışmaların oldukça sınırlı olduğunu saptadık. Biz de çalışmamızda endodonti pratiğinde en çok kullanılan yıkama solüsyonları olan %5,25 NaOCl, %17 EDTA, %2 CHX solüsyonlarının biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patına etkilerini inceledik.

Kök kanallarının yıkanmasında kullanılan solüsyonların etkinlik gösterebilmesi için kanal duvarlarıyla doğrudan temas etmesi gerekmektedir. Enjektörle yapılan standart yıkamada apikale ulaşım zor olduğu için yıkamanın etkinliği azalmaktadır; bu nedenle yıkamanın aktive edilmesi önerilmektedir (Blank-Gonçalves, Nabeshima, Martins, & de Lima Machado, 2011). Bu amaçla; çalışmamızda etkin yıkama sağlamak için her ege değişiminde Endo-Eze (Ultradent Products, Inc., South Jordan, Utah, USA) yandan perforeli yıkama iğnesi kullandık ve son yıkamada EndoActivator ile sonik aktivasyon yapmayı tercih ettik. EndoActivator' u literatürde önerilen şekilde 30 saniye süre ile kullandık (Jensen, Walker, Hutter, & Nicoll, 1999; Sabins, Johnson, & Hellstein, 2003). Yıkama solüsyonlarının etkinliği arttırmak için pasif ultrasonik

yıkama ve sonik aktivasyon yöntemleri de günümüzde sık kullanılmaktadır (Blank-Gonçalves et al., 2011; Gu et al., 2009; Rödig, Bozkurt, Konietzschke, & Hülsmann, 2010).

Biyomekanik işlemler sonrasında kök kanal dentin yüzeyinde ortaya çıkan smear tabakası dentin, predentin, odontoblast uzantıları, pulpa kalıntıları, bakteriler ve nekrotik kalıntılardan oluşmaktadır. Smear tabakasının çıkarılması veya korunması konusu günümüzde hala tartışılıyor olmasına rağmen (Torabinejad, Handysides, Khademi, & Bakland, 2002; Violich & Chandler, 2010) smear tabakasının çıkarılmasının, kanal patlarının dentin tübüllerine dolayısıyla kanal duvarlarına adezyonunu arttırdığı gösterilmiştir (Souza et al., 2012; Timpawat, Vongsavan, & Messer, 2001). Yamashita ve ark. (2003) yıkama solüsyonlarının kök kanal duvarlarını temizleme kabiliyetlerini SEM ile karşılaştırmışlardır. Kök kanal duvarlarını en iyi NaOCl ve EDTA'nın kombine kullanımı temizlemiş, en kötü sonuçlar salin ve %2 CHX grubunda elde edilmiştir. %2 CHX grubunda açık dentin tübülü sayısı, yalnız NaOCl ya da NaOCl+EDTA kombinasyonu kullanılan gruptaki açık dentin tübülü sayısından daha az görülmüştür. Buna karşın, smear tabakasının çıkarılmasının, dentin geçirgenliğini arttırdığını, kanal dolgu patlarının apikal örtücülüğünü olumsuz etkilediğini ve dentin tübüllerinde bakteri üremesine neden olduğunu gösteren çalışmalar da vardır (Anbu, Nandini, & Velmurugan, 2010; Selem et al., 2014). Çalışmamızda kanal dolgu patlarının kanal duvarına adezyonunu arttırmak aynı zamanda dentin tübüllerinden rezorpsiyon kavitesine kalsiyum diffüzyonunu sağlamak için smear tabakasını uzaklaştırdık.

Literatürde pek çok çalışmada smear tabakasının uzaklaştırılması için şelasyon ajanı olan % 15-17 lik EDTA solüsyonu ile organik doku çözücü % 1-6 lık NaOCl solüsyonlarının kombine kullanılması önerilmektedir (Barkhordar, Watanabe, Marshall, & Hussain, 1997; Baumgartner & Mader, 1987; Ørstavik, 1983). Bizim çalışmamızda da örnekler literatüre uygun şekilde 3 ml %5,25 NaOCl ardından 3ml %17 EDTA ile yıkanmış ardından bu solüsyonların etkisini nötralize etmek için 3 ml distile su kullanılmıştır.

Son yıllarda endodontide başarısızlığa neden olan eksternal kök rezorpsiyonunun tedavisinde de biyoseramik kanal dolgu patlarından yararlanılması

söz konusudur. Biyoseramik kanal dolgu patlarının yapmış olduğu kalsiyum iyon salınımının ortamın pH' sını artırarak osteoklastik aktiviteyi inhibe ettiği; iyileşme için osteoblastları uyardığı bildirilmektedir (Chang et al., 2014; Giacomino, Wealleans, Kuhn, & Diogenes, 2019; Zaidi et al., 1993). Dudeja ve arkadaşları (2015) yaptıkları bir çalışmada 40 diş üzerinde 1 mm çapında ve 0.5 mm derinliğinde yapay eksternal rezorbsiyon kavimleri oluşturmuş ve hazırladıkları kökleri MTA esaslı MTA Fillapex, biyoseramik esaslı iRoot SP Sealer ve UltraCal XS kalsiyum hidroksit patı ile doldurmuş ve farklı zaman aralıklarında kök yüzeyine ulaşan Ca^{+2} iyonlarını atomik absorpsiyon spektrofotometre analiz ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre iRoot SP Sealer'ın, MTA Fillapex ve UltraCal XS' e göre kök yüzeyine daha yüksek seviyede ve uzun süreli Ca^{+2} iyon salınımı gösterdiği bildirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre endodontide eksternal kök rezorbsiyonunun tedavisinde; biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları ile tedavinin, kalsiyum hidroksit kullanılarak yapılan uzun süreli tedaviye oranla daha iyileştirici olduğu bildirilmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız biyoseramik esaslı kanal dolgu patının kalsiyum iyon salınımının ölçümü için diş örneklerinin içinde bulunduğu sıvı kullanılmıştır. Sıvı örneklerden kalsiyum analizinde en çok kullanılan yöntemler EDTA ile titrasyon (Lohbauer, Gambarini, Ebert, Dasch, & Petschelt, 2005), alev fotometresi (Sayin, Serper, Cehreli, & Kalayci, 2007) ve atomik absorpsiyon spektrofotometredir (Duarte et al., 2012). Biz çalışmamızda 3 boyutlu çift ışın yollu optik sistem bulunduran ve bu sayede çok düşük limitlerde bile ölçüm yapabilen atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazını tercih ettik. Bu yöntem sayesinde Ca^{+2} iyon salınımını doğru tespit ettiğimizi düşünmekteyiz.

Khalil ve ark. (2016) trikalsiyum silikat esaslı BioRoot RCS ve Bio MM kanal dolgu patlarını epoksi rezin esaslı AH Plus kanal dolgu patıyla karşılaştırdıkları çalışmada; kanal dolgu patları hazırlandıktan sonra Hank'ın dengeli tuz çözeltisinde (HBSS) bekletmiş ve sıvıya sızan kalsiyum iyon değerleri 1. ve 28. günde ölçülmüştür. BioRoot RCS ve Bio MM, AH Plus' a oranla daha fazla kalsiyum iyon salınımı yapmıştır. Bio MM 1. gün en yüksek kalsiyum iyon değerini vermiş 28. güne kadar bu değer azalmıştır. BioRoot RCS'in ise 1. gün 19,789 mg/g kalsiyum iyon salınımı yaparken 28. gün 28,682 mg/g kalsiyum iyon salınımı yaptığı bildirilmiştir. Siboni ve

ark. (2017) BioRoot RCS, MTA-Fillapex, Pulp Canal Sealer ve AH Plus kanal dolgu patlarının yapay vücut sıvısındaki kalsiyum iyon salınım değerlerini kalsiyum probu kullanarak karşılaştırmış; BioRoot RCS'in 28 günlük bir süreyle en uzun ve en fazla kalsiyum iyon salınım değeri gösterdiği saptanmıştır. Bu uzun süreli ve yüksek miktardaki kalsiyum iyon salınımı BioRoot RCS yapısında bulunan ZrO_2 'ten kaynaklandığı bildirilmektedir. (Li et al., 2017). Çalışmamızda da BioRoot RCS kök kanal dolgu patı 1.günden itibaren Ca^{+2} iyon salınımı yapmaya başlamış ve 1. günden 28. güne kadar Ca^{+2} iyon salınımı artarak devam etmiştir. Bulgularımız bu araştırmaların sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir.

Güncel yıkama solüsyonlarının BioRoot RCS kanal dolgu patının kalsiyum iyon salınımını üzerine etkisini karşılaştırdığımız çalışmamızda %5,25 NaOCl , %17 EDTA , %2 CHX gruplarının kalsiyum iyon salınım değerleri 1. ve 7. günde kontrol grubu olan %0,9 NaCl solüsyonuna göre daha yüksek değerler vermiş; %17 EDTA grubu %0,9 NaCl solüsyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek salınım göstermiştir ($p<0,05$). 14. ve 28. günde ise %2 CHX grubu; %5, 25 NaOCl, %17 EDTA ve %0,9 NaCl grubuna göre daha düşük Ca^{+2} iyon salınım değerleri vermiş; %17 EDTA grubu %2 CHX grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek salınım göstermiştir ($p<0,05$). 14.günden itibaren %2 CHX grubunda Ca^{+2} iyon salınımının daha düşük olmasının katyonik bir bileşik olan CHX'in hidroksiapatit yapısında bulunan anyonik fosfat iyonlarına bağlanarak diğer solüsyonlara göre uzun süreli etki göstermesi ve salınım yapmasından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. (Denton, 1991; Gomes et al., 2013; Parsons et al., 1980). CHX'in kök kanal dentininde 12 haftaya kadar etkili olduğunu gösteren bir çalışma da mevcuttur (Rosenthal, Spångberg, & Safavi, 2004).

Kök yüzeyine iyon diffüzyonu dentin geçirgenliği ile doğrudan ilişkilidir. Yapılan birçok çalışmada CHX'nin kök kanal duvarını temizleme kabiliyeti zayıf olduğu için kök dentin geçirgenliğini önemli ölçüde azaltarak kanal içi medikamentlerin ve iyonların kök yüzeyine ulaşmasını olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Bighetti Trevisan et al., 2018; Bjelović et al., 2018; França et al., 2019; Pascon, Kantovitz, Cavallaro, & Puppini-Rontani, 2012). Çalışmamızda da %2 CHX grubunda daha az Ca^{+2} iyon salınımının izlenmesinin kök dentin geçirgenliğine olumsuz etkisi nedeniyle olduğunu düşünmekteyiz.

Farklı yıkama solüsyonları kullanılarak dişin kök yüzeyine OH⁻ diffüzyonunu karşılaştıran bir çalışmada; 60 sığır dişinin apikal ve orta üçlüsüne yapay eksternal rezorpsiyon kavimleri oluşturulmuş, kullanılan yıkama solüsyonuna göre dişler 6 gruba ayrılmış ve hazırlanan kök kanalları kalsiyum hidroksit ile doldurulmuştur. Köklerin pH değerleri ölçülmüş sürfaktan içeren %2 NaOCl en yüksek pH değerini verirken, %2 CHX jel ve %12 glikolik propolis grubu en düşük değerleri göstermişlerdir (França et al., 2019).

Kök kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanmasını değerlendirmek için makaslama, gerilim ve push-out testi kullanılmaktadır. Çalışmamızda BioRoot RCS kök kanal dolgu patının dentine bağlanma dayanımını push-out testi ile değerlendirdik. Push-out testinde örneklerde oluşan kırıklar klinik uygulamalarda tespit edildiği gibi dentin-bağlantı ara yüzüne paralel olarak gerçekleştiği için makaslama testine göre çok daha güvenilir sonuçlar verdiği, düşük bağlanma dayanımı değerlerini bile hassas bir şekilde ölçebildiği bildirilmektedir (Drummond et al., 1996; Goracci et al., 2004).

Push-out testinde hazırlanan dentin örneklerinin kalınlıkları testin doğruluğu için oldukça önemlidir. Yapılan bazı çalışmalarda 2 mm (Nagas, Cehreli, Durmaz, Vallittu, & Lassila, 2007) bazı çalışmalarda 4 mm'lik (Le Bell, Lassila, Kangasniemi, & Vallittu, 2005) dentin kesitleri tercih edilmiştir. Kalınlık arttıkça sürtünmeye bağlı olarak bağlanma dayanımı değerlerinde artış olabileceği için kesitler incelidikçe örneklerde sürtünme yüzeyi azalacağından bağlanma alanının daha kolay hesaplanabileceği bildirilmiştir (Cekic-Nagas et al., 2008). Bu nedenle biz de çalışmamızda 1 mm'lik dentin kesitlerini kullanmayı tercih ettik. Dişlerin koronalinden apikale gidildikçe sklerotik dentin artar, tübül yoğunluğu azalır ve smear tabakasının uzaklaştırılması zorlaşır (Mjör, Smith, Ferrari, & Mannocci, 2001; Weis, Parashos, & Messer, 2004). Koronal üçlü bölgesi ise morfolojik olarak her dişte değişkenlik gösterdiği için biz çalışmamızda daha stabil bir morfoloji gösteren orta üçlü bölgeden kesit almayı tercih ettik.

Rezin esaslı kök kanal dolgu patları, dentin kollajeninin amino grupları ile güçlü kovalent bağlar kurar (Fisher, Berzins, & Bahcall, 2007; Prasanna Neelakantan, Sharma, Shemesh, & Wesselink, 2015). Kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patları

ise dentine çıkıntı benzeri yapılarla mikromekanik ve ‘‘mineral infiltrasyon bölgesi’’ (Atmeh, Chong, Richard, Festy, & Watson, 2012) ile zayıf kimyasal bağlantı gösterir (Donnermeyer, Dornseifer, Schäfer, & Dammaschke, 2018). Bu nedenle, bazı çalışmalar da kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının, geleneksel rezin esaslı kök kanal dolgu patlarına benzer bağlanma dayanımına sahip olduğu belirtilse de birçok çalışmada rezin esaslı kök kanal dolgu patlarına göre daha düşük bağlanma dayanımına sahip olduğu gösterilmiştir (Lim, Jung, Shin, Cho, & Song, 2019).

Yapılan çalışmalarda, kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımının, kullanılan kök kanal doldurma tekniğine göre değişkenlik gösterdiği, ısının kalsiyum silikat bazlı kök kanal dolgu patlarının hidrasyon reaksiyonunu ve hidroksiapatit oluşumunu hızlandırabildiği bildirilmiştir (Dabaj, Kalender, & Unverdi Eldeniz, 2018). Yapılan farklı çalışmalarda hızlı sertleşmenin, akışkanlığı azalttığını ve kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının kök dentinine daha düşük bağlanma dayanımı göstermesine neden olduğu saptanmıştır (Josette Camilleri, 2015; Dabaj et al., 2018; Qu, Bai, Liang, & Gao, 2016). Bu nedenle kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının üretici talimatında tek kon tekniği önerilir. Biz de çalışmamızda üretici talimatlarına uygun olarak tek kon tekniği kullandık. Aynı zamanda kalsiyum silikat simanların sertleşme reaksiyonunun 3 hafta ve daha uzun sürdüğünü gösteren çalışmaların varlığı nedeniyle hazırladığımız örneklerle 3 haftalık bir süre sonunda push-out testi uyguladık (Chedella & Berzins, 2010; Gancedo-Caravia & Garcia-Barbero, 2006).

Donnermeyer ve ark. (2018) in vitro olarak yaptıkları bir çalışmada AH Plus, Total Fill BC Sealer, BioRoot RCS ve Endo CPM Sealer kök kanal dolgu patlarını kullanarak kanal tedavisi uygulanan köklere 8 haftalık bir inkübasyon süresinin sonunda kökün orta üçlüsünden 4 kesit alarak push-out testi uygulamışlardır. AH Plus 7.03 ± 2.41 MPa ile en yüksek bağlanma dayanımı değerini gösterirken AH Plus’ı sırasıyla; 3.52 ± 1.41 MPa ile Total Fill BC Sealer, 2.31 ± 1.31 MPa BioRoot RCS ve 1.60 ± 0.83 MPa ile Endo CPM Sealer izlemiştir. Türker ve ark. (2018) smear tabakasının BioRoot RCS kök kanal dolgu patının bağlanma dayanımı üzerine etkisini inceledikleri çalışmada; smear tabakası mevcutken BioRoot RCS’in bağlanma dayanımını 2.03 ± 0.47 MPa , smear tabakası uzaklaştırıldığında bağlanma dayanımını

1.97±0.46 MPa olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda gruplardan bağımsız olarak BioRoot RCS kök kanal dolgu patının bağlanma dayanımı 2,03±1.00 MPa ile bu çalışmalara benzer bir değer göstermektedir.

Endodontide kullandığımız yıkama solüsyonları, dentinin fiziksel ve kimyasal yapısında farklılıklara yol açarak kök kanal dolgu patlarının dentine bağlanma dayanımını etkilemektedir (Doğan & Çalt, 2001; Vilanova, Carvalho-Junior, Alfredo, Sousa-Neto, & Silva-Sousa, 2012). Bu nedenle farklı yıkama protokolleri ve kök kanal dolgu materyallerinin kombinasyonu klinik açıdan oldukça önemlidir (P Neelakantan et al., 2018). Farklı yıkama solüsyonlarının rezin esaslı kök kanal dolgu patlarının dentine bağlanma dayanımı üzerine etkileri daha önce birçok kez araştırılmıştır (Leal, Simão, Fidel, Fidel, & do Prado, 2015; Prado, Simão, & Gomes, 2013; Rocha et al., 2012; Vilanova et al., 2012) ; fakat biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarıyla ilgili yapılan çalışmalar sınırlıdır.

Örneklerimize uyguladığımız push-out test sonuçlarına göre en yüksek bağlanma dayanımı değeri 3,59±0,32 MPa ile son irrigasyonda %17 EDTA kullanılan grupta bulunmuştur. %17 EDTA grubunu sırasıyla; 1,94±0,27 MPa ile %2 CHX, 1,59±0,19 MPa ile %5,25 NaOCl ve 0,99±0,17 MPa ile %0.9 NaCl grubu izlemiştir.

EDTA'nın kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımı üzerindeki etkisine bakıldığında farklı sonuçlar ortaya çıktığı görülür. Bazı çalışmalarda EDTA kalsiyum silikat esaslı kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımını etkilemezken (Carvalho et al., 2017; Shokouhinejad, Hoseini, Gorjestani, & Shamshiri, 2013); bazı çalışmalarda bağlanma dayanımını arttırmıştır (Fouda & Hassan, 2019; Ibrahim & Nayif, 2015; Tuncel et al., 2015). EDTA, smear tabakasını uzaklaştırır ve diğer yıkama solüsyonlarına göre daha fazla dentin tübülünü açığa çıkarır; bu şekilde kök kanal dolgu patlarının dentine temas ettiği alan ve pat penetrasyonu artarak; kök dentinine yüksek bağlanma gösterdiği bildirilmiştir (Leal et al., 2015; Sayin et al., 2007; Torabinejad et al., 2002). Bununla birlikte EDTA'nın, şelatlama etkisi ile biyoseramiklerin hidrasyon reaksiyonları sırasında oluşan kalsiyum silikat hidrat jel oluşumunu engelleyerek (Y.-L. Lee et al., 2007; Watts, Holt, Beeson, Kirkpatrick, & Rutledge, 2007); dentine kimyasal bağlanma gösteren biyoseramik kök

kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımını azaltabildiği de gösterilmiştir (Schwartz, 2006).

Donnermeyer ve ark. (2019) kullanılan son yıkama solüsyonuna göre BioRoot RCS, AH Plus ve GuttaFlow2 kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımını 8 haftalık bir bekleme süresi sonunda karşılaştırmışlardır. Yapılan bu çalışmada AH Plus en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini verirken AH Plus kök kanal dolgu patını sırasıyla BioRoot RCS ve GuttaFlow2 izlemiştir. GuttaFlow2 kök kanal dolgu patının bağlanma dayanımını yıkama solüsyonları etkilememiştir. EDTA, AH Plus'ın bağlanma dayanımını arttırırken; BioRoot RCS'in bağlanma dayanımını azaltmıştır. Kullanılan diğer yıkama solüsyonları olan %2 CHX, %3 NaOCl, %20 sitrik asit ve %0,9 NaCl grupları arasında BioRoot RCS kök kanal dolgu patının bağlanma dayanımı için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Donnermeyer bu durumun dentin yüzeyinde Ca^{+2} iyonlarının azalmasına bağlı olarak kalsiyum silikat kök kanal dolgu materyallerine özgü “mineral infiltrasyon bölgesi” nin oluşmamasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir (Atmeh et al., 2012). Bizim çalışmamızda ise EDTA, BioRoot RCS'in bağlanma dayanımını arttırmıştır. Bu farklılığın bizim yıkama aktivasyonu sağlamak için EndoActivator kullanmamız, farklı bekleme süreleri sonunda push-out testi uygulamamız, kullandığımız yıkama solüsyonu hacmi, son yıkamadan önce distile su kullanmamızdan kaynaklanıyor olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda EDTA'dan sonra en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini CHX grubu vermiştir. CHX'in doku çözücü etkisi yoktur ve dentin içindeki kollajen fibrillere proteolitik etkinlik göstermez. Bu durum dentin yüzeyini daha hidrofilik yapmaktadır (Shokouhinejad, Sharifian, Jafari, & Sabeti, 2010; Wachlarowicz, Joyce, Roberts, & Pashley, 2007) Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları da yüksek hidrofilik özellikleriyle dentin tübülleri içindeki sıvıyı emer hidroksiapatit kristalleri oluşturarak dentine kimyasal bağlanma gösterir (BİLGİÇ & BODRUMLU; Kossev, 2009). Bu özellik nedeniyle CHX'in biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımını arttırdığını düşünmekteyiz.

Organik doku çözücü etkisiyle en yaygın solüsyon olarak kullanılan NaOCl, oksitleyici etkisi nedeniyle dentin yüzeyinde oksijenden zengin bir tabaka oluşturur.

Bu tabaka rezin esaslı kök kanal dolgu patlarının polimerizasyonunu olumsuz etkileyerek dentine daha zayıf bağlanmasına neden olur (Schwartz, 2006). NaOCl'nin, biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımı üzerine etkisi net değildir. %5,25 NaOCl ve %2 CHX yıkama solüsyonlarının Endosequence BC Sealer'in bağlanma dayanımının incelendiği bir çalışmada; %5,25 NaOCl kullanılan grupta %2 CHX grubuna göre daha yüksek değerler elde edilmiştir (Razmi, Bolhari, Dashti, & Fazlyab, 2016). Donnermeyer ve ark. (2019) yaptığı çalışmada ise %2 CHX solüsyonu BioRoot RCS'in bağlanma dayanımını %3 NaOCl solüsyonuna göre daha fazla arttırmış fakat aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda da %2 CHX BioRoot RCS'in bağlanma dayanımını %5,25 NaOCl'e göre daha fazla arttırmış ve aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çalışmamızda stereomikroskop altında kırık tiplerini değerlendirdiğimizde gruplardan bağımsız olarak en fazla karma kırık tipi gözlenmiştir. En az gözlenen kırık tipi ise kanal dolgu patı ve guttaperkanın kendi molekülleri arasında ayrılmasından kaynaklanan koheziv kırık tipi olmuştur. Yapılan iki farklı çalışmada BioRoot RCS'in push out testi uygulanan örneklerinde en fazla karma kırık tipi izlenmiş; bunu sırasıyla adeziv ve koheziv kırıkların izlediği saptanmıştır (Donnermeyer et al., 2018; Donnermeyer et al., 2019). Çalışmamızda gruplar ile kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p=0,380 > 0,05$); bu sonuç Donnermeyer ve ark. (2019) yaptığı çalışmayla uyumluluk göstermektedir. Donnermeyer ve ark. (2018) yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre push-out testi uygulanan örneklerde koheziv kırık tipinin çoğunlukla kök kanal dolgu patının dentine yüksek düzeyde bağlanmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre daha çok karma ve adeziv kırık tiplerinin görülmesi BioRoot RCS'in dentine olan bağlantısının rezin esaslı kanal dolgu patlarına göre zayıf olduğunu dentine olan bağlanma dayanımının arttırılması gerektiğini düşündürmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Eksternal kök rezorpsiyonunun tedavisinde; uzun süreli $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tedavisi yerine Ca^{+2} iyon salınımı yapan BioRoot RCS gibi biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patları kullanılabilir.
2. Eksternal kök rezorbsiyonunun tedavisinde BioRoot RCS gibi biyoseramik esaslı bir kök kanal dolgu patı kullanıldığı zaman son yıkamada %2 CHX kullanılmamalıdır.
3. Kalsiyum iyon salınımı değerlerine bakıldığında %17 EDTA, %5,25 NaOCl, %2 CHX solüsyonları ilk 14 günlük sürede kontrol grubu olan %0,9 NaCl solüsyonuna göre daha yüksek değerler göstermişlerdir. 14 günlük süre sonunda %2 CHX grubu %17 EDTA grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük değerler vermiştir ($p<0,05$).
4. Kök yüzeyine iyon diffüzyonunu kök dentin geçirgenliği etkilemektedir.
5. Kullanılan tüm yıkama solüsyonları BioRoot RCS kök kanal dolgu patının bağlanma dayanımını kontrol grubu %0,9 NaCl solüsyonuna göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırmıştır ($p<0,05$).
6. BioRoot RCS kök kanal dolgu patı için en yüksek bağlanma dayanımı değerleri sırasıyla %17 EDTA, %2 CHX ve %5, 25 NaOCl solüsyonlarında izlenmiştir. BioRoot RCS kök kanal dolgu patının dentine bağlanma dayanımını arttırmak için son yıkamada %17 EDTA kullanılabilir.
7. Kırık tipleri ve yıkama solüsyonları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. En fazla karma kırık tipi, en az koheziv kırık tipi izlenmiştir. Bu durum bize BioRoot RCS kök kanal dolgu patının dentine adezyon özelliğinin iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir.
8. Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının fiziksel özellikleri ile ilgili kısıtlı olan in vitro çalışmalara sonuçlarımızın katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

- Alsubait, S., Albader, S., Alajlan, N., Alkhunaini, N., Niazy, A., & Almahdy, A. (2019). Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate-and epoxy resin-based endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms: a confocal laser-scanning microscopy analysis. *Odontology*, 107(4), 513-520.
- Anbu, R., Nandini, S., & Velmurugan, N. (2010). Volumetric analysis of root fillings using spiral computed tomography: an in vitro study. *International Endodontic Journal*, 43(1), 64-68.
- Ari, H., Erdemir, A., & Belli, S. (2004). Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. *Journal of endodontics*, 30(11), 792-795.
- Arias-Moliz, M., & Camilleri, J. (2016). The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. *Journal of Dentistry*, 52, 30-36.
- Aşçı, S. K. (2014). Endodonti. *Quintessence yayıncılık*.
- Athanassiadis, B., Abbott, P., & Walsh, L. J. (2007). The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Australian dental journal*, 52, S64-S82.
- Atmeh, A., Chong, E., Richard, G., Festy, F., & Watson, T. (2012). Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of Dental Research*, 91(5), 454-459.
- Babb, B. R., Loushine, R. J., Bryan, T. E., Ames, J. M., Causey, M. S., Kim, J., . . . Tay, F. R. (2009). Bonding of self-adhesive (self-etching) root canal sealers to radicular dentin. *Journal of Endodontics*, 35(4), 578-582.
- Bakland, L. K. (1992). Root resorption. *Dental Clinics of North America*, 36(2), 491-507.
- Baras, B. H., Wang, S., Melo, M. A. S., Tay, F., Fouad, A. F., Arola, D. D., . . . Xu, H. H. (2019). Novel bioactive root canal sealer with antibiofilm and remineralization properties. *Journal of dentistry*, 83, 67-76.
- Barkhordar, R. A., Watanabe, L. G., Marshall, G. W., & Hussain, M. Z. (1997). Removal of intracanal smear by doxycycline in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 84(4), 420-423.
- Basrani, B. (2015). *Endodontic irrigation: Chemical disinfection of the root canal system*: Springer.
- Basrani, B., Ghanem, A., & Tjäderhane, L. (2004). Physical and chemical properties of chlorhexidine and calcium hydroxide-containing medications. *Journal of endodontics*, 30(6), 413-417.
- Basrani, B., Tjäderhane, L., Santos, J. M., Pascon, E., Grad, H., Lawrence, H. P., & Friedman, S. (2003). Efficacy of chlorhexidine-and calcium hydroxide-containing medicaments against *Enterococcus faecalis* in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(5), 618-624.
- Basrani, B. R., Manek, S., Sodhi, R. N., Fillery, E., & Manzur, A. (2007). Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. *Journal of endodontics*, 33(8), 966-969.

- Baumgartner, J. C., & Mader, C. L. (1987). A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of Endodontics*, 13(4), 147-157.
- Best, S., Porter, A., Thian, E., & Huang, J. (2008). Bioceramics: past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*, 28(7), 1319-1327.
- Bidar, M., Sadeghalhoseini, N., Forghani, M., & Attaran, N. (2014). Effect of the smear layer on apical seals produced by two calcium silicate-based endodontic sealers. *Journal of oral science*, 56(3), 215-219.
- Bighetti Trevisan, R. L., Scatolin, R. S., Castro Raucci, L. M. S. d., Raucci Neto, W., & Froner, I. C. (2018). Effects of EDTA gel and chlorhexidine gel on root dentin permeability. *Microscopy Research and Technique*, 81(2), 191-197.
- BİLGİÇ, A., & BODRUMLU, E. BİYOSERAMİK ESASLI KÖK KANAL PATLARI: Derleme. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(4).
- Bjelović, L., Krunić, J., Stojanović, N., Erić, J., & Kanjevac, T. (2018). Evaluation of permeability of root dentin after different irrigation protocols. *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo*, 146(9-10), 492-497.
- Blank-Gonçalves, L. M., Nabeshima, C. K., Martins, G. H. R., & de Lima Machado, M. E. (2011). Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics*, 37(9), 1268-1271.
- Borges, R., Sousa-Neto, M., Versiani, M., Rached-Júnior, F., De-Deus, G., Miranda, C., & Pécora, J. (2012). Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International endodontic journal*, 45(5), 419-428.
- Boyde, A., Switsur, V., & Stewart, A. (1962). An assessment of two new physical methods applied to the study of dental tissues. *Archives of Oral Biology*, 7, 185-193.
- Broekaert, J. A. (2006). *Analytical atomic spectrometry with flames and plasmas*: John Wiley & Sons.
- Byström, A., & Sunqvist, G. (1985). The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International endodontic journal*, 18(1), 35-40.
- Calt, S., & Serper, A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of endodontics*, 28(1), 17-19.
- Camilleri, J. (2015). Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *Journal of endodontics*, 41(1), 72-78.
- Camilleri, J., & Gandolfi, M. (2010). Evaluation of the radiopacity of calcium silicate cements containing different radiopacifiers. *International endodontic journal*, 43(1), 21-30.
- Camps, J., Jeanneau, C., El Ayachi, I., Laurent, P., & About, I. (2015). Bioactivity of a calcium silicate-based endodontic cement (BioRoot RCS): Interactions with human periodontal ligament cells in vitro. *Journal of endodontics*, 41(9), 1469-1473.
- Carvalho, N., Prado, M., Senna, P., Neves, A., Souza, E., Fidel, S., . . . Silva, E. (2017). Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *International Endodontic Journal*, 50(6), 612-619.

- Cekic-Nagas, I., Ergun, G., Nagas, E., Tezvergil, A., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2008). Comparison between regional micropush-out and microtensile bond strength of resin composite to dentin. *Acta Odontologica Scandinavica*, 66(2), 73-81.
- Chang, S.-W., Lee, S.-Y., Kang, S.-K., Kum, K.-Y., & Kim, E.-C. (2014). In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, Sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iRoot SP root canal sealer. *Journal of endodontics*, 40(10), 1642-1648.
- Chedella, S., & Berzins, D. (2010). A differential scanning calorimetry study of the setting reaction of MTA. *International Endodontic Journal*, 43(6), 509-518.
- Collares, F., Portella, F., Rodrigues, S., Celeste, R., Leitune, V., & Samuel, S. (2016). The influence of methodological variables on the push-out resistance to dislodgement of root filling materials: a meta-regression analysis. *International endodontic journal*, 49(9), 836-849.
- Çalışkan, M. K. (2006). *Endodontide tanı ve tedaviler*: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Dabaj, P., Kalender, A., & Unverdi Eldeniz, A. (2018). Push-out bond strength and SEM evaluation in roots filled with two different techniques using new and conventional sealers. *Materials*, 11(9), 1620.
- de Almeida Rodrigues, P., Nassar, R. d. S. F., da Silva, T. S., Pedrinha, V. F., & Alexandrino, L. D. (2019). Effects of Different NaOCl Concentrations Followed by 17% EDTA on Dentin Permeability. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 20(7), 839.
- de Miranda Candeiro, G. T., Correia, F. C., Duarte, M. A. H., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *Journal of endodontics*, 38(6), 842-845.
- de Oliveira, N. G., de Souza Araújo, P. R., da Silveira, M. T., Sobral, A. P. V., & de Vasconcelos Carvalho, M. (2018). Comparison of the biocompatibility of calcium silicate-based materials to mineral trioxide aggregate: Systematic review. *European journal of dentistry*, 12(02), 317-326.
- Denton, G. W. (1991). Dis-infection, sterilization and preservative. *Chlorhexidine*.
- Dimitrova-Nakov, S., Uzunoglu, E., Ardila-Osorio, H., Baudry, A., Richard, G., Kellermann, O., & Goldberg, M. (2015). In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dental Materials*, 31(11), 1290-1297.
- Dogan, H. (2001). Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod*, 27, 578-580.
- Doğan, H., & Çalt, S. (2001). Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *Journal of Endodontics*, 27(9), 578-580.
- Donnermeyer, D., Dornseifer, P., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2018). The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head & face medicine*, 14(1), 1-7.
- Donnermeyer, D., Vahdat-Pajouh, N., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2019). Influence of the final irrigation solution on the push-out bond strength of calcium silicate-based, epoxy resin-based and silicone-based endodontic sealers. *Odontology*, 107(2), 231-236.
- Drummond, J., Sakaguchi, R., Racean, D., Wozny, J., & Steinberg, A. (1996). Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *Journal of Biomedical*

- Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials*, 32(4), 533-541.
- Duarte, M. A. H., Balan, N. V., Zeferino, M. A., Vivan, R. R., Morais, C. A. H., Tanomaru-Filho, M., . . . Moraes, I. G. (2012). Effect of ultrasonic activation on pH and calcium released by calcium hydroxide pastes in simulated external root resorption. *Journal of Endodontics*, 38(6), 834-837.
- Dudeja, C., Taneja, S., Kumari, M., & Singh, N. (2015). An in vitro comparison of effect on fracture strength, pH and calcium ion diffusion from various biomimetic materials when used for repair of simulated root resorption defects. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 18(4), 279.
- Dunavant, T. R., Regan, J. D., Glickman, G. N., Solomon, E. S., & Honeyman, A. L. (2006). Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Journal of endodontics*, 32(6), 527-531.
- Ebdon, L., Fisher, A. S., & Hill, S. (1998). *An introduction to analytical atomic spectrometry*: John Wiley & Sons.
- Endodontists, A. (2003). Glossary of Endodontic Terms. *Chicago: American Association of Endodontists*.
- Estrela, C., Estrela, C. R., Barbin, E. L., Spanó, J. C. E., Marchesan, M. A., & Pécora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian dental journal*, 13(2), 113-117.
- Estrela, C., Sydney, G. B., Bammann, L. L., & Felipe Junior, O. (1995). Mechanism of the action of calcium and hydroxy ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria.
- EYMİRLİ, A., & SERPER, A. (2010). Endodontide kalsiyum hidroksit kullanımı. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences Special Topics*, 1(3), 16-23.
- Ferguson, D. B., Marley, J. T., & Hartwell, G. R. (2003). The effect of chlorhexidine gluconate as an endodontic irrigant on the apical seal: long-term results. *Journal of endodontics*, 29(2), 91-94.
- Ferracane, J. L. (2005). Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dental Materials*, 21(1), 36-42.
- Ferraz, C. C. R., de Almeida Gomes, B. P. F., Zaia, A. A., Teixeira, F. B., & de Souza-Filho, F. J. (2001). In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of endodontics*, 27(7), 452-455.
- Fisher, M. A., Berzins, D. W., & Bahcall, J. K. (2007). An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *Journal of Endodontics*, 33(7), 856-858.
- Foreman, P., & Barnes, I. (1990). A review of calcium hydroxide. *International endodontic journal*, 23(6), 283-297.
- Foster, K. H., Kulild, J. C., & Weller, R. N. (1993). Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. *Journal of endodontics*, 19(3), 136-140.
- Fouda, F. S., & Hassan, M. (2019). Evaluation of the Effect of Irrigating Solutions on Push out Bond Strength of Bio-ceramic and Resin Based Endodontic Sealers. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, 6(3), 299-304.

- Frais, S., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2001). Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *International endodontic journal*, 34(3), 206-215.
- França, M. C. M., da Silva, T. M., Queiroz, R. C., Bin, C. V., Cardoso, F. G. D. R., & Valera, M. C. (2019). Diffusion of hydroxyl ion on external root surface using different irrigating solutions: An In vitro study. *Indian Journal of Dental Research*, 30(3), 414.
- Gancedo-Caravia, L., & Garcia-Barbero, E. (2006). Influence of humidity and setting time on the push-out strength of mineral trioxide aggregate obturations. *Journal of Endodontics*, 32(9), 894-896.
- Gandhi, B., Bollineni, S., Janga, R. K., Saraswati, D., & Babu, M. R. (2016). Evaluating the Effect of CPP-ACP as a Final Irrigant in Improving the Micro-Hardness of Erosive Root Dentin and its Influence on the Bond Strength of Self Etch Resin Sealer—An In-vitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 10(8), ZC53.
- Giacomino, C. M., Wealleans, J. A., Kuhn, N., & Diogenes, A. (2019). Comparative biocompatibility and osteogenic potential of two bioceramic sealers. *Journal of endodontics*, 45(1), 51-56.
- Gogos, C., Economides, N., Stavrianos, C., Kolokouris, I., & Kokorikos, I. (2004). Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *Journal of endodontics*, 30(4), 238-240.
- Goldberg, F., & Abramovich, A. (1977). Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *Journal of endodontics*, 3(3), 101-105.
- Gomes, B. P., Vianna, M. E., Zaia, A. A., Almeida, J. F. A., Souza-Filho, F. J., & Ferraz, C. C. (2013). Chlorhexidine in endodontics. *Brazilian dental journal*, 24(2), 89-102.
- Goracci, C., Tavares, A. U., Fabianelli, A., Monticelli, F., Raffaelli, O., Cardoso, P. C., . . . Ferrari, M. (2004). The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European Journal of Oral Sciences*, 112(4), 353-361.
- Greenstein, G., Berman, C., & Jaffin, R. (1986). Chlorhexidine: an adjunct to periodontal therapy. *Journal of periodontology*, 57(6), 370-377.
- Gu, L.-s., Kim, J. R., Ling, J., Choi, K. K., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2009). Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*, 35(6), 791-804.
- Güven, E., Taşlı, P., Yalvac, M., Sofiev, N., Kayahan, M., & Sahin, F. (2013). In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *International endodontic journal*, 46(12), 1173-1182.
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*, 54(2), 291-312.
- Hakki, S. S., Bozkurt, S. B., Hakki, E. E., & Belli, S. (2009). Effects of mineral trioxide aggregate on cell survival, gene expression associated with mineralized tissues, and biomineralization of cementoblasts. *Journal of endodontics*, 35(4), 513-519.
- HAMMARSTRÖM, L., & LINDSKOG, S. (1985). General morphological aspects of resorption of teeth and alveolar bone. *International Endodontic Journal*, 18(2), 93-108.

- Han, L., & Okiji, T. (2013). Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *International endodontic journal*, 46(9), 808-814.
- Hargreaves, K. (2011). Cohen's pathways of the pulp tenth edition. *Mosby Elsevier*. St. Louis, Mo, USA.
- Hargreaves, K. M., & Berman, L. H. (2015). *Cohen's pathways of the pulp expert consult*: Elsevier Health Sciences.
- Hashem, A. A. R., Ghoneim, A. G., Lutfy, R. A., & Fouda, M. Y. (2009). The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *Journal of Endodontics*, 35(4), 537-540.
- Hisada, A., Nakamura, K., Toyota, Y., Maeda, A., Yoshihara, T., & Yawaka, Y. (2019). Effects of root canal irrigations on intracanal medication with calcium hydroxide effects in root external resorption models. *Pediatric Dental Journal*, 29(1), 17-22.
- Hülsmann, M., Heckendorff, M., & Lennon, A. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International endodontic journal*, 36(12), 810-830.
- Ibrahim, N. K., & Nayif, M. M. (2015). Bond strength of Endosequence Bioceramic sealer to root canal dentine irrigated with different solutions. *Int J Enhanc Res Sci Tech Eng*, 4, 136-139.
- Jafari, F., Jafari, S., & Etesamnia, P. (2017). Genotoxicity, bioactivity and clinical properties of calcium silicate based sealers: a literature review. *Iranian endodontic journal*, 12(4), 407.
- Jensen, S. A., Walker, T. L., Hutter, J. W., & Nicoll, B. K. (1999). Comparison of the cleaning efficacy of passive sonic activation and passive ultrasonic activation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics*, 25(11), 735-738.
- Kanisavaran, Z. M. (2008). Chlorhexidine gluconate in endodontics: an update review. *International dental journal*, 58(5), 247-257.
- Kawasaki, K., Ruben, J., Stokroos, I., Takagi, O., & Arends, J. (1999). The remineralization of EDTA-treated human dentine. *Caries research*, 33(4), 275-280.
- Khalil, I., Naaman, A., & Camilleri, J. (2016). Properties of tricalcium silicate sealers. *Journal of Endodontics*, 42(10), 1529-1535.
- Koch, K., Brave, D., & Nasseh, A. (2012). A review of bioceramic technology in endodontics. *CE article*, 4, 6-12.
- Kossev, A. D. (2009). Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers.
- Koulaouzidou, E. A., Margelos, J., Beltes, P., & Kortsaris, A. H. (1999). Cytotoxic effects of different concentrations of neutral and alkaline EDTA solutions used as root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 25(1), 21-23.
- Kuruvilla, J. R., & Kamath, M. P. (1998). Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *Journal of endodontics*, 24(7), 472-476.
- Le Bell, A.-M., Lassila, L. V., Kangasniemi, I., & Vallittu, P. K. (2005). Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. *Journal of dentistry*, 33(7), 533-539.

- Leal, F., Simão, R. A., Fidel, S. R., Fidel, R. A. S., & do Prado, M. (2015). Effect of final irrigation protocols on push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer to dentin. *Australian Endodontic Journal*, 41(3), 135-139.
- Lee, K.-W., Williams, M. C., Camps, J. J., & Pashley, D. H. (2002). Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *Journal of endodontics*, 28(10), 684-688.
- Lee, S.-J., Monsef, M., & Torabinejad, M. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of endodontics*, 19(11), 541-544.
- Lee, Y.-L., Lin, F.-H., Wang, W.-H., Ritchie, H., Lan, W.-H., & Lin, C.-P. (2007). Effects of EDTA on the hydration mechanism of mineral trioxide aggregate. *Journal of dental research*, 86(6), 534-538.
- Levin, L., & Trope, M. (2002). Root resorption. *Seltzer and Bender's dental pulp*, 425-448.
- Li, X., Yoshihara, K., De Munck, J., Cokic, S., Pongprueksa, P., Putzeys, E., . . . Van Meerbeek, B. (2017). Modified tricalcium silicate cement formulations with added zirconium oxide. *Clinical oral investigations*, 21(3), 895-905.
- Lim, M., Jung, C., Shin, D.-H., Cho, Y.-b., & Song, M. (2019). Calcium silicate-based root canal sealers: a literature review. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 45.
- Lohbauer, U., Gambarini, G., Ebert, J., Dasch, W., & Petschelt, A. (2005). Calcium release and pH-characteristics of calcium hydroxide plus points. *International Endodontic Journal*, 38(10), 683-689.
- Malmgren, O., & Levander, E. (2003). Minimizing Orthodontically Induced Root Resorption: Guidelines Based on a Review of Clinical Studies. *World Journal of Orthodontics*, 4(1).
- Martinho, F. C., & Gomes, B. P. (2008). Quantification of endotoxins and cultivable bacteria in root canal infection before and after chemomechanical preparation with 2.5% sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, 34(3), 268-272.
- Matsumoto, S., Hayashi, M., Suzuki, Y., Suzuki, N., Maeno, M., & Ogiso, B. (2013). Calcium ions released from mineral trioxide aggregate convert the differentiation pathway of C2C12 cells into osteoblast lineage. *Journal of endodontics*, 39(1), 68-75.
- McComb, D., & Smith, D. C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of endodontics*, 1(7), 238-242.
- Mjör, I., Smith, M., Ferrari, M., & Mannocci, F. (2001). The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal*, 34(5), 346-353.
- Mohammadi, Z. (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International dental journal*, 58(6), 329-341.
- Mohammadi, Z., & Abbott, P. (2009). The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. *International endodontic journal*, 42(4), 288-302.
- Mohammadi, Z., & Dummer, P. M. H. (2011). Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International endodontic journal*, 44(8), 697-730.
- Mohammadi, Z., Shalavi, S., & Jafarzadeh, H. (2013). Ethylenediaminetetraacetic acid in endodontics. *European journal of dentistry*, 7(S 01), S135-S142.

- Nagas, E., Cehreli, Z. C., Durmaz, V., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2007). Regional push-out bond strength and coronal microleakage of Resilon after different light-curing methods. *Journal of Endodontics*, 33(12), 1464-1468.
- Ne, R. F., Witherspoon, D. E., & Gutmann, J. L. (1999). Tooth resorption. *QUINTESSENCE INTERNATIONAL-ENGLISH EDITION*-, 30, 9-26.
- Neelakantan, P., Ahmed, H., Wong, M., Matinlinna, J., & Cheung, G. (2018). Effect of root canal irrigation protocols on the dislocation resistance of mineral trioxide aggregate-based materials: A systematic review of laboratory studies. *International endodontic journal*, 51(8), 847-861.
- Neelakantan, P., Sharma, S., Shemesh, H., & Wesselink, P. R. (2015). Influence of irrigation sequence on the adhesion of root canal sealers to dentin: a Fourier transform infrared spectroscopy and push-out bond strength analysis. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1108-1111.
- Okino, L., Siqueira, E., Santos, M., Bombana, A., & Figueiredo, J. (2004). Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *International endodontic journal*, 37(1), 38-41.
- Oliveira, L. D., Carvalho, C. A. T., Nunes, W., Valera, M. C., Camargo, C. H. R., & Jorge, A. O. C. (2007). Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 104(4), e125-e128.
- Ørstavik, D. (1983). Physical properties of root canal sealers: measurement of flow, working time, and compressive strength. *International Endodontic Journal*, 16(3), 99-107.
- ÖB, H. (2012). Biyoseramik esaslı kanal patı Tech biosealer. *İstanbul Diş Hek Oda Derg*, 143, 52-53.
- Pandis, N., Nasika, M., Polychronopoulou, A., & Eliades, T. (2008). External apical root resorption in patients treated with conventional and self-ligating brackets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 134(5), 646-651.
- Parirokh, M., Torabinejad, M., & Dummer, P. (2018). Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part I: vital pulp therapy. *International endodontic journal*, 51(2), 177-205.
- Parsons, G. J., Patterson, S. S., Miller, C. H., Katz, S., Kafrawy, A. H., & Newton, C. W. (1980). Uptake and release of chlorhexidine by bovine pulp and dentin specimens and their subsequent acquisition of antibacterial properties. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 49(5), 455-459.
- Pascon, F. M., Kantovitz, K. R., Cavallaro, F. D., & Puppini-Rontani, R. M. (2012). Permeability and smear layer removal: effects of different chemical agents on the primary root dentin. *Pediatric dentistry*, 34(4), 81E-85E.
- Pascon, F. M., Kantovitz, K. R., Sacramento, P. A., Nobre-dos-Santos, M., & Puppini-Rontani, R. M. (2009). Effect of sodium hypochlorite on dentine mechanical properties. A review. *Journal of dentistry*, 37(12), 903-908.
- Pécora, J. D., Cussioli, A. L., Guerisoli, D., Marchesan, M. A., Sousa-Neto, M. D., & Brugnera Junior, A. (2001). Evaluation of Er: YAG laser and EDTAC on dentin adhesion of six endodontic sealers. *Braz Dent J*, 12(1), 27-30.
- Perdigão, J., Eiriksson, S., Rosa, B. T., Lopes, M., & Gomes, G. (2001). Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence International*, 32(2).

- Pest, L. B., Cavalli, G., Bertani, P., & Gagliani, M. (2002). Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dental Materials*, 18(8), 596-602.
- Poggio, C., Dagna, A., Ceci, M., Meravini, M.-V., Colombo, M., & Pietrocola, G. (2017). Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: a comparative study. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9(10), e1189.
- Poggio, C., Trovati, F., Ceci, M., Colombo, M., & Pietrocola, G. (2017). Antibacterial activity of different root canal sealers against *Enterococcus faecalis*. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9(6), e743.
- Prado, M., Simão, R. A., & Gomes, B. P. (2013). Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *Journal of Endodontics*, 39(5), 689-692.
- Prati, C., & Gandolfi, M. G. (2015). Calcium silicate bioactive cements: biological perspectives and clinical applications. *Dental Materials*, 31(4), 351-370.
- Qu, W., Bai, W., Liang, Y.-H., & Gao, X.-J. (2016). Influence of warm vertical compaction technique on physical properties of root canal sealers. *Journal of endodontics*, 42(12), 1829-1833.
- Quintana, R. M., Jardine, A. P., Grechi, T. R., Grazziotin-Soares, R., Ardenghi, D. M., Scarpato, R. K., . . . Kopper, P. M. P. (2019). Bone tissue reaction, setting time, solubility, and pH of root repair materials. *Clinical oral investigations*, 23(3), 1359-1366.
- Rajasekharan, S., Vercruysse, C., Martens, L., & Verbeeck, R. (2018). Effect of exposed surface area, volume and environmental pH on the calcium ion release of three commercially available tricalcium silicate based dental cements. *Materials*, 11(1), 123.
- Razmi, H., Bolhari, B., Dashti, N. K., & Fazlyab, M. (2016). The effect of canal dryness on bond strength of bioceramic and epoxy-resin sealers after irrigation with sodium hypochlorite or chlorhexidine. *Iranian endodontic journal*, 11(2), 129.
- Reszka, P., Nowicka, A., Lipski, M., Dura, W., Drożdżik, A., & Woźniak, K. (2016). A comparative chemical study of calcium silicate-containing and epoxy resin-based root canal sealers. *BioMed research international*, 2016.
- Roberson, T., Heymann, H., & Swift, E. (2002). Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry St Louis. *Missouri, Mosby*.
- Rocha, A. W., de Andrade, C. D., Leitune, V. C. B., Collares, F. M., Samuel, S. M. W., Grecca, F. S., . . . dos Santos, R. B. (2012). Influence of endodontic irrigants on resin sealer bond strength to radicular dentin. *The Bulletin of Tokyo Dental College*, 53(1), 1-7.
- Rosenthal, S., Spångberg, L., & Safavi, K. (2004). Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 98(4), 488-492.
- Roydhouse, R. H. (1970). Punch-shear test for dental purposes. *Journal of Dental Research*, 49(1), 131-136.
- Rödig, T., Bozkurt, M., Konietschke, F., & Hülsmann, M. (2010). Comparison of the Vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *Journal of Endodontics*, 36(8), 1410-1413.

- Rutala, W. A., & Weber, D. J. (1997). Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities. *Clinical microbiology reviews*, 10(4), 597-610.
- Sabins, R. A., Johnson, J. D., & Hellstein, J. W. (2003). A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. *Journal of Endodontics*, 29(10), 674-678.
- Saghiri, M. A., Shokouhinejad, N., Lotfi, M., Aminsobhani, M., & Saghiri, A. M. (2010). Push-out bond strength of mineral trioxide aggregate in the presence of alkaline pH. *Journal of Endodontics*, 36(11), 1856-1859.
- Saleh, I. M., Ruyter, I. E., Haapasalo, M. P., & Ørstavik, D. (2003). Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *Journal of endodontics*, 29(9), 595-601.
- Sassone, L. M., Fidel, R. A. S., Murad, C. F., Fidel, S. R., & Hirata Jr, R. (2008). Antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine by two different tests. *Australian Endodontic Journal*, 34(1), 19-24.
- Sayin, T. C., Serper, A., Cehreli, Z. C., & Kalayci, S. (2007). Calcium loss from root canal dentin following EDTA, EGTA, EDTAC, and tetracycline-HCl treatment with or without subsequent NaOCl irrigation. *Journal of Endodontics*, 33(5), 581-584.
- Schäfer, E., & Zandbiglari, T. (2003). Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International endodontic journal*, 36(10), 660-669.
- Schwartz, R. S. (2006). Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system—the promise and the problems: a review. *Journal of Endodontics*, 32(12), 1125-1134.
- Schwartz, R. S., & Fransman, R. (2005). Adhesive dentistry and endodontics: materials, clinical strategies and procedures for restoration of access cavities: a review. *Journal of endodontics*, 31(3), 151-165.
- Selem, L. C., Li, G.-h., Niu, L.-n., Bergeron, B. E., Bortoluzzi, E. A., Chen, J.-h., . . . Tay, F. R. (2014). Quality of obturation achieved by a non-gutta-percha-based root filling system in single-rooted canals. *Journal of Endodontics*, 40(12), 2003-2008.
- Serper, A., & Çalt, S. (2002). The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *Journal of endodontics*, 28(7), 501-502.
- Serper, A., Çalt, S., Dogan, A. L., Guc, D., Özçgelik, B., & Kuraner, T. (2001). Comparison of the cytotoxic effects and smear layer removing capacity of oxidative potential water, NaOCl and EDTA. *Journal of oral science*, 43(4), 233-238.
- Shahravan, A., Haghdoost, A.-A., Adl, A., Rahimi, H., & Shadifar, F. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of endodontics*, 33(2), 96-105.
- Shokouhinejad, N., Hoseini, A., Gorjestani, H., & Shamshiri, A. R. (2013). The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer. *Iranian endodontic journal*, 8(1), 10.
- Shokouhinejad, N., Sharifian, M. R., Jafari, M., & Sabeti, M. A. (2010). Push-out bond strength of Resilon/Epiphany self-etch and gutta-percha/AH26 after different irrigation protocols. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 110(5), e88-e92.

- Siboni, F., Taddei, P., Zamparini, F., Prati, C., & Gandolfi, M. (2017). Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *International Endodontic Journal*, 50, e120-e136.
- Simon, S., & Flouriot, A.-C. (2016). BioRoot™ RCS a new biomaterial for root canal filling. *J Case Studies Collection*, 13, 4-11.
- Siqueira Jr, J., & Lopes, H. (1999). Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *International endodontic journal*, 32(5), 361-369.
- Siqueira Jr, J. F., Batista, M. M., Fraga, R. C., & de Uzeda, M. (1998). Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *Journal of endodontics*, 24(6), 414-416.
- Souza, S. d. F. C., Francci, C., Bombana, A. C., Kenshima, S., Barroso, L. P., D'Agostino, L. Z., & Loguercio, A. D. (2012). Qualitative SEM/EDS analysis of microleakage and apical gap formation of adhesive root-filling materials. *Journal of Applied Oral Science*, 20(3), 329-334.
- Spratt, D., Pratten, J., Wilson, M., & Gulabivala, K. (2001). An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *International endodontic journal*, 34(4), 300-307.
- Stiegemeier, D., Baumgartner, J. C., & Ferracane, J. (2010). Comparison of push-out bond strengths of Resilon with three different sealers. *Journal of Endodontics*, 36(2), 318-321.
- Tagger, M., Tagger, E., Tjan, A. H., & Bakland, L. K. (2002). Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *Journal of Endodontics*, 28(5), 351-354.
- TARHAN, S. Ç., & UZUNOĞLU, E. (2010). Kök kanal dolgu maddeleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences Special Topics*, 1(3), 1-15.
- Teixeira, C. S., Alfredo, E., Thomé, L. H. d. C., Gariba-Silva, R., Silva-Sousa, Y. T. C., & Sousa-Neto, M. D. (2009). Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta-percha: shear and push-out bond strength measurements and SEM analysis. *Journal of Applied Oral Science*, 17(2), 129-135.
- Timpawat, S., Vongsavan, N., & Messer, H. H. (2001). Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. *Journal of Endodontics*, 27(5), 351-353.
- Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A. A., & Bakland, L. K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 94(6), 658-666.
- Torabinejad, M., & Walton, R. E. (2009). *Endodontics: Principles and Practice*. St. Louis: Saunders. In: Elsevier.
- Tronstad, L. (1988). Root resorption—etiology, terminology and clinical manifestations. *Dental Traumatology*, 4(6), 241-252.
- Tuncel, B., Nagas, E., Cehreli, Z., Uyanik, O., Vallittu, P., & Lassila, L. (2015). Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian oral research*, 29(1), 1-6.
- Türker, S. A., Uzunoğlu, E., & Purali, N. (2018). Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 12(4), 294.
- Tyagi, S., Mishra, P., & Tyagi, P. (2013). Evolution of root canal sealers: An insight story. *European Journal of General Dentistry*, 2(3), 199.

- Urban, K., Neuhaus, J., Donnermeyer, D., Schäfer, E., & Dammaschke, T. (2018). Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: A long-term investigation. *Journal of endodontics*, 44(11), 1736-1740.
- Viapiana, R., Flumignan, D., Guerreiro-Tanomaru, J., Camilleri, J., & Tanomaru-Filho, M. (2014). Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *International endodontic journal*, 47(5), 437-448.
- Viapiana, R., Moinzadeh, A., Camilleri, L., Wesselink, P., Tanomaru Filho, M., & Camilleri, J. (2016). Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *International endodontic journal*, 49(8), 774-782.
- Vilanova, W., Carvalho-Junior, J., Alfredo, E., Sousa-Neto, M., & Silva-Sousa, Y. (2012). Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *International Endodontic Journal*, 45(1), 42-48.
- Violich, D., & Chandler, N. (2010). The smear layer in endodontics—a review. *Int Endod J*, 43(1), 2-15.
- Vivacqua-Gomes, N., Ferraz, C., Gomes, B., Zaia, A., Teixeira, F., & Souza-Filho, F. (2002). Abstract. *International endodontic journal*, 35(9), 791-795.
- Wachlarowicz, A. J., Joyce, A. P., Roberts, S., & Pashley, D. H. (2007). Effect of endodontic irrigants on the shear bond strength of epiphany sealer to dentin. *Journal of Endodontics*, 33(2), 152-155.
- Watts, J. D., Holt, D. M., Beeson, T. J., Kirkpatrick, T. C., & Rutledge, R. E. (2007). Effects of pH and mixing agents on the temporal setting of tooth-colored and gray mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, 33(8), 970-973.
- Weis, M. V., Parashos, P., & Messer, H. (2004). Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal*, 37(10), 653-663.
- Wu, M. K., & Wesselink, P. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *Int Endod J*, 26(1), 37-43.
- Yamashita, J., Tanomaru Filho, M., Leonardo, M., Rossi, M., & Silva, L. (2003). Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *International Endodontic Journal*, 36(6), 391-394.
- Yamashita, J. C., Tanomaru Filho, M., Leonardo, M. R., Rossi, M. A., & Silva, L. A. B. d. (2003). Scanning electron microscopic study of the cleaning ability of chlorhexidine as a root-canal irrigant. *International endodontic journal*, 36(6), 391-394.
- Yang, Q., Troczynski, T., & Liu, D.-M. (2002). Influence of apatite seeds on the synthesis of calcium phosphate cement. *Biomaterials*, 23(13), 2751-2760.
- Yang, S.-E., & Bae, K.-S. (2002). Scanning electron microscopy study of the adhesion of *Prevotella nigrescens* to the dentin of prepared root canals. *Journal of endodontics*, 28(6), 433-437.
- Yoo, J. S., Chang, S.-W., Oh, S. R., Perinpanayagam, H., Lim, S.-M., Yoo, Y.-J., . . . Zhu, Q. (2014). Bacterial entombment by intratubular mineralization following orthograde mineral trioxide aggregate obturation: a scanning electron microscopy study. *International journal of oral science*, 6(4), 227-232.

- Zaidi, M., Pazianas, M., Shankar, V., Bax, B., Bax, C., Bevis, P., . . . Moonga, B. (1993). Osteoclast function and its control. *Experimental Physiology: Translation and Integration*, 78(6), 721-739.
- Zamany, A., Safavi, K., & Spångberg, L. S. (2003). The effect of chlorhexidine as an endodontic disinfectant. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 96(5), 578-581.
- Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 32(5), 389-398.
- Zhou, H.-m., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y.-f., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of endodontics*, 39(10), 1281-1286.
- Zhu, L., Li, Y., Chen, Y.-C., Carrera, C. A., Wu, C., & Fok, A. (2018). Comparison between two post-dentin bond strength measurement methods. *Scientific reports*, 8(1), 1-8.



8. EKLER

8.1. Etik Kurul Onayı



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Etik Kurulu

PROJENİN ADI : Farklı İrrigasyon Solüsyonlarının Biyoseramik Esaslı Kanal Dolgu Patının Kalsiyum İyon Salınımı ve Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU
PROJEDEKİ ARAŞTIRICILAR : Arş. Gör. Dt. Ceyda Dilara TAMER
ONAY TARİHİ VE ONAY SAYISI: 15.04.2019-106

Sayın Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU

106 protokol nolu "Farklı İrrigasyon Solüsyonlarının Biyoseramik Esaslı Kanal Dolgu Patının Kalsiyum İyon Salınımı ve Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi" isimli projeniz Enstitümüz Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve etik yönden uygunluğuna karar verilmiştir.

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı	Ceyda Dilara	Soyadı	TAMER
Doğum Yeri	ALTINDAĞ	Doğum Tarihi	
Uyruğu	T.C	Tel	
E-mail			

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Lisans	Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2015
Lise	Dr Binnaz Ege – Dr Rıdvan Ege Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
	Araştırma Görevlisi	Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.D	2017-2018
	Araştırma Görevlisi	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti A.D	2019-2020

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu ☐								
YDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE