



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**İKİ FARKLI YÖNTEMLE KANALDAN
UZAKLAŞTIRILAN KANAL İÇİ MEDİKAMANLARIN
EPOKSİ REZİN ESASLI VE KALSİYUM SİLİKAT
İÇERİKLİ PATLARIN DENTİNE BAĞLANMA
DAYANIMLARINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sevcan KOÇ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Fatmagül ZIRAMAN

ANKARA

2022

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

İKİ FARKLI YÖNTEMLE KANALDAN
UZAKLAŞTIRILAN KANAL İÇİ MEDİKAMANLARIN
EPOKSİ REZİN ESASLI VE KALSİYUM SİLİKAT
İÇERİKLİ PATLARIN DENTİNE BAĞLANMA
DAYANIMLARINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Sevcan KOÇ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Fatmagül ZIRAMAN

ANKARA

2022

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Müdürlüğü'ne,

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum ‘İki Farklı Yöntemle Kanaldan Uzaklaştırılan Kanal İçi Medikamanların Epoksi Rezin Esaslı ve Kalsiyum Silikat İçerikli Patların Dentine Bağlanma Dayanımlarına Etkisinin Değerlendirilmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencisinin Adı Soyadı: Sevcan KOÇ

Tarih:

İmza:

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş olup bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 28/11/2022

Jüri Başkanı

Prof. Dr. Fatmagül ZIRAMAN

Üye

Doç. Dr. Melike BAYRAM

Üye

Doç. Dr. Berkan ÇELİKTEN

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	i
Kabul ve Onay	ii
İçindekiler	iii
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	ix
Çizelgeler	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Biyofilm	2
2.2 Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyon	3
2.3 Çalışmamızda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	4
2.3.1 Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	4
2.3.2 Etilen Diamin Tetra Asetikasid (EDTA)	5
2.4 İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri	5
2.4.1. İğne ile İrrigasyon Yöntemi	5
2.4.2 Ultrasonik Aktivasyon Yöntemi	6
2.4.3 Sonik Aktivasyon Yöntemi	7
2.4.4 Lazerler	8
2.4.5 Negatif Basıncılı Sistemler	9
2.5 Kanal İçi Medikamanlar	9
2.5.1 Fenoller	11

2.5.2 Klorheksidin	11
2.5.3 Aldehitler	12
2.5.4 Halojenler	13
2.5.5 Kalsiyum Hidroksit	14
2.5.5.1 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Medikamanı	16
2.5.5.2 Kalsiyum Hidroksitin Uygulanması	18
2.5.5.3 Kök Kanallarından Kanal İçi Medikamanların Uzaklaştırılması	20
2.5.6 Antibiyotikler	22
2.5.7 Steroidler	23
2.5.8 Biyoaktif Camlar	24
2.5.9 Nanopartiküller	24
2.5.10 Çalışmamızda Kullanılan Medikamanlar	25
2.6 Kök Kanal Dolgusunun Başarısını Etkileyen Faktörler	25
2.6.1 Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Dolgu Patları	26
2.7 Bağlanma Dayanımının Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler	28
2.7.1 Makaslama (Shear Bond Strength)	28
2.7.2 Gerilim (Tensile Bond Strength)	29
2.7.3 Dışarı İtme (Push-out Bond Strength)	29
2.8 Çalışmanın Amacı	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM	31
3.1 Örneklerin Seçilmesi ve Çalışma İçin Dişlerin Hazırlanması	31
3.2 Deney Gruplarının Oluşturulması	33
3.2.1 Grup 1 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Epoksi Rezine Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	34

3.2.2 Grup 2 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	35
3.2.3 Grup 3 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Epoksi Resin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	35
3.2.4 Grup 4 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	36
3.2.5 Grup 5 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Epoksi Resin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	36
3.2.6 Grup 6 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	37
3.2.7 Grup 7 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Epoksi Resin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	37
3.2.8 Grup 8 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	38
3.2.9 Grup 9 Epoksi Resin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	39
3.2.10 Grup 10 Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu	39
3.3 Örneklerin Push-out Testi ile Değerlendirilmesi	39
3.4 İstatistiksel Analiz	42
4. BULGULAR	43
5. TARTIŞMA	47
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	56
ÖZET	57
SUMMARY	58
KAYNAKÇA	59
ÖZGEÇMİŞ	73

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince ve tez çalışmamın her aşamasında büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olan, yol gösteren, anlayış ve hoşgörüsüyle her konuda desteğini hissettiğim değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fatmagül ZIRAMAN'a,

Uzmanlık sürecimin başlangıcından bitimine kadar önerileri ve yardımları ile bana her zaman destek olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Berkan ÇELİKTEN'e,

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilimsel ve mesleki tecrübelerinden yararlandığım Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri'ne,

Uzmanlık eğitimim süresince her zaman yanımda olan, beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum sevgili kıdemdaşlarım Dt.Sevinç SEVGİ ,Uzm Dt.Selin ŞEREFLİCAN , Uzm Dt.Ayşenur ÖNCÜ ve değerli asistan arkadaşlarıma,

Hayatımın her döneminde yol gösterici olan, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve varlıkları ile bana güç veren sevgili aileme,

Sevgi, saygı ve tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
°	: Derece
Ark	: Arkadaşları
BAG	: Biyoaktif Cam
C. albicans	: Candida albicans
Ca(OH) ₂	: Kalsiyum Hidroksit
CHX	: Klorheksidin
ÇB	: Çalışma Boyu
DAP	: İkili Antibiyotik Patı
dk	: Dakika
E. faecalis	: Enterococcus faecalis
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetikacid
EPS	: Ekstrasellüler Polimerik Madde
G	: Gauge
g/l	: gram/litre
Hz	: Hertz
IKI	: İyodin Potasyum İyodür
KHİSM	: Kalsiyum Hidroksit İyodoform Silikon Yağ Macunu
kHz	: Kilohertz

MAF	: Ana Apikal Eğe
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mm/dk	: Milimetre/dakika
Mm ₂	: Milimetrekare
MPa	: Megapaskal
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
OCl-	: Hipoklorit
p	: Anlamlılık Düzeyi
pH	: Potansiyel Hidrojen
PUİ	: Pasif Ultrasonik İrrigasyon
Rpm	: Dakikadaki Tur Sayısı
s	: Sayfa
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
TAP	: Üçlü Antibiyotik Patı
µm	: Mikrometre

ŞEKİLLER

Şekil 3.1: Dişlerin dijital kumpas ile ölçümü	32
Şekil 3.2: Hassas kesim cihazı ile dişlerin kuron bölümlerinin uzaklaştırılması	32
Şekil 3.3 : Kök kanal şekillendirilmesinde kullanılan Protaper Universal eğe seti (Dentsply Maillefer)	33
Şekil 3.4: Çalışmamızda kullanılan Calcipast medikamanı (Cerkamed, Polonya)	34
Şekil 3.5: Çalışmamızda kullanılan sonik aktivasyon cihazı Eddy (VDW, Münih, Almanya) ve uçları	35
Şekil 3.6: Çalışmamızda kullanılan 30G uç kısmı kapalı, uca yakın iki ayrı deliği olan kanül	36
Şekil 3.7: Çalışmamızda kullanılan Calcipast+İ medikamanı (Cerkamed, Polonya)	37
Şekil 3.8: Çalışmamızda kullanılan Sure-Seal Root kanal patı (Sure Dent Corporation, Güney Kore)	38
Şekil 3.9: Çalışmamızda kullanılan AH Plus kanal patı (Dentsply, Almanya)	39
Şekil 3.10: Örneklerin soğuk akril ile kalıplara gömülmesi	40
Şekil 3.11: Örneklerin kalıptan çıkarıldıktan sonra soğuk akril içindeki görünümü	40
Şekil 3.12: Hassas kesim cihazı ile dentin disklerinin elde edilmesi	40
Şekil 3.13: Alınan kesitlerin kalınlığının kumpas ile ölçümü	41
Şekil 3.14: Push out testinde kullanılan itici uç	41
Şekil 3.15: Push out testinin uygulanması	42
Şekil 4.1: Deney ve kontrol gruplarının kökün apikal, orta ve koronal uçlülerinde pat bağlanma dayanımı değerleri	46

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1: Kalsiyum hidroksit uygulamasında kullanılan aletler	19
Çizelge 3.1: Deney gruplarının belirlenmesi	33
Çizelge 4.1: Deney gruplarının kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde kanal patlarının bağlanma dayanımı ortalamaları ve standart sapma değerleri	44
Çizelge 4.2: Deney gruplarının kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde kanal patlarının bağlanma dayanımı ortalamaları ve standart sapma değerleri	44
Çizelge 4.3: Kontrol gruplarının kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde kanal patlarının bağlanma dayanımı ortalamaları ve standart sapma değerleri	45

1. GİRİŞ

Endodontik tedavinin temel amacı, kök kanalında bulunan pulpa ve periapikal dokularda enfeksiyona neden olan mikroorganizmaları ortadan kaldırmak ve tekrar enfeksiyon oluşmasını önlemektir. Kök kanal sisteminin boşaltılması, temizlenmesi ve pulpa kavitesinin duvarlarında kalabilen mikroorganizmaların eliminasyonu endodontik tedavinin ana evrelerindendir (Al Khasawnah ve ark., 2018, Alaçam, 1990). Başarılı endodontik tedavi, biyofilmlerin ve yan ürünlerinin kök kanal sisteminden tamamen yok edilmesine bağlıdır. Bununla birlikte kök kanal sisteminin karmaşık anatomisi, yan kanallar ve dentin tübülleri gibi erişilemeyen birçok alanın varlığı, enfekte kök kanal sisteminden bakterilerin yok edilmesini zorlaştırır (Tanumihardja ve ark., 2015). Bazı ulaşılması zor alanlarda biyofilmler ve nekrotik pulpa dokusu geride kalabilir ve bu da endodontik tedavilerin başarısız olmasına neden olabilir (Ricucci ve Siqueira Jr, 2010).

Kök kanallarının kemomekanik olarak hazırlanmasını, yeterli boyutsal stabiliteye sahip biyouyumlu bir kanal dolgu patı kullanılarak yapılan kanal dolgusu takip eder (Flores ve ark., 2011). Güta-perka gibi katı dolgu malzemeleri farklı endodontik kanal dolgu patları ile birlikte kullanılır (Kçiku ve ark., 2011).

Bazı klinik durumlarda tedavi seansları arasında kalsiyum hidroksitin kanal içi medikaman olarak kullanımı önerilir (Mohammadi ve Dummer, 2011). Kök kanal dolgusu yapılmadan önce, endodontik pat ile kök kanal dentini arasında yeterli yapışmayı sağlamak için medikaman dikkatlice çıkarılmalıdır. Ancak çalışmalar, kalsiyum hidroksit bazlı medikamanların kök kanallarından tamamen uzaklaştırılamayacağını göstermiştir (Kuga ve ark., 2012, Rödig ve ark., 2010). Kalsiyum hidroksit kalıntısı dolgu materyali ile fizikokimyasal olarak etkileşime girerek apikal sızıntıyı artırabilir ve endodontik tedavinin prognozunu tehlikeye atabilir (Kontakiotis ve ark., 1997, Ricucci ve Langeland, 1997). Kök kanalının yeterli sızdırmazlığını sağlayan metakrilat bazlı rezin materyallerdeki son teknolojik gelişmeler, kalsiyum hidroksit kalıntısının bu tip patların bağlanma mukavemeti

üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabileceği gösterilmiştir (Barbizam ve ark., 2008). Kalsiyum hidroksit medikaman kullanımının, endodontik patların kök kanal dentinine bağlanma gücünü olumsuz yönde etkileyebileceği hipotezi öne sürülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Biyofilm

Biyofilm, bir yüzeye sıkıca bağlı olan ve genellikle bir polisakkarit yapısında olan kendi ürettiği hücre dışı polimerik madde (EPS) matrisiyle iç içe geçmiş hücreler tarafından karakterize edilen, sesil çok hücreli bir mikrobiyal topluluk olarak tanımlanabilir (Costerton, 2007, Donlan ve Costerton, 2002). Biyofilm oluşturma yeteneği bir virülans faktörü olarak kabul edilmiştir (Costerton, 2004, Hall-Stoodley ve Stoodley, 2009). Biyofilmlerdeki bakteri hücreleri, EPS matrisine gömülü ve rastgele olmayan (hacimce $\pm\%85$) dağılmış ve su kanallarıyla ayrılmış mikrokoloniler (hacimce $\pm\%15$) oluşturur. Mikrokoloniler genellikle “kuleler” veya “mantarlar” şeklinde şekillenir. Dental biyofilmlerin kalınlığı 300 veya daha fazla hücre katmanına ulaşabilir (Socransky, 2002). Mikrokoloniler tek bir bakteri türünden oluşabileceği gibi sıklıkla birkaç farklı türden oluşur. Klinik bir bakış açısından, biyofilmin anti mikrobiyal ajanlara karşı artan direnç göstermesi özel bir endişe kaynağıdır. Biyofilmlerde düzenlenmiş bakteriler, planktonik durumdaki aynı hücrelere göre antibiyotiklere daha dirençli olarak kabul edilir. Biyofilmdeki bakterileri elimine etmek için gereken antibiyotik konsantrasyonu, aynı türün planktonik halindeki elimine etmek için gerekenden yaklaşık 100 ila 1000 kat daha fazladır (Mah ve O'Toole, 2001).

2.2 Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyon

Bakteriler pulpal ve periapikal hastalıkların gelişiminde anahtar rol oynarlar (de Paz, 2007). Bu nedenle enfeksiyonu önlemek ve kontrolünü sağlayabilmek kök kanal tedavisinin temel bir hedefidir (Ørstavik, 2019). Uzun bir süre boyunca, kök kanal sisteminin debridmanı ve dezenfeksiyonu öncelikli olarak aletlerin bir işlevi olarak düşünülürken, irrigasyona daha az önem verildi (Schilder, 1974). Bununla birlikte, yapılan çalışmalar, aletlerin kök kanal sisteminin büyük bir bölümüne ulaşamadıklarını ortaya çıkarmıştır (Peters, 2004). Sonuç olarak, irrigasyonun önemi son on yılda yüksek ölçüde artmış ve bu durum sonunda bir paradigma değişikliğine yol açmıştır. Günümüzde enstrümantasyon büyük ölçüde, daha sonra temizleme ve dezenfeksiyonun çoğunu gerçekleştirmesi beklenen irrigasyon solüsyonları için apikal anatomiye erişim sağlamanın bir yolu olarak kabul edilmektedir (Gulabivala ve ark., 2005).

Kök kanal irrigasyon solüsyonları için temel gereksinimler aşağıdaki gibidir (Boutsioukis ve Arias-Moliz, 2022):

1. Hem planktonik hem de biyofilmlerde organize olan geniş bir mikroorganizma yelpazesine karşı güçlü antimikrobiyal etki
2. Endotoksinler ve lipoteikoik asitler gibi bakteriyel virülans faktörlerinin inaktivasyonu
3. Biyofilmin bozulması veya uzaklaştırılması
4. Pulpa doku kalıntılarının çözünmesi
5. Birikmiş sert doku kalıntılarının ve smear tabakasının uzaklaştırılması veya oluşumunun önlenmesi
6. Hem lokal (dentin ve periapikal dokular üzerinde) hem de sistemik (toksisite, alerjik reaksiyonlar) yan etkilerinin olmaması

2.3 Çalışmamızda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

2.3.1 Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit (NaOCl) özellikle biyofilmlerde organize olan bakterilere karşı üstün antimikrobiyal etkisinden dolayı en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonu olmuştur (Dutner ve ark., 2012, Wong ve Cheung, 2014, Yang ve ark., 2016). NaOCl biyofilm bileşenlerini ve pulpa dokusu kalıntılarını çözer, endotoksinler ve lipoteikoik asitler gibi bakteriyel virülans faktörlerini azaltır ve ayrıca döner aletler için etkili bir lubrikant olarak hizmet eder (Boessler ve ark., 2007, Hong ve ark., 2016). Sodyum hipokloritin dinamik bir irrigasyon ajanı olduğu bildirilmiştir (Estrela ve ark., 2002). NaOCl'nin kimyasal etkileri, hipoklorit (OCl⁻) ve hipokloröz asitten oluşan mevcut serbest klor tarafından üretilir (Davies ve ark., 1993). NaOCl çözeltilerinin pH'ı 11–12'ye yakındır (Jungbluth ve ark., 2011).

Kök kanal irrigasyonu için %0,5 ile %6 arasında NaOCl kullanılır. Kök kanal tedavisi sırasında hipokloritin önerilen konsantrasyonlarında tartışmalar vardır. Bazı in vitro çalışmalar, yüksek konsantrasyonlardaki NaOCl'nin *Enterococcus faecalis* ve *Candida albicans*'a karşı daha etkili olduğunu göstermiştir (Byström ve Sunvqvist, 1985). Kanal içi irrigasyonda düşük konsantrasyonlarda kullanılacaksa; çözeltinin daha yüksek hacimlerde ve daha sık aralıklarla kullanılması tavsiye edilir. Ayrıca irrigasyondan önce NaOCl'nin 50–60°C'ye ısıtılması, düşük konsantrasyonlu solüsyonların etkinliğini artırmanın başka bir yolu olarak önerilmiştir (Sirtes ve ark., 2005). Siqueira ve ark. (2000) yaptıkları in vitro çalışmada %1, % 2.5 ve % 5.25 konsantrasyonlardaki NaOCl solüsyonunun *E. faecalis* üzerindeki antibakteriyel etkinliğini karşılaştırmışlar ve enfekte kök kanalında kullanılan üç ayrı NaOCl konsantrasyonunun antibakteriyel etkinliği arasında bir fark olmadığını ancak irrigasyon solüsyonunun konsantrasyonu arttıkça antibakteriyel etki hızının arttığını bulmuşlardır. Vianna ve ark. (2004), %0.5'lik NaOCl'nin *C. albicans*'ı elimine etmesi için 30 dakika gerektiğini, oysa %5.25'lik NaOCl'nin 15 saniyede tüm mantar hücrelerini öldürdüğünü belirtmişlerdir. Gomes ve ark. (2001) tarafından yapılan bir

çalışmada da çeşitli konsantrasyonlardaki NaOCl'in E. faecalis üzerine etkisine bakılmış ve bakterinin %5.25'lik NaOCl ile 30 saniyede, %2.5'lik NaOCl ile 10 dakikada ve %0.5'lik NaOCl ile 30 dakikada öldürüldüğü belirtilmiştir.

2.3.2 Etilen Diamin Tetra Asetik asit (EDTA)

NaOCl tercih edilen birincil irrigasyon maddesi olmasına rağmen, enstrümantasyon sırasında oluşan sert doku kalıntılarını veya smear tabakasının inorganik bileşenlerini çözemez, bu nedenle demineralize edici bir ajanın tamamlayıcı etkisinin gerekli olduğu düşünülür. EDTA bu rol için en yaygın seçimdir (Dutner ve ark., 2012). %15-17 disodyum tuzunun çözeltisi nötr veya hafif alkali pH'a (~7-8) sahiptir ve enstrümantasyonun sonunda uygulandığında sert doku kalıntılarını çözebilen güçlü bir şelatördür (Calt ve Serper, 2002). EDTA sadece zayıf bir antimikrobiyal etki gösterir (Arias-Moliz ve ark., 2009), ancak biyofilm matrisini bozarak ayrılmasını teşvik ettiği görülmektedir ve bu nedenle NaOCl'nin anti-biyofilm etkisini de destekleyebilir (Busanello ve ark., 2019). EDTA, NaOCl'den daha biyoyumlu ayrıca ucuz ve yaygın olarak bulunur (Vouzara ve ark., 2016).

2.4 İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

2.4.1 İğne ile İrrigasyon Yöntemi

İğne ile irrigasyon, hem endodontistler hem de genel diş hekimleri arasında kök kanalları içinde irrigasyon sağlamak için en popüler teknik olmaya devam etmektedir (Dutner ve ark., 2012, Willershausen ve ark., 2015). Şırınga irrigasyonunun etkinliği, iğnelerin kök kanalının apikal ucuna yakınlığına, apikal üçlü kısımda bulunan boşluğa ve solüsyonun akış hızına bağlıdır (Boutsioukis ve Nova, 2021). Mevcut kanıtlar, irrigasyon iğnelerinin iki tip olduğunu göstermektedir. Bunlar açık uçlu, irrigasyonun uçlarından doğrudan akmasına izin veren iğneler ve irrigasyonun doğrudan dışarı

akmasını önleyen yandan perfore kapalı uçlu iğnelerdir (Boutsioukis ve ark., 2010). İrrigasyon solüsyonlarının yönü ve yoğunluğu nedeniyle, açık uçlu iğneler, irrigan penetrasyonu ve değişimi açısından aynı boyuttaki kapalı uçlu iğnelerden daha etkili görünmektedir (Boutsioukis ve Nova, 2021, Verhaagen ve ark., 2012). Ancak aynı zamanda apikal foramenden yanlılıkla irrigan çıkışı riski de taşır (Psimma ve ark., 2013).

Açık uçlu iğneler için optimum pozisyon, çalışma boyundan (ÇB) 2–3 mm kısadır, kapalı uçlu iğneler ise ÇB'den 1 mm kısa mesafeye yerleştirilmelidir (Boutsioukis ve ark., 2010, Chen ve ark., 2014). İğne ile irrigasyon yöntemi kullanılırken el eğesi, fırçalar ve kök kanalına uyumlu bir güta-perka ile aktivasyon yapılabilmektedir bu da manuel dinamik aktivasyon yöntemidir. İrrigasyon solüsyonu varlığında kök kanal aletleri ile eğeleme yapılırken oluşan ileri-geri hareketten bir miktar aktivasyon oluşmaktadır (Basrani, 2015).

2.4.2 Ultrasonik Aktivasyon Yöntemi

Ultrasonik aktivasyon şu anda en popüler irrigasyon aktivasyon yöntemidir (Dutner ve ark., 2012, Willershausen ve ark., 2015). Sık duvar temasına rağmen, ultrasonik eğeler, ana kök kanalıyla sınırlı olarak doğrudan bir fiziksel etkidenden ziyade öncelikle çevreleyen irrigasyonu çalkalayarak hareket eder (Boutsioukis ve ark., 2013). ~30 kHz'deki salınım hareketleri, ana kanaldaki irrigasyonu harekete geçiren akustik akış oluşturur, irriganı kök kanal sisteminin uzak bölgelerine taşır ve duvar kesme stresini artırarak mekanik temizliği kolaylaştırır (Boutsioukis, 2019, Verhaagen ve ark., 2014). Ultrasonik uçlarda, düz teller ve iğneler kullanılmıştır, herhangi bir tür diğerlerinden açıkça üstün değildir, ancak K-eğesi ve Irrisafe uçlar en popüler olanlar gibi görünmektedir (Căpută ve ark., 2019). Akışın kök kanalının apikal ucuna ulaşması için eğelerin ÇB'den 2-3 mm uzağa yerleştirilmesi gerekir. Bu konumda hem eğesi hem de engelsiz salınımı için yeterli alan mevcut olmalıdır, bu nedenle aktivasyon ancak kemomekanik hazırlık tamamlandıktan sonra yapılmalı ve küçük boyutlu ultrasonik uçlar tercih edilmelidir. Bu frekansta (~50–80 μ m) sürdüğünde ortalama salınım

genlikleri göz önüne alındığında, minimum apikal hazırlık boyutunun 30–35 olduğu tahmin edilebilir (Retsas ve Boutsoukis, 2019). Aralıklı aktivasyon için popüler bir protokol, 20 saniyelik 3 periyottur, ancak daha kısa protokoller de (3×10 saniye) kullanılmaktadır (Căpută ve ark., 2019).

2.4.3 Sonik Aktivasyon Yöntemi

Düşük frekansta salınan plastik uçlar kullanan cihazlar, uzun süredir ultrasonik cihazlara alternatif olarak irrigasyon aktivasyonu için kullanılmaktadır (Neuhaus ve ark., 2016). Bu plastik uçlar tarafından yapılan aktivasyon, ana kök kanalında salınımlı bir akış oluşturur, ancak frekans çok düşüktür ve salınım genliği, akustik akışa veya geçici akustik kavitasyona yol açmayacak kadar büyüktür (Jiang ve ark., 2010, Verhaagen ve ark., 2014). EndoActivator uçlarının salınım genliği (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, ABD) yaklaşık $1.200 \mu\text{m}$ 'dir (Jiang ve ark., 2010) ve daha yakın zamanda piyasaya sürülen Eddy'nin (VDW, Münih, Almanya) yaklaşık $350 \mu\text{m}$ 'dir (Neuhaus ve ark., 2016). Bu nedenle, bir kök kanalı içinde engelsiz salınımları için ÇB'nin 1-2 mm koronalinde sırasıyla minimum $2.550 \mu\text{m}$ ve $900 \mu\text{m}$ boş alana ihtiyaç vardır. Bu nadiren mümkündür, bu nedenle çok sık duvar teması kaçınılmazdır ve ana kök kanalında in vitro ve ex vivo olarak üretilen temizlik ve dezenfeksiyonun büyük bir kısmı, irrigasyon aktivasyonundan değil de bu doğrudan fiziksel etkiden kaynaklanabilir (Jiang ve ark., 2010). Açıkça, böyle bir etki ana kök kanalının ötesine ulaşamaz ve öncesinde mekanik hazırlık ve iğne irrigasyonu yapıldığında gereksiz gibi görünmektedir (Hoedke ve ark., 2021). Sonik ucun duvara teması salınımı azaltır ve bu plastik uçlar dentini kesip bir smear tabakası oluşturabilir (Kanaan ve ark., 2020). Bu yaklaşımın etkinliği ile ilgili olarak yapılan ex vivo çalışmalarda, EndoActivator (160-190 Hz'de salınan) ile iğne irrigasyonu arasında, kök kanalında enstramente edilmemiş alanların veya istmusların temizlenmesi ve dezenfeksiyonu açısından hiçbir fark bulunamamıştır. (Rödig ve ark., 2018, Varela ve ark., 2019).

Eddy, 6000 Hz frekansında bir sonik ölçekleyici tarafından çalıştırılan pürüzsüz bir polimer uçtur. Üretici, salınım hareketinin kavitasyonu ve akustik akışı tetikleyerek

kök kanal temizliğini artırdığını iddia etmektedir. Ancak, ucun hareketi çok yavaş ve kavitasyon eşiğinin altında olduğu için sonik olarak salınan aletlerin etrafında kavitasyon oluşmadığı gösterilmiştir (Macedo ve ark., 2014). Ayrıca Eddy'nin (6000 Hz) sürüş frekansı, EndoActivator'unkinden (190 Hz) çok daha yüksektir ve bu, temizleme etkinliğini etkileyebilir. Bu nedenle, yapılan bir çalışmanın amacı, biyofilmi taklit eden hidrojel bir isthmustan çıkarılmasında yeni bir sonik sistem olan Eddy'nin etkinliğini diğer sonik, ultrasonik ve lazerle etkinleştirilmiş irrigasyon cihazlarıyla karşılaştırmaktır. Çalışmanın sonucunda; lazer aktivasyonlu irrigasyon ve Eddy, en büyük hidrojel uzaklaştırmasını sağlamış ve EndoActivator ile ultrasonik aktivasyondan daha iyi performans göstermiştir (Swimberghe ve ark., 2019). Ayrıca Eddy, PUI (pasif ultrasonik irrigasyon) ile karşılaştırıldığında kök kanallarında organik doku çözünmesini artırmıştır (Donnermeyer ve ark., 2019). Sonuç olarak, salınım frekansındaki artış ve buna bağlı olarak genlikteki azalma, salınan sonik eğerlere veya uçlara dayanan aktivasyon sistemlerinin performansını iyileştiriyor gibi görünmektedir (Boutsioukis ve Arias-Moliz, 2022).

2.4.4 Lazerler

Lazer ilk olarak 1960 yılında Theodor Maiman tarafından üretilmiştir. Endodonti alanında ise 1971 yılında kullanılmaya başlanmıştır (Miller ve Truhe, 1993). Lazer endodontide; pulpal hastalıkların teşhisinde, pulpa kaplaması ve pulpotomide kanama kontrolünde, kök kanallarının preperasyonu, dezenfeksiyonu ve doldurulmasında, endodontik cerrahi ve diş beyazlatma işlemlerinde kullanılmaktadır (Mohammadi, 2009). Lazer destekli irrigasyon, kök kanal irrigasyon solüsyonlarının etkilerini artırmak için alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Lazer destekli irrigasyon aktivasyon tekniklerinin etki mekanizması, fiber ucundaki buhar kabarcıklarının genişlemesine ve patlamasına, dolayısıyla kök kanalında hızlı irrigasyon solüsyonu hareketine bağlıdır (Blanken ve ark., 2009, Matsumoto ve ark., 2011). Bununla birlikte basınç dalgaları ve ikincil kavitasyon kabarcıkları temizleme eylemine katkıda bulunur (Esenaliev ve ark., 1993). Neodimiyum katkılı itriyum alüminyum granat (Nd:YAG) lazer, erbiyum katkılı itriyum alüminyum granat (Er:YAG) lazer, erbiyum

krom:itriyum-skandiyum-galyum-garnet lazer (Er,Cr:YSGG), diyet gibi farklı lazerler lazer irrigasyon aktivasyonu için kullanılmaktadır (Arslan ve Kustarci, 2018, Kamalak ve ark., 2016).

2.4.5 Negatif Basınçlı Sistemler

İğnenin ucu apikal üçlünden uzağa yerleştirildiği zaman solüsyonun apikal kısma ulaşması zorlaşır, iğne ucu apikal foramene çok yaklaştırıldığı zaman ise kök ucundan irrigasyon solüsyonunun taşma riski artar. İrrigasyonun etkinliğini arttırmak ve irrigasyon solüsyonunun kök ucundan taşmasını engellemek amacıyla irrigasyon ile birlikte aspirasyon yaparak basıncı değiştiren cihazlar üretilmiştir (Çapar ve ark., 2015).

RinsEndo (Dürr Dental GmbH & Co, Almanya) ve EndoVac (Discus Dental, Kaliforniya, ABD), negatif basınçlı irrigasyon sistemlerindendir. RinsEndo kanal irrigasyonu için, basınçlı sakşın teknolojisini kullanır. Bir el aleti, 7 mm'lik bir kanül ve bir irrigasyon iğnesinden oluşur (McGill ve ark., 2008). EndoVac ise, bir ana iletim ucu, bir makrokanül ve bir mikrokanülden oluşur. Mikrokanül irrigasyon esnasında hem solüsyonu kök kanalına dağıtır hem de negatif basınçla geri çekerek diş ünيتين aspiratörüne iletir. Böylece, çalışma uzunluğuna negatif basınçla sabit ve yenilenen irrigasyon solüsyonu akışı sağlamaktadır (Ali ve ark., 2022)

2.5 Kanal İçi Medikamanlar

Kök kanal tedavisinde ilaçlar kök kanal sisteminin temizlenmesi, periapikal dokulardaki iltihabi reaksiyonun şiddetinin azaltılması amaçlarıyla kullanılmaktadır. Biyomekanik preparasyon yöntemleriyle kök kanal sisteminin gösterebileceği anatomik düzensizlikler tamamen giderilememekte ve sonuçta enfekte pulpa dokusunun tam olarak uzaklaştırılması yetersiz olabilmektedir. Kron ve kök pulpası tamamen uzaklaştırılsa bile, dentin tübülleri içerisinde yer alan odontoblastik uzantılar ve dentin lenfi bakterilerin önemli besin kaynakları olarak varlıklarını uzun süre

korurlar. Bu gibi durumlarda kök kanalında antiseptik bir ajanın kullanılması tedavinin tamamlayıcı parçası olmaktadır. Tedavi bir randevuda tamamlanamadığında da kanal içi medikaman kullanılabilir. Çünkü temizleme ve şekillendirme sonrası hayatta kalan kanal içi bakteriler, seanslar arasında artabilir (Byström ve ark., 1985, Waltimo ve ark., 2005). Bunun bir sebebi de yeterli preparasyon yapılmamasıdır. Bu nedenle kanal içi medikamanlar mutlaka yeterli bir kanal preparasyonu sonrasında uygulanmalıdır (Alaçam, 1990).

Kanal içi medikaman kullanımının ana amaçları,

1. Kanal içeriklerinin temizlenmesi veya inert hale çevrilmesi
2. Bakteri üremesini kısıtlamak
3. Sürekli bir dezenfeksiyon sağlamak
4. Tedavi sırasında ve tedavi sonrasında ağrının önlenmesi ve kontrolü
5. Anestezik etkinin artırılması
6. İnatçı periapikal abselerin kontrolü
7. Fiziksel bir bariyer oluşturmak

Endodontide kullanılan kanal içi medikamanlar:

- 1) Antiseptikler
 - a) Fenol içeren bileşikler
 - b) Aldehit içeren bileşikler
 - c) Halojenler
 - d) Kalsiyum hidroksit
- 2) Antibiyotikler
- 3) Steroidler
- 4) Biyoaktif camlar

2.5.1 Fenoller

Fenol (C_6H_5OH) ve fenolik solüsyonlar eskiden çok yaygın olarak kanal içi medikaman olarak kullanılırdı. Uçucu özellikleri sebebiyle dentin tübüllerine ve anatomik düzensizliklere nüfuz edebildikleri düşünülüyordu. Ancak daha sonra bu bileşiklerin, kısa ömürlü oldukları ve geçici dolgular yoluyla veya periapikal dokular yoluyla yayılarak toksisiteye neden oldukları gösterilmiştir. Fenolik solüsyonların şiddetli toksisitesine rağmen, fenol türevleri, örneğin paramonoklorofenol (C_6H_4OHCl), timol ($C_6H_3OHCH_3C_3H_7$) ve kresol ($C_6H_4OHCH_3$) kullanılabilir durumdadır (Gatewood ve ark., 1990). Fenol, optimal bir etkiye sahip spesifik olmayan bir protoplazma zehiridir ve %1 ila %2 arasında antibakteriyel etkisi vardır. Birçok diş preparatı yüksek konsantrasyonda (örneğin, %30 aralığında) fenol içerir (Gatewood ve ark., 1990). Böyle bir konsantrasyonda, in vivo antimikrobiyal etkisi optimalden daha düşüktür ve kısa sürelidir (Messer ve Feigal, 1985).

Fenol türevleri fenolden daha güçlü antiseptiktir ve fenolden daha toksiktir. Fenolik bileşikler kafurlu çözeltiler olarak mevcuttur (Spangberg ve ark., 1973). Kafurlu solüsyonlar, daha az toksiktir, çünkü kafurlama toksinlerin çevre dokulara salınımını yavaşlatır. Fenollü bileşikler buharlaşarak etkilerini göstermeleri nedeniyle küçük bir pamuk pelet veya ince kağıt konlara emdirilerek kök kanalına yerleştirilir. İn vitro çalışmalar fenol ve fenol türevlerinin memeliler için oldukça toksik olduğunu göstermiştir (Spangberg ve ark., 1973). Fenoller, klinik koşullar altında etkisiz antiseptiklerdir (Byström ve ark., 1985). Bu nedenlerden dolayı günümüzde tercih edilmemekte hatta hiç kullanılmamaktadır.

2.5.2 Klorheksidin

Klorheksidin (CHX), ilk olarak 1947 yılının sonlarında yeni bir antimalaryal ajan üretmek için yapılan antimikrobiyal araştırmalar esnasında sentezlenmiştir, ancak antimalaryal ajan olarak hiç kullanılmamıştır (Lang ve Brex, 1986). CHX, gram pozitif ve gram negatif bakterilere, fakültatif anaeroplara ve aeroplara, maya ve

mantarlara (özellikle *C. albicans*), dermatofitlere ve bazı lipofilik virüs türlerine karşı geniş antimikrobiyal etkinliğe sahiptir (Davies, 1973). Bakteriyel hücre zarı geçirgenliğini önemli ölçüde artıran ve protein özelliklerini değiştiren bakterisidal bir etkiye sahiptir; bu, makromoleküllerin sitoplazmada çökmesine ve ardından bakteri hücresinin veya mantarın parçalanmasından dolayı hücre ölümüne neden olur (Hennessey, 1973).

CHX'e jel bazlı Natrosel jel de eklenmektedir. Natrosel jel, non-iyonik, yüksek verimli, inert ve suda çözünebilen bir ajandır (Miyamoto ve ark., 1989). Natrosel jel CHX gibi katyonik olan sabunun ve şampuanların inceltirilerek kayganlaştırılmasında da sıklıkla kullanılmaktadır (Ferraz ve ark., 2001). CHX-natrosel jelin, suda çözünürlüğünden dolayı, kök kanalından 5 ml distile su ile kolaylıkla uzaklaştırılabildiği ve kök kanal dolgusunun kalitesini etkilemediği bildirilmiştir (Vivacqua-Gomes ve ark., 2002).

Hem tek türden oluşan biyofilm modellerini içeren çalışmalar, hem de apikal dentin biyofilmini taklit ederek oluşturulan çalışmalar yüksek konsantrasyon NaOCl (%2,25-6) ve %2 CHX solüsyonlarının test edilen mikroorganizmalar üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Sena ve ark., 2006). Ayrıca %2 CHX ve %5,25 NaOCl'nin mekanik olarak aktivasyonunun biyofilm tabakası üzerinde antimikrobiyal etkinliklerini arttırdığı ve sıvı formdaki CHX'in jel formuna göre, biyofilm tabakasına karşı daha iyi antimikrobiyal etki gösterdiği belirtilmiştir (Sena ve ark., 2006)

2.5.3 Aldehitler

Aldehit grubunda bulunan formaldehit ve gluteraldehit günümüzde endodontide kullanımları önerilmeyen antimikrobiyallerdir. Formokrezol olarak bilinen formaldehit, oldukça toksik, mutajenik ve kanserojen olmasına rağmen uzun süredir yaygın olarak endodontik tedavide kullanılmaktadır (Lewis ve Chestner, 1981). Bu formülasyonlar pediatrik diş hekimliğinde süt dişlerini tedavi ederken halen tavsiye edilmektedir. Formokrezol içeriğindeki formaldehit %19 ile %37 arasında önemli

ölçüde değişebilir. Başka bir formaldehit preperasyonu olan Trikresol formalin, %10 trikrezol ve %90 formaldehit içerir (Lewis ve Chestner, 1981). Bütün bu preperasyonlar genellikle patolojik numunelerin fiksasyonu için kullanılan %10'un çok üzerinde formaldehit içerirler. Formaldehit uçucudur ve pulpa odası dezenfeksiyonu için pamuk pelete emdirilerek uygulandığında antimikrobiyal buhar yayar. Tüm formaldehit preperasyonların, antimikrobiyal etkinliklerinden çok toksik etkinlikleri olduğu bilinmektedir. Şimdiye kadarki verilere dayanarak formokresolün endodontik tedavide antimikrobiyal ajan olarak kullanılması için klinik bir neden olmadığı belirtilmiştir (Spångberg ve ark., 1979, Spångberg ve ark., 1993).

2.5.4 Halojenler

İyot ve iyotlu bileşikler bakteri, virüsler, mantarlar ve bakteri sporlarına karşı oldukça etkilidirler. Halojenlerin su ve alkoldeki solüsyonları germisit ve fungusit etkilidir. Kök kanallarının irrigasyonu için uzun yıllardır klorlu solüsyonlar kullanılmaktadır. Ayrıca, bir N kloro-tosilamid sodyum tuzu olan kloramin-T formunda kanal içi pansuman olarak da kullanılırlar. İyotun, iyodin potasyum iyodür (IKI) formu oldukça etkili bir antiseptik solüsyondur ve düşük doku toksisitesi vardır. IKI, enfekte dentin için etkili bir dezenfektan özelliktedir ve enfekte dentindeki in vitro bakterileri 5 dakika içinde öldürebilir (Safavi ve ark., 1990). IKI, kalıcı bir antimikrobiyal etkiye sahip buharı serbest bırakır. Solüsyon 2 g iyodin 4 g potasyum iyodür içinde karıştırılmasıyla hazırlanır; bu karışım daha sonra 94 ml distile su içinde çözdürülür. İyot tentürü (% 5) rubber dam ve diş yüzeyinin dezenfeksiyonu için kullanılan birkaç güvenilir ajandan biri olduğu kanıtlanmıştır (Möller, 1966). Ancak iyot bileşiklerine karşı alerjik reaksiyon gelişebilir ve iyotlu bileşikler korozyon yapabilirler.

2.5.5 Kalsiyum Hidroksit

Kalsiyum hidroksit en popüler kanal içi medikamandır. Hermann tarafından 1920'de tanıtılmıştır ve o zamandan beri direkt ve indirekt pulpa kaplaması, apeksogenez, apeksifikasyon, kök rezorpsiyonu, iyatrojenik kök perforasyonları, kök kırıkları, replante dişler ve intrakanal pansuman gibi pek çok prosedürde kullanılmıştır (Farhad ve Mohammadi, 2005, Hermann, 1920). Kullanımı zamanına göre iyi belgelenmiş olmasına rağmen, klinik endodontide etkinliği halen tartışmalıdır. Pek çok araştırmacı Ca(OH)_2 'nin kök kanalları içindeki antibakteriyel etkinliğini desteklemişlerdir (Byström ve ark., 1985, Byström ve Sunvqvist, 1985, Ørstavik ve Haapasalo, 1990, Sjögren ve ark., 1991). Fakat bazı klinik çalışmalar ve sistematik incelemeler, bakterileri kök kanalından daha fazla ortadan kaldırmak için Ca(OH)_2 'nin net bir faydasını gösterememiştir (Peters ve ark., 2002, Sathorn ve ark., 2005).

Kalsiyum hidroksit, Ca(OH)_2 formülüne ve 74.08 moleküler ağırlığa sahip beyaz, kokusuz bir tozudur. Suda düşük çözünürlüğe sahiptir (25°C 'de yaklaşık 1.2g/l) bu sıcaklık arttıkça azalır, pH değeri yüksektir (yaklaşık 12.5–12.8) ayrıca alkolde çözünmez. Düşük çözünürlük iyi bir klinik özelliktir çünkü hayati dokularla doğrudan temas halindeyken doku sıvılarında çözünür hale gelmesi için uzun bir süre gereklidir (Farhad ve Mohammadi, 2005). Ca(OH)_2 çoğunlukla su bazında karışım olarak kullanılır ve vücut sıcaklığında, Ca(OH)_2 'nin %0,2'sinden daha azı Ca^{++} ve OH iyonlarına çözülür. Kalsiyum hidroksitin antimikrobiyal aktivitesi, hidroksil iyonlarının salınımına bağlanır (Govindaraju ve ark., 2021). Ca(OH)_2 çözünmek için suya ihtiyaç duyduğundan, bu medikaman için araç olarak su kullanılmalıdır. Hava ile temasında Ca(OH)_2 , kalsiyum karbonat (CaCO_3) oluşturur. Bununla birlikte, bu uzun bir süreçtir ve klinik önemi çok azdır. Önemli miktarda kalsiyum karbonat içeren Ca(OH)_2 medikamanında, karbonatın çözünürlüğü çok düşük olduğundan tanecikli bir his verir (Safavi ve ark., 1990, Sjögren ve ark., 1991).

Ca(OH)_2 yavaş etkili bir antiseptiktir; in vitro doğrudan temas deneyleri, enterokokların tamamen öldürülmesi için 24 saatlik bir temas süresinin gerekli olduğunu göstermektedir (Safavi ve ark., 1990, Sjögren ve ark., 1991). Shuping ve ark.

(2000), 42 hasta üzerinde yaptıkları bir çalışmada, yalnızca NaOCl ile kanal irrigasyonunun bakteri seviyesini %61.9 oranında azalttığı görülmüştür. Kanallarda 1 hafta süreyle $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kullanımının ise %92.5 oranında bakteri seviyesinde azalma sağladığı bulunmuştur. Araştırmacılar, enfekte vakalarda bakteri oranını etkili şekilde azaltmak için kalsiyum hidroksit medikaman olarak kullanılmasını önerdiler.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$, bakterisit özelliğine ek olarak, bakteriyel lipopolisakkaritlerin lipid parçasını hidrolize etme, böylece lipopolisakkaritin biyolojik aktivitesini inaktive etme ve etkisini azaltma konusunda faydalıdır. Bu arzu edilen bir etkidir, çünkü ölü hücre duvarı, bakteri öldürüldükten sonra kalır ve periradiküler dokuda inflamatuvar yanıtı uyarmaya devam edebilir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'nin temel özellikleri arasında sınırlı çözünürlük, yüksek pH, geniş spektrumlu ve uzun süre boyunca sürdürülen antimikrobiyal etki yer alır (Safavi ve Nichols, 1993).

Kök kanal sistemine gütta-perka gibi bir dolgu materyali yerleştirmeden önce pulpa nekrozu olan apeksi kapanmamış genç dişlerin apeksifikasyonunu indüklemek için uzun süreli kalsiyum hidroksit tedavisi kullanılabilir (Frank, 1966). Ayrıca revaskülarizasyon veya rejenerasyon istendiği durumlarda antibiyotik patları yerine $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kullanılabilir.

Kalsiyum hidroksit tozu için farklı amaçlara yönelik farklı taşıyıcılar kullanılmaktadır. Sulu bir taşıyıcı, çözünürlüğü artırır ve makrofajlar tarafından hızla emilmesine neden olur ve istenen etki elde edilene kadar kanala birkaç kez $\text{Ca}(\text{OH})_2$ konması gerekebilir. Ayrıca gliserin, polietilen glikol gibi viskoz taşıyıcılar da kullanılır. Silva'ya göre, bu taşıyıcıların yüksek moleküler ağırlığı, dispersiyonu en aza indirir ve medikamanın daha uzun aralıklarla kalmasını sağlar, böylece randevu sayısını azaltır. Uzun süreli salınım, inflamatuvar kök rezorpsiyonunun inhibe edilmesi, büyük periapikal lezyonların iyileşmesi gibi klinik durumlarda faydalıdır (de Lima Dias-Junior ve ark., 2021).

Medikaman viskoz bir taşıyıcı ile hazırlandığında 2-4 ay süreyle kök kanalı içinde kalabilir ve böyle bir karışımdaki kalsiyum hidroksit alkalik özellikleri ancak uzun

bir süre sonra tükenecektir. Propilen glikol, farmasötik preparasyonlar için yararlı bir taşıyıcı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Grover ve Shetty, 2014). Bu karışımın higroskopik yapısı, suyun emilmesine izin verir, bu da iyi bir sürekli salım sağlar. Estrela ve ark. (1995), taşıyıcı olarak polietilen glikol kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada, numunelerde 45 günden fazla bir süre boyunca alkali pH gözlemlemişlerdir. Walton ve ark. (1995), kalsiyum hidroksit için en iyi taşıyıcı olarak propilen glikolü önermektedir.

Taşıyıcılardan herhangi biriyle (sulu, viskoz veya yağlı) karıştırılan kalsiyum hidroksit radyoopasiteden yoksundur ve bu nedenle radyografik olarak görüntülenemez. Radyografik görselleştirmeye izin vermek için baryum sülfat, baryum iyot ve brom içeren diğer bileşikler eklenmiştir (Smith ve Woods, 1983). İn vitro çalışmaların çoğunda uygulamanın radyografik değerlendirmesi radyoopaklaştırıcı eklendikten sonra yapılmıştır. Bununla birlikte, radyograflar iki boyutlu bir görünüm sağladıkları için güvenilmezdir (Fava ve Saunders, 1999).

2.5.5.1 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Medikmanı

Araştırmacılar kalsiyum hidroksitin özelliklerini geliştirmek amacıyla diğer maddelerle karışımını da incelemiştir. İyodoform, limon sarısı renğinde parlak altıgen kristaller içeren, nüfuz edici ve kalıcı kokulu, suda az çözünür, alkol ve eterde çözünür bir miktar tozdan oluşur (Estrela ve ark., 2006). Yıllar içinde iyodoform içeren patların, sekresyonlar veya endodontik enfeksiyonlar ile temas halindeyken ortaya çıkan iyot salınımı nedeniyle antiseptik olarak kapsamlı bir şekilde endikasyonu vardır. Pediatrik diş hekimliğinde, iyodoform, kök kanal dolguları için yaygın olarak bir radyoopaklaştırıcı olarak kullanılır. Ancak potansiyel toksik etkileri nedeniyle endodontide kullanımı tartışmalıdır (Turkaydin ve ark., 2020).

İyodoform, serbest iyot salarak bakteriyostatik özelliğe sahiptir. Böylece iyot, proteini çökeltirerek kök kanalı ve periapikal doku enfeksiyonunu ortadan kaldırır ve esansiyel enzimleri oksitler. İyodoform ayrıca daha iyi görselleştirme için

radioopasiteyi artırır. Silikon yağı, kanal duvarlarının tamamen kaplanmasını sağlayan ve kalsiyum hidroksitin kök kanalında aktif kalmasını sağlayan bir yağlayıcıdır (Estrela ve ark., 2006).

Kalsiyum hidroksit-iyodoform-silikon-yağ macunu (KHİSM) formları, kök kanal tedavisi için ticari olarak temin edilebilir. Örneğin Vitapex®, yapışkan bir iyodoform (%40,4), kalsiyum hidroksit (%30) ve silikon yağı (%22,4) içeren, ticari, toksik olmayan bir üründür. Bu patlar, tek kullanımlık uçlara sahip bir şırınga aracılığıyla uygulanır. Klinik uygulamada, apeksifikasyon/ apeksogenez prosedürlerini yönetmek için kullanımı önerilir. Patın antiseptik özellikleri kök gelişimini desteklerken diş pulpası iyileşir (Gawthaman ve ark., 2013).

Calcipast Forte (Cerkamed, Stalowa Wola, Polonya), endodontik tedavi sırasında hasarlı periapikal dokuların yeniden yapılanmasını desteklemek için pansuman materyali olarak kullanılması amaçlanan bir üründür. Kök kanalındaki eksüda üzerinde kuruma etkisi olduğu iddia edilmektedir. Calcipast Forte kalsiyum hidroksit (%10), iyodoform (%73) ve p-klorofenol (%2) içerir (Turkaydin ve ark., 2020).

İki klinik vaka çalışması, KHİSM'nin kök ucu dışına ve periapikal lezyonlara kasıtsız ekstrüzyonunu bildirmiştir. Ayrıca, her iki çalışmada da kemiğe KHİSM yerleştirilmesinden kaynaklanan herhangi bir komplikasyon veya yan etki rapor edilmemiştir (Çalışkan, 2004, Singh ve ark., 2014). Fare kobaylar üzerinde yapılan bir çalışma, KHİSM'nin kemik rejenerasyon kapasitesini ortaya çıkarmıştır. Çalışmada, farelerdeki periapikal lezyonları tedavi etmek için Vitapex kullanılmıştır ve hem histolojik hem de moleküler olarak gelişmiş BMP-2 ekspresyonu vurgulanmıştır (Xia, 2013).

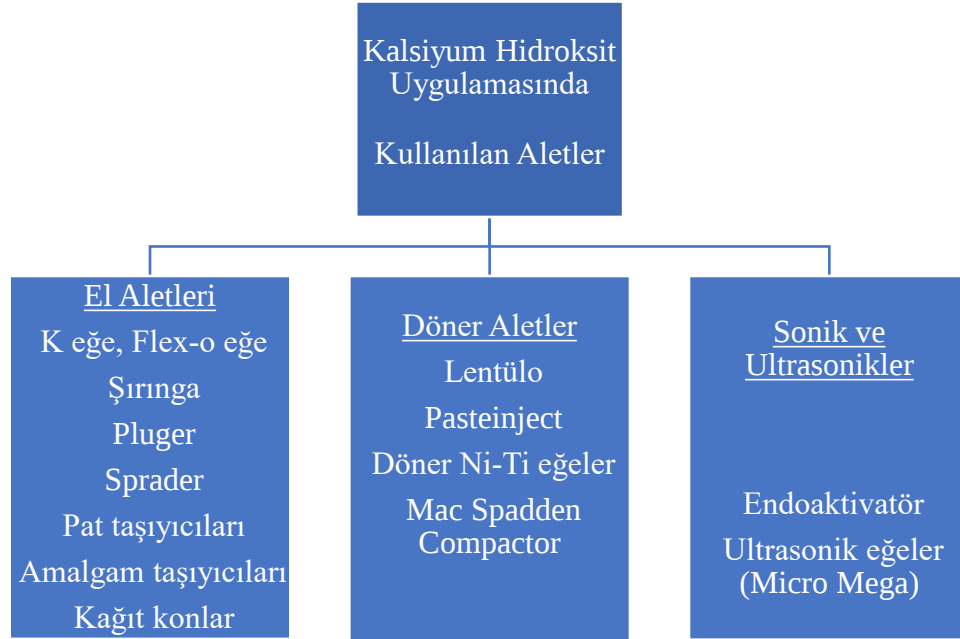
Al Khasawnah ve arkadaşlarının (2018), iodoformlu kalsiyum hidroksit patı kullanılarak 29 periapikal lezyonlu dişin iyileşmesini inceleyen bir çalışmada kemikteki lezyon boşluğu medikaman ile doldurulmuştur ve incelenen vakalarda iyileşme süresi 40 ila 120 gün arasında olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada avülse alt anterior dişlerin tedavisinde KHİSM kullanılmıştır. Periapikal lezyonların tedavisinde

cerrahi olmayan yaklaşımlar olarak iyodoformlu kalsiyum hidroksit patının kullanımının yüksek başarı oranı gösterdiği belirtilmiştir.

2.5.5.2 Kalsiyum Hidroksitin Uygulanması

Kalsiyum hidroksitin etki etmesi için doku ile temas halinde olması gerekir. Alternatif olarak karışım steril, tek dozluk paketlerden uygulanabilir fakat yöntemler genel olarak el aletleri, döner aletler, sonik ve ultrasonik cihazlar olarak sınıflandırılabilir. El aletleri K file, Flex-O-file, plugger, spreader, pat taşıyıcıları, amalgam taşıyıcıları ve kağıt konları içerir; döner aletler, pat taşıyıcıları (lentulo spiraller), PasteInject (Micro Mega), döner nikel titanyum (Ni-Ti) eğeleri ve McSpadden Compactor'ı içerir; sonik ve ultrasonik cihazlar, ultrasonik uçlar (Micro Mega®) ve Endo-Activator (Dentsply) cihazları aracılığıyla sonik aktivasyonu içerir. Yapılan bir çalışma medikamanın yoğunluğunu bozduğundan dolayı sonik aktivasyon cihazlarının medikaman yerleştirmek için uygun olmadığını bildirilmiştir (Galvão ve ark., 2017).

Çizelge 2.1: Kalsiyum hidroksit uygulamasında kullanılan aletler



Medikamanın yerleştirilmesi, spiralın kanal duvarları üzerindeki etkisinden kaynaklanmaktadır. Maksimum etki için, lentulo , kanal duvarlarına sıkışmadan kök kanalının boyutuna göre mümkün olduğunca büyük olmalı ve medikamanı yerleştirme için çalışma uzunluğundan 2 mm kısa yerleştirilmelidir (Bhalla ve Chockattu, 2021).

El aletiyle yerleştirme için çalışma boyuna ayarlanmış ana apikal eçe önerilir, oysa döner aletler kullanılırken, döner aletler dolgu malzemesini apeksin ötesine kaydırma ve yerinden çıkarma eğiliminde olduğundan, çalışma boyundan 2 mm kısa olarak ayarlanmalıdır (Bhalla ve Chockattu, 2021).

Kalsiyum hidroksit karışımı, mümkün olduğu kadar çok Ca(OH)_2 partikülü taşımak için katı olmalıdır; bununla birlikte, yeterli nemi muhafaza etmek ve sonuçta ortaya çıkan yüksek bir pH ile devam eden ayrışmayı desteklemek için fazla kurutulmamalıdır. Kalsiyum hidroksit tiksotropik bir davranışa sahiptir, yani malzeme ne kadar katı olsa da ajite edildiğinde akışkan olacaktır (Farhad ve Mohammadi, 2005). Maksimum etkinlik için kök kanalı çalışma boyuna kadar homojen olarak doldurulmalı ve bunu doğrulamak için bir radyografi çekilmelidir. Çalışmalar, kanalın radyografik apeksin 1 mm yakınına kadar kalsiyum hidroksit ile tamamen

doldurulmasının, kökün dış yüzeyinde apekten 3 veya 5 mm kısa doldurmaktan daha büyük pH değişikliğine neden olduğu sonucuna varmıştır (Chamberlain ve ark., 2009).

2.5.5.3 Kök Kanallarından Kanal İçi Medikamanların Uzaklaştırılması

Kalsiyum hidroksit gibi kanal içi medikamanlar kanal dolgusundan önce kök kanalından tamamen çıkarılmalıdır çünkü medikaman kalıntıları obtürasyonun kalitesini olumsuz etkiler (Çalt ve Serper, 1999). Kalsiyum hidroksit patı, akışkan formunda kanal düzensizliklerine nüfuz edebilir ve bu da medikamanı kanal içinden çıkarmanın zorluğunu artırır (Naaman ve ark., 2007). Kalıntı kalsiyum hidroksit, dentine bağlanma gücünü ve patların dentin tübüllerine nüfuz etmesini etkileyebilir (Barbizam ve ark., 2008). Konvansiyonel irrigasyon teknikleri, kalsiyum hidroksiti isthmus ve apikal deltalardan etkili bir şekilde uzaklaştırmaz (Van der Sluis ve ark., 2007). Kalsiyum hidroksitin faydalarına rağmen, artıkları, patların dentin tübüllerine girmesini engelleyerek apikal sızıntıya neden olabilir (Arslan ve ark., 2014). $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in tamamen çıkarılması prosedürü, NaOCl irrigasyonu ve EDTA kullanımı ile birlikte çalışma uzunluğunda ana apikal eğenin (MAF) kullanımını (Lambrianidis ve ark., 2006), döner aletlerin kullanımını (Wigler ve ark., 2017) ve sonik veya ultrasonik olarak etkinleştirilen uçların ve cihazların irrigasyon teknikleriyle birlikte kullanılmasını içerir (Gorduysus ve ark., 2012).

Denna ve arkadaşlarının (2020), kalsiyum hidroksiti kanaldan uzaklaştırırken XP-Endo Finisher ve farklı irrigasyon tekniklerini karşılaştırdıkları çalışmada, tüm deney gruplarında kök kanallarının orta ve koronal üçlüsünde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in tamamen uzaklaştırıldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in apikal üçlünden tamamen uzaklaştırılması deney gruplarının hiçbirinde sağlanamamıştır. Kalsiyum hidroksitin kök kanalından uzaklaştırılması ile ilgili yapılan bazı çalışmaların verileri de bu çalışma ile paralel olup asıl güçlüğün kökün apikal üçlüsünden medikamanın uzaklaştırılması olduğu bildirilmiştir (de Lima Dias-Junior ve ark., 2021, Turkeydin ve ark., 2020). Bu durum, konik kök kanal sisteminin normal anatomik morfolojisine

bağlanabilir. Orta ve apikal çaplara kıyasla daha büyük olan koronal çap, kökün koronal üçlüsünde irrigasyonu ve Ca(OH)_2 'nin uzaklaştırılmasını kolaylaştırır (Balvedi ve ark., 2010, Kenee ve ark., 2006). Ca(OH)_2 , özellikle apikal anatomik varyasyonlar mevcut olduğunda, çıkarma prosedürü sırasında apikal olarak birikme eğilimindedir (Lambrianidis ve ark., 1999). Ayrıca irrigasyon iğnesinin ve ultrasonik ucun çalışma boyundan 2 mm kısa yerleştirilmesi bu alanı ultrasonik aktivasyonun direkt etkisi olmadan bırakmakta ve irrigasyonun etkisini sınırlandırmaktadır (Wiseman ve ark., 2011).

Li ve ark. (2015) ve Pabel ve Hülsmann (2017), apikal üçlüde ultrasonik irrigasyonun EndoActivator irrigasyonundan daha yüksek oranda kalsiyum hidroksit elimine ettiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, kalsiyum hidroksit medikamanının uzaklaştırılmasında Wiseman ve ark. (2011), ultrasonik aktivasyonun sonik aktivasyondan daha etkili olduğunu bildirirken; Khaleel ve Al Ashaw (2013) kalsiyum hidroksit eliminasyonu açısından PUI ve EndoActivator arasında önemli bir fark olmadığını bildirmiştir.

Türkaydın ve ark. (2020), kalsiyum hidroksit medikamanının uzaklaştırılmasında sonik ve ultrasonik irrigasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bulmuşlardır. Irrigasyon hacimlerindeki ve kullanılan irrigan türlerindeki farklılıkların, çalışmalar arasındaki farklılıkları açıklayabileceğini belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmanın sonucunda, CanalBrush, EndoActivator ve PUI arasında Calcipast Forte'un oluklardan çıkarılmasında önemli bir fark olmadığı bulunmuştur ayrıca bu çalışmada kullanılan tekniklerin hiçbirinin, kök kanal medikamanını tamamen ortadan kaldırmadığını; iyodoform ve p-klorofenol içerikli kalsiyum hidroksiti uzaklaştırmanın, su bazlı kalsiyum hidroksiti uzaklaştırmaktan önemli ölçüde daha zorken, irrigasyon tekniğinin önemli bir faktör olmadığını bildirmişlerdir. Taşdemir ve ark. (2011) ise PUI ve CanalBrush arasında anlamlı bir fark olmadığını fakat iğne irrigasyonu ile karşılaştırıldığında daha üstün sonuçlar bulunduğunu vurgulamışlardır. Garip ve ark. (2010), CanalBrush ile irrigasyonun iğne irrigasyonundan daha temiz kanal duvarları oluşturma eğiliminde olduğunu göstermiş; ancak farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını bildirmişlerdir. Buna karşılık,

Türker ve ark. (2013) CanalBrush'ın kalsiyum hidroksiti apikal üçlünden ayırmadığını, aksine kanalların apikal kısmına ittiğini belirtmişlerdir.

Harzivartyan ve arkadaşlarının (2021) kök kanalından kalsiyum hidroksit uzaklaştırmak için farklı solüsyonları ve teknikleri kullandıkları bir çalışmada ise, hiçbir irrigasyon solüsyonu ve aktivasyon tekniğinin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i tamamen gideremediği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, kanal içi medikaman uzaklaştırılırken irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl kullanılıyorsa, pasif ultrasonik irrigasyonun kullanılması önerilmiştir.

2.5.6 Antibiyotikler

Antibiyotik kombinasyonları, rejeneratif endodontik stratejiler sırasında bir pat olarak incelenmiştir. İkili ve üçlü antibiyotik patlarının (DAP ve TAP) tekli ve çok türlü biyofilmlere karşı etkinliği konusunda tutarsızlıklar vardır. İlk olarak Sato ve arkadaşları (1996), metronidazol, siprofloksasin ve minosiklinden oluşan üçlü antibiyotik rejimini, in vitro olarak Escherichia coli ile enfekte dentine karşı etkinliği açısından test etmişlerdir. Antibiyotik karışımının bakterileri yok etmek için yeterince güçlü olduğu bulunmuştur (Thibodeau ve ark., 2007). Üçlü antibiyotikli patın apikal periodontitisli immatür olgunlaşmamış dişlerin dezenfeksiyonunda klinik etkinliği bildirilmiştir (Windley III ve ark., 2005). Bu antibiyotik karışımı rejeneratif endodontik tedavi protokollerinde kök kanallarının dezenfeksiyonu için tercih edilen ilaçlardan birisidir.

Üçlü antibiyotik patı kullanmanın dezavantajı olarak, minosiklin dentinin kalsiyumuna bağlanarak çözülmeyen kompleksler oluşturup kron renklenmesine sebep olduğu için yerine doksisisiklin kullanımı önerilmektedir (Ghabraei ve ark., 2018). Kanal içi antibiyotik patı kullanmanın olası bir endişesi, bakteri direncine neden olabilmesidir. Ek olarak, minosiklinin kanal içi kullanımı diş renginin değişmesine neden olarak potansiyel kozmetik komplikasyonlara neden olabilir. Bu nedenle ikili pat (metronidazol, siprofloksasin) ve alternatif olarak bu protokolün

Ca(OH)₂ lehine terk edilmesi düşünülmüştür (Law, 2013). Böyle bir değişikliğin başka bir nedeni, antibiyotik tozundan hazırlanan patın kök hücrelerine yönelik rapor edilen yüksek toksisite (Ruparel ve ark., 2012) ve hastalarda olası alerjik reaksiyonların, bu ilaç kategorisiyle ilgili önemli endişeler olmaya devam etmesi olabilir. Mevcut kanıtlarla, kanal içi ilaçların çok türlü biyofilmlere karşı etkili olup olmadığı belirsizliğini korumaktadır (Neelakantan ve ark., 2017).

2.5.7 Steroidler

Steroidler, ağrı ve iltihabı azaltmak için kök kanal sistemi içinde lokal olarak kullanılmıştır. Ledermix (Lederle Pharmaceuticals, Wolfratshausen, Almanya), 1960'larda Profesör André Schroeder tarafından geliştirilmiş, ticari olarak temin edilebilen bir üründür (Schroeder, 1975). Aktif bileşenler, geniş spektrumlu antibiyotik, demeklosiklin ile kombinasyon halinde güçlü antiinflamatuvar kortikoid triamsinolon asetoniddir. Bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılan kanal içi bir medikamandır. Ledermix pat, esas olarak hasta endodontik semptomlar gösteriyorsa, ilk pansuman olarak önerilmiştir (Schroeder, 1975). Bu pat, bir anti-inflamatuvar ajan olarak %1 konsantrasyonda triamsinolon asetonid içerir (Klotz ve ark., 1965). Klinik etkisi, pulpa ve periodonsiyumun akut enflamatuvar durumlar ile ilişkili ağrının hızlı bir şekilde giderilmesidir.

Ledermix pat, kök kanal medikamanı olarak, direkt ve indirekt pulpa kaplama maddesi olarak kullanım için, sertleşmeyen, suda çözünür bir malzemedir. Bu patın etki mekanizmaları, bakterilerde ribozomal protein sentezinin inhibisyonuna dayanır. Kök kanal medikamanı olarak kullanıldığında Ledermix patından triamsinolonun salınım ve dentin difüzyon özellikleri farklı koşullar altında araştırılmıştır (Abbott ve ark., 1989a, Abbott ve ark., 1989b). Sonuç olarak, bu çalışmalar triamsinolonun kök kanalındaki Ledermix patından salındığını ve dentin tübülleri, lateral kanallar ve apikal foramenlerden difüzyon yoluyla sistemik dolaşıma ulaşabildiğini göstermektedir.

Çinko oksit öjenol macunu ile kombinasyon halinde steroid triamsinolon kullanımı, yakın zamanda Odontopaste'in (Avustralya Diş İmalatı, Brisbane, Avustralya) piyasaya sürülmesiyle popüler hale gelmiştir; ancak bu ürünün klinik etkinliğine ilişkin veriler sınırlıdır.

2.5.8 Biyoaktif Camlar

Biyoaktif cam (BAG), yakın zamanda, iyi belgelenmiş sonuçları olan bir kanal içi medikaman olarak tanıtılmıştır (Zehnder ve ark., 2004). BAG, çeşitli konsantrasyonlarda silisyum dioksit, sodyum oksit, kalsiyum peroksit ve diamonyum fostat'tan oluşur (Kishen, 2010). BAG'ın antibakteriyel mekanizması, yüksek pH, ozmotik basınçta artış ve kalsiyum/fosfor çökmesi gibi faktörlerin bir kombinasyonuna bağlanmaktadır (Stoor ve ark., 1998). Son zamanlarda, endodontik rejenerasyon için kullanımı araştırılmaktadır.

2.5.9 Nanopartiküller

Nanoteknoloji kavramı ilk olarak 1959'da Richard Feynman tarafından tartışılmıştır; konu Shrestha ve Kishen tarafından gözden geçirilmiştir (Shrestha ve Kishen, 2016). Nanoteknoloji, yaklaşık 1 ila 100 nm arasında parçacıklar kullanılarak nano ölçekte yürütülen bir bilimdir. Parçacıklar şekillerine göre atom kümeleri, taneler, lifler, filmler, nano delikler ve bu kombinasyonlardan oluşan kompozitler olarak sınıflandırılabilir. Diş hekimliğinde nanoteknoloji şu alanlarda araştırılmaktadır: lokal nanoanestezi, aşırı duyarlılık tedavisi, dişin yeniden konumlandırılması, nanorobotik diş macunu, diş dayanıklılığı, kozmetik, nanodiagnostik ve gen tedavisi (Bhardwaj ve ark., 2014).

Endodontide nanopartiküller, geniş spektrumlu antibakteriyel aktiviteleri nedeniyle kök kanallarının verimli dezenfeksiyonu için geliştirilmektedir.

Endodontide değ rlendirilen nanopartiküller arasında Kitosan (CS-np), çinko oksit (ZnO-np) ve g m     (Ag-np) nanopartiküller bulunur (Markan ve ark., 2017).

2.5.10 Çalışmamızda Kullanılan Medikamanlar

Calcipast (Cerkamed, Polonya): Önceden karı tırılmı  kullanıma hazır t p içindeki kalsiyum hidroksit medikamanıdır.  ltihabı azaltması, antibakteriyel etkiye sahip olması, hasarlı periapikal dokuların yeniden yapılanmasını sağlaması ve dentin oluşumunu teşvik etmesi gibi özellikleriyle tanıtılan bir preperattır. Kök kanal sistemi içine sızıntı oluşmasını engellediği de bildirilmiştir. Materyal suda    n r özelliktedir. Calcipast, %15 kalsiyum hidroksit, %10 baryum sülfat, %20 propilen glikol içermektedir. Radyopak bir materyaldir. (pH>12) (Calcipast, 2014)

Calcipast+  (Cerkamed, Polonya): Önceden karı tırılmı  kullanıma hazır t p içindeki iyodoform ile güçlendirilmiş kalsiyum hidroksit medikamanıdır.  ltihabı azaltması, antibakteriyel etkiye sahip olması, hasarlı periapikal dokuların yeniden yapılanmasını sağlaması ve dentin oluşumunu teşvik etmesi gibi özellikleriyle tanıtılan bir preperattır. Kök kanal sistemi içine sızıntı oluşmasını engellediği de bildirilmiştir. Materyal suda    nmez özelliktedir. Calcipast+  içeriği, %10 kalsiyum hidroksit, %5 baryum sülfat, %30 iyodoform, %10 1,2-propanodiol şeklindedir. (pH>11) (Cerkamed, 2014)

2.6 Kök Kanal Dolgusunun Başarısını Etkileyen Faktörler

Endodontik tedavi görmüş di in yaşam süresi; biyolojik ve mekanik pek çok faktöre bağlı olmakla beraber, doğru teşhis ve planlama, yeterli ve uygun dezenfeksiyon,  killendirme, doldurma (koronal ve apikal) prosedürleri ile başarı oranı artmaktadır (Ng ve ark., 2007).

Kök kanal dolgusunun amacı, koronal açıklıktan apikale kadar tüm kökün hermetik ve sızdırmaz bir şekilde örtülmesidir. İdeal kök kanal dolgusu iyi kondanse edilmiş, periodonsiyuma geçiş yolu olacak tüm foraminalleri örten, şekillendirilmiş kök kanal duvarlarına adapte olmuş ve apikal tıkaçta sonlanmış olmalıdır (Leduc ve Fishelberg, 2003). İyi bir kök kanal dolgusu ile;

1. Koronal sızıntı önlenir.
2. Yaşayabilen bakterileri kök kanal boşluğuna hapsederek çoğalmalarını ve/veya periapikal dokularla ilişkilerinin kesilmesi sağlanır.
3. Kanal içinde yaşamaya devam eden bakterilere, besin kaynağı olabilecek periapikal sıvıların geçişi önlenir (Trope ve ark., 2015).

İyi bir örtüleme dişin prognozunun daha iyi olacağı anlamına gelmektedir (Peng ve ark., 2007). Yapılan çalışmalar iyi bir kök kanal dolgusunun hem primer kanal tedavisi hem de kanal tedavisi tekrarının başarısına katkıda bulunduğunu göstermiştir (de Chevigny ve ark., 2008, Ng ve ark., 2008).

2.6.1 Çalışmamızda Kullanılan Kök Kanal Dolgu Patları

AH Plus Kanal Patı: 1954 yılında epoksi rezin kökenli AH26 patı Schröder tarafından piyasaya sürülmüştür (Schroeder, 1957). Likitte bulunan Bisfenol A-diglisidlerin, tozdaki hekzametilen tetraaminle kombinasyonu ile polimerizasyonu başlamaktadır. Bu reaksiyon sırasında formaldehit açığa çıkar. Bu sebeple AH26'nın epoksi amin yapısı korunarak, renkleşme eğilimi ve formaldehit açığa çıkışının ortadan kaldırılması sonucunda AH Plus geliştirilmiştir. AH Plus kök kanal patında titanyum dioksit bulunmamaktadır ve AH26 içeriğindeki hekzametilentetramin içeriği %25'den %20'ye düşürülmüştür (Spångberg ve ark., 1993). AH Plus kanal patına termoplastik özellik kazandırılarak gerektiğinde materyalin sökülmesi kolaylaştırılmıştır. Ah Plus patı iki tüpten oluşmaktadır.

A Patı (Epoksi pat): Epoksi rezin, kalsiyum tungsten, zirkonyum oksit, aerosil, demir oksit içerir. A Patı 1 gramdır.

B Patı (Amin patı): 1-adamantan amin, N-dibenzil-5-oksanon-diamin-1,9, TCD-diamin, kalsiyum tungsten, zirkonyum oksit, aerosil ve silikon yağı içerir. B Patı 1,18 gramdır.

A ve B patları eşit hacimlerde kullanılarak homojen bir kıvam elde edilinceye kadar metal spatülle karıştırılır. İki pat karıştırılırken ‘poliaddition reaksiyonu’ başlar. Bu etkileşimde artık monomer kalmadığı söylenmektedir. Materyalin büzülmesi ve eririliliği azaltılarak boyutsal stabilite kazandırılmıştır. Kanala kolay yerleştirilmesi amacıyla hafif tiksotropik olarak hazırlanmıştır (Roggendorf, 2004).

AH Plus kanal patı yıllardır en çok kullanılan kanal patlarından biridir, kalsiyum hidroksit, metakrilat rezin ve cam iyonomer esaslı patlardan daha düşük çözünürlük ve parçalanma, daha iyi apikal tıkaç oluşturma özelliğine sahiptirler. AH Plus nem kontaminasyonundan etkilenmektedir. Bu da doku sıvılarının bulunduğu periapekte, apikal sızdırmazlığı olumsuz yönde etkilemektedir (Ersahan ve Aydın, 2010).

Sure-Seal Root Kanal Patı: Kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları sertleşme esnasında boyutsal olarak büzülme göstermeyen, biyolojik ortamlarda kimyasal olarak stabil olan, vital doku temasında inflamatuvar cevaba yol açmayan, düşük toksisiteli, genellikle zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit, hidroksiapatit doldurucu ve sertleştirici maddeler içeren materyallerdir. Materyaller hidroksi apatit oluşturmakta, dentin ve dolgu materyalleri arasında bağlantıyı arttırabilmektedir (Kim ve ark., 2015).

Sure-Seal Root (Sure Dent Corporation-Kore), tipik olarak önceden karıştırılmış ve kanalları doldurmaya hazır şırınga ile uygulanan ve sertleşme işlemi sırasında büzülme göstermeyen kalsiyum silikat bazlı bir kanal dolgu patıdır. Üretici tarafından sunulan özellikleri; hidrofilik özellik göstermesi, biyouyumlu olması, hidroksiapatit

oluşumu, ideal donma ve çalışma süresidir (Kim ve ark., 2015). Ayrıca pH değeri 12 olduğundan antibakteriyel özellik gösteren bir pottır (Huang ve ark., 2017).

Sure-Seal Root kanal patı içeriği: Alümina, zirkonyum, biyo-aktif cam, cam seramik, radyoterapi cam, kompozit, hidroksiapatit ve rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar.

2.7 Bağlanma Dayanımının Öölmesinde Kullanılan Yöntemler

Kanal tedavisinin başarısında, uygulanan materyalin dentinle olan bağlantısının başarıyı doğrudan etkilediği keşfedildiğinden beri, bağlantının klinik ve laboratuvar olarak test edilmesi ihtiyacı doğmuştur. Klinik testlerin uygulanması zordur ve hasta üzerinde çalışmayı gerektirdiğinden pratik olarak bilgi almak mümkün olmayabilir. Bu konudaki in vitro çalışmalar ise hızlı sonuç elde edilmesi ve kliniğe ön bilgi sağlaması açısından oldukça faydalıdır. Ancak kliniği tam olarak yansıtamamaları en büyük dezavantajlarıdır.

Bağlanma dayanımı, test edilecek materyalle dentin arasındaki bağlanmayı koparabilecek birim alana düşen kuvvettir ve megapaskal (MPa) cinsinden hesaplanır. Bağlanma dayanımı test edilirken uygulanan kuvvetin yönüne göre temel olarak üç test kullanılır (Van Meerbeek ve ark., 2010).

2.7.1 Makaslama (Shear Bond Strength)

Bu yöntemde kuvvet materyal ve dentinin bağlandığı ara yüzeye paralel olarak uygulanır ve bağlanmanın olduğu ara yüzeye kuvvet arasında bir moment kolu oluşur. Moment kolu 0,5 mm'den uzun olduğunda örneğın şeklinden ve moment kolunun uzunluğundan bağımsız sonuçlar almak mümkün olmamaktadır. Bu testin en büyük kısıtlaması ise kuvvet ucunun bağlanma ara yüzeyine paralel olarak ayarlanmasının

zorluğudur. Tam bir paralellik sağlanmadığında devrilmeler oluşur ve bu durum testin güvenilirliğini olumsuz etkiler (Sudsangiam ve van Noort, 1999).

2.7.2 Gerilim (Tensile Bond Strength)

Bu testte dentin üzerine uygulanmış olan materyal bir kanca yardımıyla sabit hızla çekilir. Dentin yüzeyi ve materyal aynı düzlemde olduğu için güvenilirliği daha yüksek olsa da homojen stres dağılımı elde etmek neredeyse olanaksızdır. Bunun nedeni ise elastik ve plastik deformasyonları farklı olan yüzeylerin bir araya getirilmesidir (Zhu ve ark., 2018).

2.7.3 Dışarı itme (Push-out Bond Strength)

Dental materyallerin kök dentinine bağlanma dayanımını değerlendirmek için çekme bağlanma dayanımı (tensile bond strenght), makaslama bağlanma dayanımı (shear bond strenght) ve itme bağlanma dayanımı (push-out bond strenght) testleri kullanılmaktadır. Bu testler içerisinde itme testinin daha güvenilir olduğu ve daha düşük bağlanma dayanımı değerlerini ölçebildiği için oldukça hassas bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Goracci ve ark., 2004).

İtme bağlanma dayanımı testlerinde materyal üzerine sabit hızda kuvvet uygulandığında dentin bağlanma ara yüzünde paralel kuvvet oluşmakta ve bağlanma dayanımı kliniğe en yakın koşullarda test edilebilmektedir (Drummond ve ark., 1996).

Bu teknikte elde edilen belirli kalınlıktaki dentin kesitlerinin ortasında önceden hazırlanmış olan belirli çaptaki kavite boşluğunun içerisine test edilecek materyallerin yerleştirilip universal test cihazına bağlanarak uygulanan kuvvet neticesinde meydana gelen bağlanma dayanımının ölçülmesi esas alınmıştır (Frankenberger ve ark., 2000). Oluşturulan numuneler test cihazına bağlanır ve kuvvet ucu dentin disklerinin ortasındaki endodontik materyale gelecek şekilde yerleştirilir, kuvvet ucu, kök kanal

duvarına dokunmadan incelenecek olan materyalin neredeyse tamamını kaplayacak genişlikte olmalıdır ve sabit bir hızda kuvvet uygulanır. Bu yöntem, kök kanal materyallerinin bağlanmasını test etmek için kullanılmaktadır. Diğer testlere göre bu testin bazı avantajları vardır. Bu test yöntemi numuneler arasındaki küçük farklılıklara ve kuvvet uygulanması sırasındaki kuvvet dağılımındaki değişikliklere karşı daha az hassastır ve numunelerin test için hizalaması kolaydır (Ungor ve ark., 2006).

Küçük çaplı paslanmaz çelik uç ile ittirilen kök dolgu materyalini yerinden oynatmak için gerekli olan maksimum itme kuvveti Newton cinsinden kaydedilir ve bu değer bağlanma alanına (mm²) bölünerek bağlanma dayanımı megapaskal (MPa) birimiyle ifade edilmektedir. Başka bir deyişle, push-out değeri, kuvvet ile kök ucu dolgu materyali ve kanal duvarı arasındaki yüzey alan hesaplanarak ölçülmektedir.

İtme bağlanma dayanımı testi, endodontik materyaller ile diş yapısı arasındaki bağlanma etkinliğini belirlemek üzere kullanılan popüler bir yöntem haline gelmiştir. Haller ve ark. (1991) (Haller ve ark., 1991), push-out testinin etkili ve tekrarlanabilir olduğunu göstermiştir. Bu yöntemin bir başka avantajı da bağlanma dayanımı düşük olsa bile kök kanalında kullanılan materyallerin değerlendirilmesine izin vermesidir.

2.8 Çalışmanın Amacı

Kalsiyum hidroksit gibi kanal içi medikamanlar seanslar arasında dezenfeksiyonu sağlamak için uygulanmaktadır. Kök kanal sisteminden Ca(OH)₂ bazlı medikamanların çıkarılmasının zorluğu, endodontik patların sızdırmazlık özelliklerini değiştirme olasılığı ve patların dentine bağlanma dayanımlarını etkileme olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, sonik aktivasyon ve manuel dinamik aktivasyon yöntemleriyle kanaldan uzaklaştırılan kalsiyum hidroksit ve iyodoformlu kalsiyum hidroksit medikamanlarının, epoksi rezin ve kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının dentine bağlanma dayanımlarını push out testi ile değerlendirilmesidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Örneklerin Seçilmesi ve Çalışma İçin Dişlerin Hazırlanması

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'nun 24.01.2022 tarihli 03/04 sayılı onayı ile yapıldı. Periodontal ve ortodontik nedenlerle yeni çekilmiş 80 adet, çürüksüz, restoratif işlem görmemiş insan üst kesici diş (tek köklü, yuvarlak kanal yapısına sahip dişler) çalışmada kullanılmak amacıyla toplandı. Çekilen dişler 24 saat cam kavanoz içinde %2 lik timol solüsyonunda saklandı. Dişlerin üzerindeki diş taşları, organik debris ve yumuşak dokular periodontal küret (#3-4 Gracey, Nordent, USA) vasıtasıyla dişlerin kök yüzeylerine zarar vermeden dikkatlice temizlendi ve dişler çalışmada kullanılıncaya kadar distile suda ve oda sıcaklığında bekletildi. Dişler standardizasyonu sağlamak için, kök uzunluklarının ve genişliklerinin benzer olmasına, radyografik değerlendirmede tek ve düz bir kanalın izlenmesine, kanalda kalsifikasyonların ve rezorbsiyonların bulunmamasına özen gösterildi.

Dişler kök boyu apekten itibaren 12 mm olacak şekilde dijital kumpas kullanılarak ölçüldü ve işaretlendi. Kök uzunluğunun standardizasyonunu sağlamak ve düz bir referans hattı elde etmek amacıyla dişlerin kuronları bu işaretlenen noktadan su soğutması altında hassas kesim cihazı (Micracut, Metkon; Bursa, Türkiye) kullanılarak uzaklaştırıldı. Kanal içerikleri turnerf yardımı ile uzaklaştırıldı. Kanal boyunun belirlenmesi için 15 numaralı K tipi (Dentsply Maillefer) el eğesi kanalda ilerletildi. Eğe ucunun apikal forameninden görüldüğü mesafe ölçüldü, çalışma boyu ise bu boydan 1 mm kısa olarak belirlendi.



Şekil 3.1: Dişlerin dijital kumpas ile ölçümü



Şekil 3.2: Hassas kesim cihazı ile dişlerin kuron bölümlerinin uzaklaştırılması

Kök kanal preperasyonları firmaların talimatları doğrultusunda X-Smart Plus (Dentsply, Maillefer Ballaigues, İsviçre) endodontik motor kullanılarak ProTaper Universal (Dentsply Maillefer) döner alet sistemleri ile motorun eğe için özel modunda yapıldı. Öncelikle Sx eğe ile koronal 1/3 lük kısım şekillendirildi. Ardından S1 S2 F1 F2 eğelerle preperasyonlar yapıldı. Son eğeleme için F3 eğe kullanıldı. Eğeler arası 2 ml %5,25 lik NaOCl ile irrigasyon yapıldı. Preperasyon bittiğinde 2 ml %5,25 NaOCl

ve 2 ml %17 EDTA solüsyonları ile kök kanalları yıkandı. Son irrigasyon olarak 2 ml distile su ile irrigasyon yapıldıktan sonra kanallar kağıt konularla kurutuldu.



Şekil 3.3 : Kök kanal şekillendirilmesinde kullanılan Protaper Universal eğe seti (Dentsply Maillefer)

3.2 Deney Gruplarının Oluşturulması

Preparasyonun tamamlanmasını takiben tüm örnekler her bir grupta 8 adet olacak şekilde rastgele, deneysel ve kontrol olmak üzere 10 farklı gruba ayrıldı.

Çizelge 3.1: Deney gruplarının belirlenmesi

Deneyisel Gruplar	Manuel Dinamik Aktivasyon + AH Plus	Manuel Dinamik Aktivasyon + Sure-Seal Root	Sonik Aktivasyon + AH Plus	Sonik Aktivasyon + Sure-Seal Root
Calcipast	8	8	8	8
Calcipast+İ	8	8	8	8

Kontrol grupları ise AH Plus ve Sure-Seal Root kanal patlarıyla doldurulmak üzere 2 grup şeklinde belirlendi.

3.2.1 Grup 1 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Epoksi Rezin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Bu gruptaki kök kanallarına kullanıma hazır şırınga içindeki $\text{Ca}(\text{OH})_2$ olan Calcipast medikamanı (Cerkamed, Polonya) yerleştirildi. Giriş kaviteleri 2 mm olacak şekilde Cavit G (Espe GmbH, Almanya) ile kapatıldı. Örnekler 7 gün süreyle 37°C sıcaklık ve %100 nemli ortamda, ağız ortamında iki seans arasındaki geçen zamanı temsilen etüvde bekletildi. 7 günün sonunda kök kanalları 5 ml %17 EDTA ile yıkama yapılarak içerisinde tek boyut aktivasyon ucu olan 25/04'lük uç çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde konumlandırılarak 2 dk boyunca Eddy (VDW, Münih, Almanya) ile aktivasyon yapıldı. Ardından 5 ml %5,25 NaOCl ile yıkama yapılarak 2 dk boyunca Eddy ile aktivasyon yapılarak medikaman uzaklaştırıldı. Son irrigasyon olarak 2 ml distile su uygulandıktan sonra kanallar kağıt konlarla kurutuldu. Kök kanalları AH Plus kanal patı (Dentsply, Almanya) kullanılarak 30 luk açısız güta perka (Dentsply, Maillefer, İsviçre) ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.



Şekil 3.4: Çalışmamızda kullanılan Calcipast medikamanı (Cerkamed, Polonya)

3.2.2 Grup 2 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Grup 1 için kök kanal dolguları yapıldı. İzlenen prosedür tekrarlandı ve kök kanalları Sure-Seal Root kanal patı (Sure Dent Corporation, Güney Kore) ile 30 luk açısız güta perka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.



Şekil 3.5: Çalışmamızda kullanılan sonik aktivasyon cihazı Eddy (VDW, Münih, Almanya) ve uçları

3.2.3 Grup 3 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Epoksi Rezin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Bu gruptaki kök kanallarına kullanıma hazır şırınga içindeki Ca(OH)_2 olan Calcipast medikamanı yerleştirildi. Giriş kavimleri 2 mm olacak şekilde Cavit G ile kapatıldı. Örnekler 7 gün süreyle 37°C sıcaklık ve %100 nemli ortamda, ağız ortamında iki seans arasındaki geçen zamanı temsilen etüvde bekletildi. 7 günün sonunda kök kanalları 30 gaugeluk uç kısmı kapalı, uca yakın iki ayrı deliği olan iğne ucu ile çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde 5 ml %17 EDTA ile 2 dk boyunca ardından, 5 ml %5,25 NaOCl ile 2 dk boyunca yıkama yapıldı. İrrigasyon yapılırken son çalışma egesine uygun 30 numaralı K tipi (Dentsply, Maillefer, İsviçre) el egesi çalışma boyunda eğileme ile manuel dinamik aktivasyon sağlanarak medikaman kanaldan uzaklaştırıldı. Son irrigasyon olarak 2 ml distile su uygulandıktan sonra kanallar kağıt konlar ile kurutuldu. Kök kanalları AH Plus kanal patı ile 30 luk açısız

güta perka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.



Şekil 3.6: Çalışmamızda kullanılan 30G uç kısmı kapalı, uca yakın iki ayrı deliği olan kanül

3.2.4 Grup 4 Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Grup 3 için kök kanal dolguları yapıldı. İzlenen prosedür tekrarlandı ve kanallar Sure-Seal Root kanal patı ile 30 luk açısız güta perka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.

3.2.5 Grup 5 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Epoksi Rezin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Bu gruptaki kök kanallarına kullanıma hazır şırınga içindeki iyodoformlu kalsiyum hidroksit medikamanı Calcipast+İ (Cerkamed, Polonya) yerleştirildi. Giriş kavimleri 2 mm olacak şekilde Cavit G ile kapatıldı. Örnekler 7 gün süreyle 37°C sıcaklık ve %100 nemli ortamda, ağız ortamında iki seans arasındaki geçen zamanı temsilen etüvde bekletildi. 7 günün sonunda kök kanalları 5 ml %17 EDTA ile yıkama yapılarak içerisinde tek boyut aktivasyon ucu olan 25/04'lük uç çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde konumlandırılarak 2 dk boyunca Eddy ile aktivasyon yapıldı. Ardından 5 ml %5.25 NaOCl ile yıkama yapılarak 2 dk boyunca Eddy ile aktivasyon yapılarak

medikaman uzaklaştırıldı. Son irrigasyon olarak 2 ml distile su uygulandıktan sonra kanallar kağıt konlarla kurutuldu. Kök kanalları AH Plus kanal patı ile 30 luk açısız güta perka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.



Şekil 3.7: Çalışmamızda kullanılan Calcipast+İ medikamanı (Cerkamed, Polonya)

3.2.6 Grup 6 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Sonik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Grup 5 için kök kanal dolguları yapana kadarki izlenen prosedür tekrarlandı ve kök kanalları Sure-Seal Root kanal patı ile 30 luk açısız güta perka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.

3.2.7 Grup 7 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Epoksi Rezin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Bu gruptaki kök kanallarına kullanıma hazır şırınga içindeki iyodoformlu kalsiyum hidroksit medikamanı Calcipast+İ yerleştirildi. Giriş kaviteleri 2 mm olacak şekilde Cavit G ile kapatıldı. Örnekler 7 gün süreyle 37°C sıcaklık ve %100 nemli ortamda, ağız ortamında iki seans arasındaki geçen zamanı temsilen etüvde bekletildi. 7 günün sonunda kök kanalları 30 gaugeluk uç kısmı kapalı, uca yakın iki ayrı deliği

olan iğne ucu ile çalışma boyundan 1 mm kısa olacak şekilde 5 ml %17 EDTA ile 2 dk boyunca ardından, 5 ml %5,25 NaOCl ile 2 dk boyunca yıkama yapıldı. İrrigasyon yapılırken son çalışma eğesine uygun 30 numaralı K tipi el eğesi çalışma boyunda eğeleme ile manuel dinamik aktivasyon sağlanarak medikaman kanaldan uzaklaştırıldı. Son irrigasyon olarak 2 ml distile su uygulandıktan sonra kanallar kağıt konlar ile kurutuldu. Kök kanalları AH Plus kanal patı ile 30 luk açısız gütta perka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.

3.2.8 Grup 8 İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit Uygulama, Manuel Dinamik Aktivasyon, Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Grup 7 için kök kanal dolgusu yapılana kadarki izlenen prosedür tekrarlandı. Kök kanalları Sure Seal Root kanal patı ile 30 luk açısız gütta perka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.



Şekil 3.8: Çalışmamızda kullanılan Sure-Seal Root kanal patı (Sure Dent Corporation,Güney Kore)

3.2.9 Grup 9 Epoksi Rezin Esaslı Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

Bu grup kontrol grubu olup dişlere medikaman uygulanmadan kanal dolguları yapıldı. Kök kanalları AH plus kanal patı ile 30 luk açısız gütaperka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.



Şekil 3.9: Çalışmamızda kullanılan AH Plus kanal patı (Dentsply, Almanya)

3.2.10 Grup 10 Kalsiyum Silikat İçerikli Kanal Patı ile Kök Kanal Dolgusu

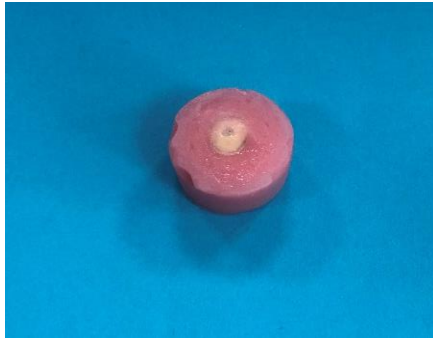
Bu grup kontrol grubu olup dişlere medikaman uygulanmadan kanal dolguları yapıldı. Kök kanalları Sure Seal Root kanal patı ile 30 luk açısız gütaperka ve yardımcı konlar ile lateral kondenzasyon tekniği uygulanarak kök kanal dolguları yapıldı.

3.3 Örneklerin Push-out Testi ile Değerlendirilmesi

Çalışmamızda her bir örnek numaralandırılarak, dişin koronal kısmı alt yüzeye gelecek şekilde soğuk akril ile kalıplar içerisine yerleştirildi. Örnekler kalıplardan çıkarıldıktan sonra kökün koronal, orta ve apikal uçluları işaretlendi. Diş köklerinin işaretlenen bölgelerinden düşük devirde dönen (250-300rpm) su soğutmalı kesme cihazında (Microtome, Mecatom T180; Presi SA, Angonnes, France) 0.5 mm kalınlığında elmas disk kullanılarak kesitler alındı.

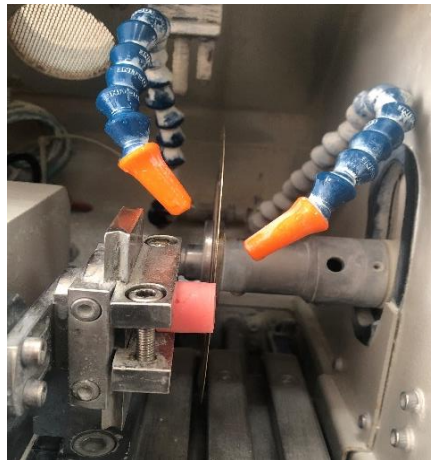


Şekil 3.10: Örneklerin soğuk akril ile kalıplara gömülmesi



Şekil 3.11: Örneklerin kalıptan çıkarıldıktan sonra soğuk akril içindeki görünümü

Her kökün, koronal, orta ve apikal üçlü kısımlarından kök uzun eksenine dik yönde birer adet, 2 mm kalınlıkta dentin diskleri elde edildi. Kesim işlemi, hassas kesme cihazının sınırlamaları dahilinde, istenen boyutlara en az kayıpla ulaşılabilecek şekilde ayarlanarak gerçekleştirildi. Kesitlerin kalınlığı dijital kumpasile ölçülerek teyit edildi.



Şekil 3.12: Hassas kesim cihazı ile dentin disklerinin elde edilmesi



Şekil 3.13: Alınan kesitlerin kalınlığının dijital kumpas ile ölçümü

Alınan kesitler daha sonra push-out bağlanma dayanımı testine yerleştirildi. Yükleme üniversal test cihazında (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham,UK) yapıldı. 0.4 mm çapındaki itici uç apikal ve orta üçlü kesitlerine; 0,6 mm çapındaki itici uç koronal üçlü kesitlerine uygulandı ve sadece kanal dolgu materyali ile teması sağlandı. İtici uç kesitlerdeki kanal dolgu materyaline dik yönde kuvvet uygulandı ve materyal ile dentin arasında kopma gerçekleşene kadar 1mm /dk sabit hız ile uygulandı. Kuvvet Nexygen data-analiz software (Lloyd LRX) kullanılarak kaydedildi.



Şekil 3.14: Push out testinde kullanılan 0.4 mm çapındaki itici uç



Şekil 3.15: Push out testinin uygulanması

3.4 İstatistiksel Analiz

Araştırmamızda kullanılacak istatistiksel analizler IBM SPSS2.0 (Chicago, IL, USA) paket programı ile incelendi. Elde edilen veriler normal dağılıma uygunluğu görsel ve analitik yöntemler kullanılarak değerlendirildi. Deneylerin sonucunda alınan değerler Kolmogorov Smirnov testine göre varyanslarının eşit olmadığı bu sebeple normal dağılıma uymadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden nonparametrik testler tercih edilmiştir. Kullanılan aktivasyon ve medikaman çeşitleri karşılaştırılırken Kruskal Wallis, kök kanal dolgu patları karşılaştırılırken ise Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Sonuçlar yorumlanırken anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanılmış olup; $p \leq 0,05$ olması durumunda anlamlı bir farklılığın olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmamızda kullanılan örnekler 2'si kontrol olmak üzere 10 adet gruba ayrıldı. Sonik ve manuel dinamik aktivasyon yöntemleriyle kanaldan uzaklaştırılan kalsiyum hidroksit ile iyodoformlu kalsiyum hidroksit medikamanlarının, epoksi rezin ve kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının dentine bağlanma dayanımlarını push out testi ile değerlendirdiğimiz çalışmada verilerin istatistiksel analizi yapılmıştır.

1. Grup 1 Ca(OH)_2 uygulama, sonik aktivasyon, epoksi rezin esaslı kanal patı ile kök kanal dolgusu
2. Grup 2 Ca(OH)_2 uygulama, sonik aktivasyon, kalsiyum silikat içerikli kanal patı ile kök kanal dolgusu
3. Grup 3 Ca(OH)_2 uygulama, manuel dinamik aktivasyon, epoksi rezin esaslı kanal patı ile kök kanal dolgusu
4. Grup 4 Ca(OH)_2 uygulama, manuel dinamik aktivasyon, kalsiyum silikat içerikli kanal patı ile kök kanal dolgusu
5. Grup 5 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{I}$ uygulama, sonik aktivasyon, epoksi rezin esaslı kanal patı ile kök kanal dolgusu
6. Grup 6 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{I}$ uygulama, sonik aktivasyon, kalsiyum silikat içerikli kanal patı ile kök kanal dolgusu
7. Grup 7 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{I}$ uygulama, manuel dinamik aktivasyon, epoksi rezin esaslı kanal patı ile kök kanal dolgusu
8. Grup 8 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{I}$ Uygulama, manuel dinamik aktivasyon, kalsiyum silikat içerikli kanal patı ile kök kanal dolgusu
9. Grup 9 epoksi rezin esaslı kanal patı ile kök kanal dolgusu
10. Grup 10 kalsiyum silikat içerikli kanal patı ile kök kanal dolgusu

Yapılan istatistiksel analize göre çizelgelerde her gruba göre sonuçların standart sapmaları ve ortalama değerleri verilmiştir. Bu gruplar içerisinde AH Plus kullanılan gruplar Sure-Seal Root kullanılan gruplara göre kök kanal sisteminde orta apikal ve

koronal üçlüde anlamlı düzeyde daha yüksek bağlanma dayanımına sahip olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.1: Deney gruplarının kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde kanal patlarının bağlanma dayanımı ortalamaları ve standart sapma değerleri

	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Standart Sapma
	GRUP 1	GRUP 2	GRUP 3	GRUP 4	
Apikal Üçlü	1,50	1,30	1,34	1,21	24,7496
Orta Üçlü	1,98	1,84	1,67	1,45	21,7479
Koronal Üçlü	2,32	2,03	1,94	1,71	22,4009

Kalsiyum hidroksit medikamanının sonik aktivasyon ile uzaklaştırıldığı 1. ve 2. deney gruplarının verileri karşılaştırıldığında AH Plus kanal patının Sure-Seal Root kanal patına göre kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde dentine bağlanma dayanımı daha yüksek bulunmuştur. Yine medikamanın manuel dinamik aktivasyonla uzaklaştırıldığı 3. Ve 4. deney gruplarında AH Plus kanal patının Sure-Seal Root kanal patına göre kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde dentine bağlanma dayanımı daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.2: Deney gruplarının kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde kanal patlarının bağlanma dayanımı ortalamaları ve standart sapma değerleri

	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Standart Sapma
	GRUP 5	GRUP 6	GRUP 7	GRUP 8	
Apikal Üçlü	1,34	1,11	1,03	0,97	24,7496
Orta Üçlü	1,71	1,64	1,42	1,37	21,7479
Koronal Üçlü	2,16	1,97	1,72	1,80	22,4009

İyodoformlu kalsiyum hidroksit medikamanının sonik aktivasyonla uzaklaştırıldığı 5. ve 6. grupların değerlerine bakıldığında AH Plus kanal patının dentine bağlanma dayanımı Sure-Seal Root kanal patının bağlanma dayanımından kökün tüm üçlülerinde daha yüksek bulunmuştur. Yine medikamanın manuel dinamik aktivasyonla uzaklaştırıldığı 7. Ve 8. deney gruplarında AH Plus kanal patının Sure-

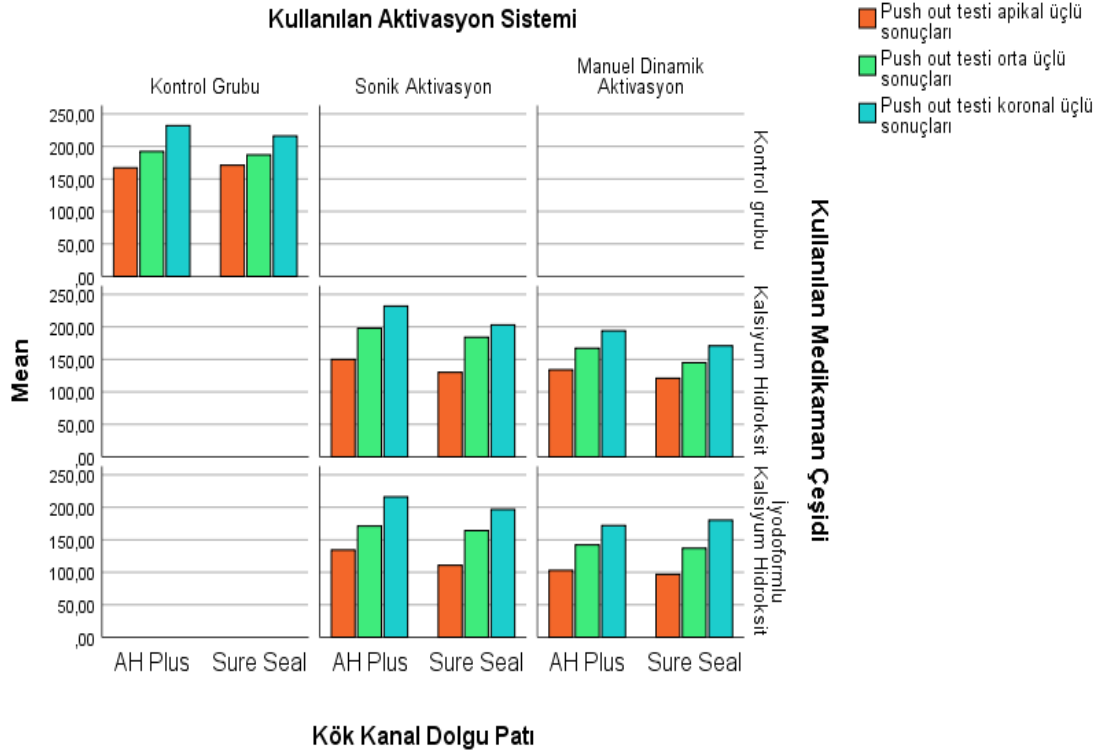
Seal Root kanal patına göre kökün tüm üçlülerinde dentine bağlanma dayanımı daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.3: Kontrol gruplarının kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde pat bağlanma dayanımı ortalamaları ve standart sapma değerleri

	Ortalama	Ortalama	Standart Sapma
	GRUP 9	GRUP 10	
Apikal Üçlü	1,67	1,71	24,7496
Orta Üçlü	1,92	1,87	21,7479
Koronal Üçlü	2,32	2,16	22,4009

Kontrol grubu olarak belirlenen 9. Ve 10. gruplarda ise kökün tüm üçlülerinde AH Plus patının bağlanma dayanımı Sure-Seal Root patından yüksek bulunmuştur.

Tüm deney gruplarının verileri karşılaştırıldığında her grupta patın apikaldeki bağlanma dayanımı orta ve koronal üçlüdeki bağlanma dayanımından daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$).



Şekil 4.1: Deney ve kontrol gruplarının kökün apikal, orta ve koronal uçlülerinde pat bağlanma dayanımı değerleri

Kullanılan aktivasyon sistemine göre patların dentine bağlanma dayanımları karşılaştırıldığında, apikal uçlülerde; en yüksek bağlanma dayanımı gösterenler kontrol grubu sonrasında sonik aktivasyon yöntemi ve en düşük manuel dinamik aktivasyon yöntemi olduğu görülmüştür. Orta ve koronal uçlü değerleri karşılaştırıldığında ise yine en düşük bağlanma dayanımı manuel dinamik aktivasyonda görülmüştür fakat sonik aktivasyon ve kontrol grubu arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Kullanılan medikaman çeşidine göre patların dentine bağlanma dayanımları karşılaştırıldığında; apikal ve orta uçlülerde, kontrol grubu> Calcipast grupları> Calcipast+İ grupları şeklinde olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Koronal uçlü sonuçları değerlendirildiğinde kontrol gruplarının verileri yüksek olup kalsiyum hidroksit ve iyodoformlu kalsiyum hidroksit arasında anlamlı fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin esas amaçlarından biri, mikroorganizma ve ürünlerinin kök kanal sisteminden uzaklaştırılarak dezenfeksiyonun sağlanmasıdır. Tüm mikroorganizmaların kök kanal sisteminden uzaklaştırılması, çeşitli irrigasyon solüsyonları ile desteklenen mekanik enstrümantasyon ve kanal içi medikamanların uygulanması ile gerçekleştirilir. Kalsiyum hidroksit medikamanı ilk defa 1920 yılında tanıtılmıştır (Hermann, 1920) ve günümüzde de antibakteriyel etkileri, ulaşılabilir olması ve geniş endikasyon alanından ötürü en fazla kullanılan kanal içi medikamanlardan biridir.

Kalsiyum hidroksitin farklı ticari preparatları bulunmakta olup enjektörlü kullanıma hazır tüp içinde temin edilebilmektedir. Metapaste (Meta Biomed, Kore), Calcipast Forte (Cerkamed, Polonya) gibi preparatlarda antiseptik olarak iyodoform maddesi de bulunmaktadır. Bu iyodoformlu preparatların kök kanalındaki eksüdayı kurutma etkisi olduğu iddia edilmektedir (Turkaydin ve ark., 2020) ve bu konuda yapılan çalışmalarda bu preparatların periapikal lezyon iyileştirmede etkili olduğu bildirilmiştir (Al Khasawnah ve ark., 2018, Woodyard, 2011).

Kalsiyum hidroksit kanal içi medikaman olarak kullanıldığında kanal doldurulmadan önce, endodontik pat ile kök kanal dentini arasında yeterli tutunmayı sağlamak için tamamen uzaklaştırılmalıdır. Aksi takdirde medikaman artıkları, patların dentin tübüllerine girmesini engelleyerek tüm kanal boyunca sızıntıya neden olabilir (Arslan ve ark., 2014). Kök kanal duvarlarında kalan kalsiyum hidroksitin patların dentine bağlanma gücünü etkilediği, özellikle epoksi rezin bazlı kanal patlarının kök dentinine bağlanma gücünü azalttığı bildirilmiştir (Barbizam ve ark., 2008). Kalsiyum hidroksit bazlı medikamanların kök kanallarından uzaklaştırılmasını değerlendirmek için yapılan çalışmalarda, kökün koronal ve orta üçlülerinden medikaman uzaklaştırmanın sağlanabildiği fakat medikamanın apikal üçlülerden tamamen uzaklaştırılamayacağı gösterilmiştir (de Lima Dias-Junior ve ark., 2021, Denna ve ark., 2020, Turkaydin ve ark., 2020).

Bu çalışmanın amacı, farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle kanaldan uzaklaştırılan kalsiyum hidroksit içerikli medikamanların, kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde kalsiyum silikat içerikli ve epoksi rezin bazlı dolgu patlarının dentine bağlanma dayanımları üzerindeki etkilerini incelemektir.

Kanal içi medikamanların kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasının değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde, molar dişlerin (Wiseman ve ark., 2011) veya tek köklü dişlerin kullanıldığı görülmektedir (Lambrianidis ve ark., 2006). Ancak molar dişlerde; standardizasyonunun sağlanması zor olabildiğinden ve temizleme etkinliğini değiştirebilecek anatomik farklılıklar ortaya çıkabildiğinden bu dişler çalışmamıza dahil edilmemiştir. Çalışmamızda, standardizasyonu sağlayabilmek için tek köklü ve düz kanal morfolojisine sahip üst çene kesici dişleri kullanılmıştır. Kök kanal uzunlukları irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin etkinliğini etkilemektedir (Gu ve ark., 2009). Her grupta irrigasyon etkinliğinin standart olarak karşılaştırılabilmesi amacıyla çalışmamızda her örnek kök uzunluğu 12 mm olacak şekilde işaretlenip kronları kesilerek standardizasyon sağlanmıştır.

Ballal ve arkadaşları (2012) 70 adet üst kesici diş üzerinde, Metapex (kalsiyum hidroksit iyodoform silikon yağlı macunu) ve propilen glikol taşıyıcılı kalsiyum hidroksit medikamanlarının irrigasyon ile kanaldan uzaklaştırılmasını incelemek için bir çalışma yapmışlardır. Bunun için %10 luk sitrik asit, %17 lik EDTA ve %7 lik maleik asit kullanmışlar ve irrigasyon solüsyonlarını ultrasonik uçlarla aktive etmişlerdir. Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde, test edilen irrigasyon maddelerinin hiçbirisi KHİSM karışımını kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştıramadığı; test edilen tüm irriganların kalsiyum hidroksit+propilen glikol karışımını kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırdığını belirtmişlerdir.

Kalsiyum hidroksiti kanaldan uzaklaştırmak için farklı tekniklerin karşılaştırıldığı bir çalışmada, uygulanan hiçbir teknikle kök kanallarından kalsiyum hidroksitin tamamen uzaklaştırılmasının sağlanamadığı sonucuna varılmıştır. Manuel irrigasyonun, diğer tüm aktivasyon teknikleri ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha az etkili olduğu görülmüştür. Eddy ve PUI, kalsiyum hidroksitin çıkarılmasında,

apikal oluklar açısından XP endo Finisher'dan önemli ölçüde etkili olduğu fakat koronal kesitte bir fark bulunmadığı belirtilmiştir (Donnermeyer ve ark., 2019).

Kalsiyum hidroksit medikamanının uzaklaştırılmasıyla ve sonrasında kullanılan patın bağlanma dayanımıyla ilgili yapılan çalışmalarda kök kanallarının orta koronal ve apikal üçlülere ayrı ayrı değerlendirilmektedir (de Lima Dias-Junior ve ark., 2021, Denna ve ark., 2020, Tavella e Silva ve ark., 2021). Bu bilgiler ışığında çalışmamızda, apikal, orta ve koronal kök üçlülerindeki pat bağlanma dayanımları kesitler alınarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar incelendiğinde Eddy, pasif ultrasonik irrigasyon, XP Endo Finisher egesi, EndoActivator, CanalBrush ve iğne ile irrigasyon yöntemlerinin karşılaştırıldığı görülmektedir. Yaptığımız tez çalışmamıza, kolay ulaşılabilir olduğu ve çoğu klinisyen tarafından da kullanıldığı için iğne irrigasyonu ile manuel dinamik aktivasyon yöntemi, Eddy ise sonik bir sistem olduğu ve pasif ultrasonik aktivasyon yaptığı belirtildiği için dahil edilmiştir.

Endodontik patlar, tüm kanal boyunca dentin duvarı ve gütâ perka gibi dolgu materyalleri arasında sıvı geçirmez bir sızdırmazlık sağlamak için kök kanal sistemlerinin doldurulması için kullanılır. Bir kök kanal patı uygun fizikokimyasal ve biyolojik özellikler göstermelidir (Maharti ve ark., 2022). Grossman, ideal bir kök kanal patının mükemmel sızdırmazlık kabiliyetine, boyutsal stabiliteye, yavaş sertleşme süresine, çözünmezliğe ve biyouyumluluğa sahip olması gerektiğini belirtmiştir (Parameswaran, 2010). AH Plus, çözünürlüğünün az olması, uzun vadeli boyutsal stabilitesi ve kök dentinine daha fazla retansiyon göstermesi nedeniyle sıklıkla referans materyal olarak kullanılan epoksi rezin bazlı bir kanal patıdır (Srivastava ve ark., 2020). Yaygın olarak kullanılan ve pek çok araştırmada incelenmiş olan AH Plus, kök kanal patlarının karşılaştırmalı çalışmalarında kullanılmaktadır (Schäfer ve ark., 2015). Sure-Seal Root, mevcut literatüre göre çözünmeyen, önceden karıştırılmış ve kullanıma hazır, hidrofilik ve biyouyumlu olan yaygın olarak kullanılan kalsiyum silikat esaslı kanal patıdır (Kim ve ark., 2015, Topçuoğlu ve ark., 2013). Tez çalışmamıza epoksi rezin bazlı AH Plus kanal patı yaygın kullanımda olduğu ve çalışmalarda referans olarak sıkça kullanıldığı için, kalsiyum silikat esaslı Sure-Seal Root kanal patı yukarıda belirtilen özelliklerinden dolayı seçilmiştir.

Lateral kondansasyon en yaygın olarak kullanılan kök kanal dolgu tekniği olmaya devam etmektedir ve hala diğer tüm tekniklerin kıyaslandığı bir referanstır. Aksesuar konların yerleştirilmesi için boşluk yaratmak amacıyla el aletlerinin kullanılması ve lateral kondansasyon yapılması kanal patı üzerinde sıkıştırma basıncı yaratır. Bu basınç da dentin ve kanal patı arasında daha iyi temas ve buna bağlı olarak bağlanma kuvvetinde artış ve yerinden çıkma direncinde artış ile sonuçlanır (Araújo ve ark., 2016). Tez çalışmamızda uygulayıcı değişmeyeceğinden ve uygulayıcıya bağlı farklılıklar olmayacağından lateral kondansasyon tekniği uygulanmıştır.

Push-out bağlanma kuvveti testi, kanal dolgu malzemesini yerinden çıkarmak için gereken yükü hesaplayarak kök dentin ve kanal patı arasındaki ara yüzey kesme bağlanma kuvvetini ölçen, dolgu malzemesi ile kanal duvarı arasındaki bağlantının değerlendirilmesi için prognostik faktör olarak kabul edilir (Madhuri ve ark., 2016). Dentine yüksek bağlanma kuvveti, kanal patının önemli bir özelliği olarak kabul edilir. Çünkü kanal patı dentin ve kök kanal dolgu materyali arasında sıvı geçirmeyen, boşluksuz bir arayüz sağlamalı ayrıca kök kanal dolgu materyaline yerinden çıkma direnci sağlamalıdır (Tuncel ve ark., 2015). Push-out testleri, kök kanal dolgu materyalinin yerinden çıkma direncini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Frag ve ark., 2015). Pane ve ark (2013) referans alınarak kesit alma sırasında erken yerinden çıkma ve patın kopmasını önlemek için 2 mm kalınlığında kesitler tercih edilmiştir. Her kesit için kanal çapının görece %90'ına yakın olan uçlar, yani koronal için 0,6 mm ve orta ve apikal üçlü için 0,4 mm uç seçilmiştir. Akril içine gömülü dişin vertikal angulasyonunu sağlamak için görsel inceleme yapılmış ve vertikalden biraz sapmış görünen herhangi bir diş çıkarılmıştır.

Kanallara Ca(OH)_2 bazlı medikaman ile pansuman yapıldığında, önceden pansuman yapılmayan örnekler ile karşılaştırıldığında; kökün apikal, orta ve koronal üçlülerinde kullanılan kök kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımı negatif yönde etkilenmiştir. Apikal ve orta üçlülerden medikamanın uzaklaştırılmasının zorluğu ve medikaman artıklarının dentin tübüllerini tıkayarak pat ve dentin arasında fiziksel bir bariyer göstermesi epoksi rezin içerikli patların bu üçlülerde düşük bağlanma dayanımı göstermesinin sebebi olabilir. Bununla birlikte Sure-Seal Root gibi kalsiyum

silikat esaslı kanal patları dentin tübüllerine penetre olurken hidroksiapatit kristalleri oluşturmaktadır (Srivastava ve ark., 2020), kalsiyum hidroksit kalıntıları varlığında kristalleri oluşturmak için ihtiyaç duyduğu nemi alamaması medikaman uygulandığında daha düşük bağlanma dayanımı gösterme sebebi olabilir.

Medikaman uygulama sonrası patların push out testine tabi tutulduğu bir başka çalışmadaki tüm kök üçlülerinin patların bağlanma dayanımlarını etkilediği sonuçları bizim çalışmamızdaki verilerle uyumludur (Tavella e Silva ve ark., 2021) . Servikal ve orta üçlüde genel olarak apikal üçlüden daha yüksek pat bağlanma dayanımı görülmüştür. Bu sonuçlar kök kanalı boyunca yapısal farklılıklar ile ilgili olabilir (Wiesse ve ark., 2018). Apikal üçlüde az sayıda ve daha küçük çapta dentin tübülü vardır ayrıca sklerotik dentin alanları bu üçlüde daha yaygındır (Ribeiro ve ark., 2010) ; servikal üçlü ise, diğer kök üçlülerine kıyasla daha fazla sayıda ve çapta dentin tübüllerine sahiptir (Mjör ve ark., 2001), bu da dolgu materyalinin penetrasyonunu ve mekanik olarak tutulmasını kolaylaştırabilir (Antunes ve ark., 2019).

Kontrol ve deney grupları verileri karşılaştırıldığında her grupta AH Plus ve Sure-Seal Root kanal patlarının apikal üçlüdeki bağlanma dayanımı orta ve koronal üçlüdeki bağlanma dayanımlarından düşük bulunmuştur. Bu bulgu, konik kök kanal sisteminin normal anatomik morfolojisine bağlanabilir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$, özellikle apikal anatomik varyasyonlar mevcut olduğunda, çıkarma prosedürü sırasında apikal olarak birikme eğilimindedir. Ayrıca irrigasyon iğnesinin ve sonik ucun çalışma boyundan 1 mm kısa yerleştirilmesi (Boutsioukis ve Arias-Moliz, 2022), apikal üçlüdeki kanal içi alanın diğer üçlülere göre dar olması (Boutsioukis ve Nova, 2021) da bu alanın irrigasyon ve aktivasyonun direkt etkisinden mahrum kalması ve irrigasyonun etkisini sınırlamasına sebep olabilir (Wiseman ve ark., 2011). Bunun sonucunda patların dentin penetrasyonu ve bağlanma dayanımları azalabilir.

Kanalların apikal ve orta üçlülere için patların bağlanma dayanım verileri incelendiğinde, medikaman uygulanmayan kontrol gruplarında daha yüksek dayanım görülmüştür. Yine bahsedilen kök üçlülerinde; öncesinde kalsiyum hidroksit medikamanı uygulanmış örnekler, iyodoform ile güçlendirilmiş kalsiyum hidroksit

uygulanan örneklere göre, patlar daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir. Bunun bir sebebi kullanılan Calcipast+İ materyalinin üretici firmanın belirttiği üzere silikon yağı içermemesine rağmen suda çözünmez bir formülasyonda olması, kanaldan uzaklaştırılmasını zorlaştırdığında ve Calcipast materyalinin suda çözünür yapıda olması sonucu daha kolay uzaklaştırılması olabilir. Bu bulgular, Türkaydın ve ark.'nın (2020) iyodoformlu kalsiyum hidroksit ve sulu taşıyıcılı kalsiyum hidroksitin farklı yöntemlerle kanaldan uzaklaştırılmasını araştırdıkları çalışmanın verileriyle uyumludur.

Kullanılan medikaman çeşidine göre kökün koronal üçlüsünde patların dentine bağlanma dayanımları karşılaştırıldığında, medikaman uygulanmayan kontrol gruplarında patların bağlanma dayanımı daha yüksek bulunmuştur. Buna rağmen kökün diğer üçlülerindeki sonuçlar ile kıyaslandığında kullanılan medikaman çeşidinin koronal üçlüde dayanımı etkilememesi ve Calcipast, Calcipast+İ kullanılması arasında anlamlı fark olmaması bu üçlünün çapının daha geniş olması, irrigasyon ve aktivasyonun bu geniş alanda daha etkili uygulanması sebebiyle olabilir. Ayrıca koronal üçlüde daha fazla sayıda tübül, tübüler çap ve intertübüler dentin vardır (Wiesse ve ark., 2018). Koronal üçlüde pat bağlanma dayanımının daha yüksek olma sebebi, lateral kondansasyonla yapılan kök kanal dolgularında gutaları sıkıştırmak için kullanılan spreader ile patın bu bölgede bulunan fazla sayıdaki tübüllere doğru itilmesiyle patın daha fazla dentin tübüllerine penetre olmasıyla açıklanabilir.

Srivastava ve ark. (2020), farklı irrigasyon solüsyonları uygulandıktan sonra kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patı olan BioRoot RCS (Septodont, Fransa) ve AH Plus kanal dolgu patının dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmada, kalsiyum silikat içerikli patın bağlanma dayanımını AH Plus patınınkinden yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızla farklı olan bu sonucun sebebinin kullanılan patın farklı özellik ve içerikte olması ayrıca uygulanan methodun farklı olmasına bağlanabilir. Donnermeyer ve ark. (2018), Total Fill BC (FKG, İsviçre), BioRoot RCS (Septodont, Fransa) ve Endo CPM (Egeo, Arjantin) olmak üzere üç adet kalsiyum silikat esaslı kanal patı ile AH Plus kanal patının farklı final irrigasyonlarından sonraki bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın

sonucunda bizim verilerimizle paralel sonuçlar bulunmuş ve AH Plus'ın diğer kalsiyum silikat içerikli patlara göre daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği vurgulanmıştır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre kontrol grupları da dahil olmak üzere tüm gruplar için apikal orta ve koronal üçlülere bakıldığında, AH Plus kanal patının Sure-Seal Root kanal patından daha yüksek bağlanma dayanımına sahip olduğu bulunmuştur. Kalsiyum silikat esaslı patlar dentin ile tag benzeri mikromekanik bağ ve mineral infiltrasyon bölgesi (Atmeh ve ark., 2012) ile kimyasal etkileşim kurar bu da epoksi rezin içerikli materyallerden daha zayıf bağlantıya sebep olur (Donnermeyer ve ark., 2018). Epoksi rezin içerikli kanal patları tarafından sağlanan daha yüksek bağ kuvveti ise, açık bir epoksit halkasının, açıkta kalan dentin kollajen amino gruplarıyla kovalent bir bağ oluşturma yeteneğinin yanı sıra malzemenin boyutsal stabilitesi ve düşük polimerizasyon stresi ile de açıklanabilir (Fisher ve ark., 2007).

Kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu potansiyel olarak faydalıdır çünkü, penetrasyon materyal ve dentin duvarları arasındaki ara yüzü artırır; bu, sızdırmaz tıkaçın tübüller içinde kenetlenmesi yoluyla materyalin mekanik tutulmasını iyileştirebilir (White ve ark., 1984) ve bu da bağlanma dayanımlarını artırabilir. Patların sitotoksikite ve boyutsal değişimlerinin incelendiği bir çalışmada Sure-Seal Root kanal patının AH Plus kanal patına göre penetrasyon derinliğinin daha düşük bulunması (Saghiri ve ark., 2021) da bizim çalışmamızdaki medikaman uygulanan ve uygulanmayan örneklerdeki AH Plus kanal patının bağlanma dayanımının Sure-Seal Root kanal patının bağlanma dayanımından yüksek olmasını açıklayabilir.

Kanallara medikaman uygulanması sonrası uzaklaştırılırken kullanılan aktivasyon yöntemleri karşılaştırıldığında kökün tüm üçlülerinde; patların en düşük bağlanma dayanımı manuel dinamik aktivasyon ile Ca(OH)_2 içerikli materyaller karşılaştırıldığında görülmüştür. İğne ile yapılan manuel dinamik aktivasyon çok kullanılan bir yöntem olsa da tek kanallı ve basit anatomiye sahip dişlerde daha etkili olmakla birlikte karmaşık anatomiye sahip kanallarda ve Ca(OH)_2 gibi uzaklaştırılması zor materyallerin varlığında çok etkili olmadığı görülmüştür

(Boutsoukiss ve Arias-Moliz, 2022). Çalışmamızdaki sonuçlarla benzer olarak; Escobar ve ark (2022), farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle kanaldan uzaklaştırılan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ medikamanının epoksi rezin bazlı kök kanal patının bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri çalışmada en düşük dayanımının iğne irrigasyonu, en yüksek dayanımı ise pasif ultrasonik aktivasyon gruplarında olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte Silva ve ark (2021) da kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması ve bağlanma dayanımına etkilerini araştırdıkları çalışmada en düşük pat bağlanma dayanımının iğne ile irrigasyonda olduğunu belirtmişlerdir. Manuel dinamik aktivasyonun kullanılan medikamanı uzaklaştırmada tüm kök üçlülerinde daha etkisiz olması da şüphesiz ki patların bağlanma dayanımını etkilemiştir.

Kullanılan aktivasyon sistemlerinin pat bağlanma dayanımlarına etkisine bakıldığında kökün apikal üçlü kısmında kontrol gruplarının değerleri sonik aktivasyon kullanılan grupların değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi de önceden bahsettiğimiz gibi Calcipast ve Calcipast+İ medikamanlarının tübüleri tıkaması ve bu alanın daha dar olması nedeniyle irrigasyon ve aktivasyonun yeterli etkiyi sağlayamaması olabilir. Diğer taraftan orta ve koronal üçlü değerlerine bakıldığında sonik aktivasyon ve kontrol grubu arasında istatistiksel bir fark olmaması da kök kanalının bu kısımlarında kullanılan medikamanların uzaklaştırılmasının başarılı bir şekilde tamamlanmış olduğunu veya kalan medikaman artıklarının pat bağlanmasına etki etmeyecek seviyede az olduğu söylenebilir. Donnermeyer ve ark nın (2019), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırılmasını inceleyen çalışmada, apikal üçlüde Eddy kullanılan grupların değerleri manuel irrigasyon yöntemi kullanılanlardan yüksek bulunmuş ayrıca servikal üçlüde Eddy ve kontrol grubu arasında fark bulunamamıştır ki bu veriler bizim sonuçlarımızla uyumludur. Sonik aktivasyon yöntemi için kullandığımız Eddy pasif ultrasonik yöntemler ile karşılaştırıldığında sahip olduğu polimer çubuk ucunun daha yüksek genliği ile birlikte diğer sonik irrigasyon cihazlarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek frekans nedeniyle iyileştirilmiş sıvı akışı göstermektedir (Donnermeyer ve ark., 2019). Daha yüksek frekansta (~6 kHz) ve daha küçük genlikte salınan Eddy'nin performansının iğne irigasyonundan daha iyi olduğu ve ultrasonik aktivasyonun etkinliğine yaklaşılabileceği bildirilmektedir (Linden ve ark., 2020, Swimberghe ve ark., 2019).

Çalışmamızın sınırlamaları dahilinde kalsiyum hidroksit ve iyodoformla güçlendirilmiş kalsiyum hidroksit medikamanlarının kök kanalına uygulanmasının, AH Plus ve Sure-Seal Root kanal patlarının bağlanma dayanımlarını negatif yönde etkilediği görülmüştür. Bu nedenle kalsiyum hidroksit içerikli medikamanların uygulanması ve uzaklaştırılması protokolleriyle ilgili yeni teknolojik gelişmeler ışığında daha çok yöntem ve materyallerle kök kanal patlarının dentine bağlanma dayanımı üzerine etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmamızda manuel dinamik aktivasyon ve sonik aktivasyon kullanılarak kök kanalına uygulanan kalsiyum hidroksit ve iyodoformlu kalsiyum hidroksit medikamanlarının uzaklaştırılmasının ve AH Plus ile Sure-Seal Root kanal patlarının kök kanal dentinine bağlanma dayanımlarına etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmamız dahilinde elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

1. Çalışmamızda Ca(OH)_2 içerikli medikamanların patların bağlanma dayanımlarını etkilediği görülmüştür. Bağlanma dayanımlarının etkilenmesine rağmen kökün orta, koronal ve apikal üçlülerinde AH Plus kanal patının bağlanma dayanımı Sure-Seal Root kanal patından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).
2. Kökün apikal üçlüsünde aktivasyon yöntemlerine göre patların bağlanma dayanımları karşılaştırıldığında; en yüksek bağlanma dayanımı kontrol grubu> Eddy> manuel dinamik aktivasyon yöntemidir ($p<0,05$). Koronal ve orta üçlülerde ise bağlanma dayanımları manuel dinamik aktivasyon< Eddy=kontrol grubu şeklinde olup iki grup arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$).
3. Kullanılan aktivasyon yöntemlerinin patların bağlanma dayanımlarına etkisine bakıldığında en düşük dayanıma sebep olan manuel dinamik aktivasyon yöntemi olduğu görülmüştür ($p<0,05$).
4. Medikaman çeşidinin bağlanma dayanımlarına etkisi incelenirken orta ve apikal üçlülerde kontrol grubu> Ca(OH)_2 > $\text{Ca(OH)}_2+\text{I}$ iken ($p<0,05$); koronal üçlüde Ca(OH)_2 ile $\text{Ca(OH)}_2+\text{I}$ medikamanları arasında bağlanma dayanımı etkileme açısından anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$).
5. Kalsiyum hidroksit içerikli medikamanların kanaldan tamamen uzaklaştırılmasının sağlanması ve medikaman artıklarının pat bağlanma dayanımlarını etkilemeleri yönünden farklı irrigasyon solüsyonları, irrigasyon aktivasyon yöntemleri ve çeşitli kök kanal patları kullanılarak yapılacak daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

ÖZET

İki Farklı Yöntemle Kanaldan Uzaklaştırılan Kanal İçi Medikamanların Epoksi Rezine Esaslı ve Kalsiyum Silikat İçerikli Patların Dentine Bağlanma Dayanımlarına Etkisinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı sonik aktivasyon ve manuel dinamik aktivasyon yöntemleriyle kalsiyum hidroksit ve iyodoformlu kalsiyum hidroksit medikamanlarının kanaldan uzaklaştırıldıktan sonra epoksi rezin esaslı ve kalsiyum silikat içerikli kanal patlarının bağlanma dayanımlarına etkisini push-out testi ile ölçmektir.

Çalışmamızda 80 adet periodontal amaçla çekilmiş tek ve düz kanallı üst kesici diş seçildi ve dişler apikalden itibaren kök boyu 12 mm olacak şekilde kısaltıldı. Örneklerin kök kanal şekillendirmeleri Protaper Universal (Dentsply, Maillefer) eğeler ile yapıldı. Örnekler rastgele 10 gruba ayrıldı. İlk 4 gruptaki örnekler Calcipast (Cerkamed, Polonya) medikamanı, diğer 4 gruba Calcipast+İ (Cerkamed, Polonya) medikamanı uygulandı. Medikamanları uzaklaştırmak için 5 ml %17 EDTA ve 5 ml %5,25 NaOCl irrigasyonu yapılarak Eddy (VDW, Münih, Almanya) ve 30 gaugeluk uç kısmı kapalı uca yakın 2 deliği olan iğne ucu ile 5 ml %17 EDTA ve 5 ml %5,25 NaOCl ile irrigasyon yapılırken 30 numaralı K tipi (Dentsply, Maillefer, İsviçre) el eğesiyle de manuel dinamik aktivasyon yapıldı. Daha sonra örnekler AH Plus (Dentsply, Almanya) ve Sure-Seal Root (Sure Dent Corporation, Güney Kore) kanal patları ile ve 30 luk açısız güta perka ve yardımcı konlar kullanılarak lateral kondenzasyon tekniğiyle kök kanal dolguları yapıldı. Tüm örnekler soğuk akril ile plastik kaplara gömüldü köklerin apikal, orta ve koronal üçlülere işaretlendi ve su soğutmalı kesme cihazında (Microtome, Mecatom T180; Presi SA, Angonnes, France) 0.5 mm kalınlığında elmas disk kullanılarak kesitler alındı. Her kökün, koronal, orta ve apikal üçlü kısımlarından kök uzun eksenine dik yönde birer adet, 2 mm kalınlıkta dentin diskleri elde edildi. Alınan kesitler daha sonra push-out bağlanma dayanımı testine yerleştirildi. Yükleme üniversal test cihazında (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK) yapıldı. İtici uç kesitlerdeki kanal dolgu materyaline dik yönde kuvvet uygulandı ve materyal ile dentin arasında kopma gerçekleşene kadar 1mm /dk sabit hız ile uygulandı. Kuvvet Nexygen data-analiz software (Lloyd LRX) kullanılarak kaydedildi. Kullanılan aktivasyon ve medikaman çeşitleri karşılaştırılırken Kruskal Wallis, kök kanal dolgu patları karşılaştırılırken ise Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Değerlendirme için $p < 0,05$ kabul edilmiştir.

Bu in vitro çalışmanın sonucunda; Ca(OH)_2 içerikli medikamanların patların bağlanma dayanımlarını etkilediği görülmüştür. Apikal üçlüde bağlanma dayanımı kontrol grubu > Eddy > manuel dinamik aktivasyon yöntemidir ($p < 0,05$). Koronal ve orta üçlülerde ise bağlanma dayanımları manuel dinamik aktivasyon < Eddy = kontrol grubu şeklinde olup iki grup arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Medikaman çeşidinin bağlanma dayanımlarına etkisi incelenirken orta ve apikal üçlülerde kontrol grubu > Ca(OH)_2 > $\text{Ca(OH)}_2 + \text{İ}$ iken ($p < 0,05$); koronal üçlüde Ca(OH)_2 ile $\text{Ca(OH)}_2 + \text{İ}$ medikamanları arasında bağlanma dayanımı etkileme açısından anlamlı fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). En düşük dayanıma sebep olan manuel dinamik aktivasyon yöntemi olduğu görülmüştür ($p < 0,05$).

Anahtar kelimeler: Kalsiyum hidroksit, İyodoformlu Kalsiyum Hidroksit, Sonik aktivasyon, Epoksi Resin Esaslı Pat, Kalsiyum Silikat İçerikli Pat, Push-out Testi

SUMMARY

Evaluation of the Effect of Intra-Canal Medicaments Removed from the Canal by Two Different Methods on the Bonding Strength of Epoxy Resin Based and Calcium Silicate Based Pastes

The aim of this study is to evaluate the effect of epoxy resin-based and calcium silicate-based canal sealers on bond strength by push-out test after calcium hydroxide and iodoform calcium hydroxide medicaments are removed from the canal by sonic activation and manual dynamic activation methods.

In our study, 80 single and straight canal upper incisors extracted for periodontal purposes were selected and the teeth were shortened from the apical to a root length of 12 mm. Root canal shaping of the samples was done with Protaper Universal (Dentsply, Maillefer) files. The samples were randomly divided into 10 groups. The first 4 groups were treated with Calcipast (Cerkamed, Poland) and the other 4 groups were treated with Calcipast+I (Cerkamed, Poland). To remove the medicaments, 5 ml 17% EDTA and 5 ml 5,25% NaOCl were irrigated with Eddy (VDW, Munich, Germany) and 5 ml 17% EDTA and 5 ml 5,25% NaOCl with closed-ended needle tip of 30 gauge while irrigating by manual dynamic activation with a #30 K type (Dentsply, Maillefer, Switzerland) hand file. Then, root canal fillings were performed with AH Plus (Dentsply, Germany) and Sure-Seal Root (Sure Dent Corporation, South Korea) sealers and lateral condensation technique using 30 taperless gutta-percha and lateral cones. All specimens were embedded in plastic cups with cold acrylic, the apical, middle and coronal thirds of the roots were marked, and sections were cut using a 0.5 mm thick diamond disc in a water-cooled cutting device (Microtome, Mecatom T180; Presi SA, Angonnes, France). Dentin discs of 2 mm thickness were obtained from the coronal, middle and apical thirds of each root, perpendicular to the root long axis. The sections taken were then placed in the push-out bond strength test. Loading was done on a universal tester (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd, Fareham, UK). A force was applied perpendicular to the root canal filling material in the insert sections and was applied at a constant speed of 1mm/min until a rupture occurred between the material and the dentin. Force was recorded using Nexygen data-analysis software (Lloyd LRX). The Kruskal Wallis test was used when comparing the activation and medicament types used, and the Mann Whitney U test was used when comparing the root canal filling pastes. For the evaluation, $p < 0.05$ was accepted.

As a result of this in vitro study; It has been observed that Ca(OH)_2 containing medicaments affect the bond strength of the sealers. Bond strength at apical third control group > Eddy > manual dynamic activation method ($p < 0.05$). In the coronal and middle thirds, the bond strength was in the form of manual dynamic activation < Eddy = control group, and no significant difference was found between the two groups ($p > 0.05$). While examining the effect of medicament type on bond strength, control group > Ca(OH)_2 > $\text{Ca(OH)}_2 + \text{I}$ in middle and apical thirds ($p < 0.05$); In the coronal thirds, no significant difference was found between Ca(OH)_2 and $\text{Ca(OH)}_2 + \text{I}$ medicaments in terms of affecting the bond strength ($p > 0.05$). It has been observed that it is the manual dynamic activation method that causes the lowest strength ($p < 0.05$).

Keywords: Calcium hydroxide, Calcium Hydroxide with Iodoform, Sonic activation, Epoxy Resin Based Sealer, Calcium Silicate Based Sealer, Push-out test

KAYNAKÇA

- ABBOTT PV, HUME WR, HEITHERSAY GS. Barriers to diffusion of Ledermix® paste in radicular dentine. *Dental Traumatology*. 1989a;5 (2): 98-104.
- ABBOTT PV, HUME WR, HEITHERSAY GS. Effects of combining Ledermix® and calcium hydroxide pastes on the diffusion of corticosteroid and tetracycline through human tooth roots in vitro. *Dental Traumatology*. 1989b;5 (4): 188-192.
- AL KHASAWNAH Q, HASSAN F, MALHAN D, ENGELHARDT M, DAGHMA DES, OBIDAT D. Nonsurgical clinical management of periapical lesions using calcium hydroxide-iodoform-silicon-oil paste. *BioMed research international*. 2018;2018.
- ALAÇAM T. Endodonti: Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksek Okulu Basımevi; 1990. s.:673-698
- ALI A, BHOSALE A, PAWAR S, KAKTI A, BICHPURIYA A, AGWAN MA. Current Trends in Root Canal Irrigation. *Cureus*. 2022;14 (5).
- ANTUNES PVS, FLAMINI LES, CHAVES JFM, SILVA RG, CRUZ FILHO AMD. Comparative effects of final canal irrigation with chitosan and EDTA. *Journal of Applied Oral Science*. 2019;28.
- ARAÚJO CCC, BRITO-JÚNIOR M, PEREIRA RD, SILVA-SOUSA YT, CRUZ-FILHO AM, SOUSA-NETO MD. Root filling bond strength using reciprocating file-matched single-cones with different sealers. *Brazilian Oral Research*. 2016;30.
- ARIAS-MOLIZ MT, FERRER-LUQUE CM, ESPIGARES-GARCÍA M, BACA P. Enterococcus faecalis biofilms eradication by root canal irrigants. *Journal of Endodontics*. 2009;35 (5): 711-714.
- ARSLAN D, KUSTARCI A. Efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming on apically extruded debris with different preparation systems in curved canals. *International Endodontic Journal*. 2018;51: e65-e72.
- ARSLAN H, GOK T, SAYGILI G, ALTINTOP H, AKÇAY M, ÇAPAR İD. Evaluation of effectiveness of various irrigating solutions on removal of calcium hydroxide mixed with 2% chlorhexidine gel and detection of orange-brown precipitate after removal. *Journal of Endodontics*. 2014;40 (11): 1820-1823.
- ATMEH A, CHONG E, RICHARD G, FESTY F, WATSON T. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of Dental Research*. 2012;91 (5): 454-459.
- BALLAL N, KUMAR S, LAXMIKANTH H, SARASWATHI M. Comparative evaluation of different chelators in removal of calcium hydroxide preparations from root canals. *Australian Dental Journal*. 2012;57 (3): 344-348.
- BALVEDI R, VERSIANI M, MANNA F, BIFFI J. A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. *International Endodontic Journal*. 2010;43 (9): 763-768.
- BARBIZAM JVB, TROPE M, TEIXEIRA ÉC, TANOMARU-FILHO M, TEIXEIRA FB. Effect of calcium hydroxide intracanal dressing on the bond strength of a resin-based endodontic sealer. *Brazilian Dental Journal*. 2008;19: 224-227.

- BASRANI B. Endodontic irrigation. Chemical Disinfection of the root canal system Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG. 2015.
- BHALLA VK, CHOCKATTU SJ. Intracanal delivery of calcium hydroxide: a literature review. *Saudi Endodontic Journal*. 2021;11 (1): 1.
- BHARDWAJ A, BHARDWAJ A, MISURIYA A, MAROLI S, MANJULA S, SINGH AK. Nanotechnology in dentistry: Present and future. *Journal of International Oral Health: JIOH*. 2014;6 (1): 121.
- BLANKEN J, DE MOOR RJG, MEIRE M, VERDAASDONK R. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*. 2009;41 (7): 514-519.
- BOESSLER C, PETERS OA, ZEHNDER M. Impact of lubricant parameters on rotary instrument torque and force. *Journal of Endodontics*. 2007;33 (3): 280-283.
- BOUTSIOUKIS C. Internal tooth anatomy and root canal irrigation. The root canal anatomy in permanent dentition: *Springer*; 2019. p. 303-321.
- BOUTSIOUKIS C, ARIAS-MOLIZ MT. Present status and future directions–irrigants and irrigation methods. *International Endodontic Journal*. 2022.
- BOUTSIOUKIS C, ARIAS-MOLIZ MT. Present status and future directions–irrigants and irrigation methods. *International Endodontic Journal*. 2022;55 (Suppl 3): 588.
- BOUTSIOUKIS C, NOVA PG. Syringe irrigation in minimally shaped root canals using 3 endodontic needles: a computational fluid dynamics study. *Journal of Endodontics*. 2021;47 (9): 1487-1495.
- BOUTSIOUKIS C, VERHAAGEN B, VERSLUIS M, KASTRINAKIS E, WESSELINK PR, VAN DER SLUIS LW. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *Journal of Endodontics*. 2010;36 (5): 875-879.
- BOUTSIOUKIS C, VERHAAGEN B, WALMSLEY A, VERSLUIS M, VAN DER SLUIS L. Measurement and visualization of file-to-wall contact during ultrasonically activated irrigation in simulated canals. *International Endodontic Journal*. 2013;46 (11): 1046-1055.
- BUSANELLO FH, PETRIDIS X, SO MV, DIJKSTRA RJ, SHARMA PK, VAN DER SLUIS LW. Chemical biofilm removal capacity of endodontic irrigants as a function of biofilm structure: optical coherence tomography, confocal microscopy and viscoelasticity determination as integrated assessment tools. *International Endodontic Journal*. 2019;52 (4): 461-474.
- BYSTRÖM A, CLAEISSON R, SUNDQVIST G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Dental Traumatology*. 1985;1 (5): 170-175.
- BYSTRÖM A, SUNVQVIST G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *International Endodontic Journal*. 1985;18 (1): 35-40.

- CALCIPAST. 2014 [Available from: https://medidentexim.ro/userfiles/39dd3864-ceac-4229-a253-a1835c540a3e/File/FT_CALCIPAST.pdf].
- CALT S, SERPER A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics*. 2002;28 (1): 17-19.
- CĂPUTĂ PE, RETSAS A, KUIJK L, DE PAZ LEC, BOUTSIUKIS C. Ultrasonic irrigant activation during root canal treatment: a systematic review. *Journal of Endodontics*. 2019;45 (1): 31-44. e13.
- CERKAMED. 2014 [Available from: https://medidentexim.ro/userfiles/39dd3864-ceac-4229-a253-a1835c540a3e/File/FT_CALCIPAST I.pdf].
- CHAMBERLAIN TM, KIRKPATRICK TC, RUTLEDGE RE. pH changes in external root surface cavities after calcium hydroxide is placed at 1, 3 and 5 mm short of the radiographic apex. *Dental Traumatology*. 2009;25 (5): 470-474.
- CHEN JE, NURBAKHS B, LAYTON G, BUSSMANN M, KISHEN A. Irrigation dynamics associated with positive pressure, apical negative pressure and passive ultrasonic irrigations: a computational fluid dynamics analysis. *Australian Endodontic Journal*. 2014;40 (2): 54-60.
- COSTERTON B. Microbial ecology comes of age and joins the general ecology community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2004;101 (49): 16983-16984.
- COSTERTON JW. The biofilm primer: *Springer*; 2007.
- ÇALIŞKAN M. Prognosis of large cyst-like periapical lesions following nonsurgical root canal treatment: a clinical review. *International Endodontic Journal*. 2004;37 (6): 408-416.
- ÇALT S, SERPER A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*. 1999;25 (6): 431-433.
- ÇAPAR ID, AYDINBELGE H. Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Cihazları. *Türkiye Klinikleri Endodonti*. 2015; 1(2):20-30.
- DAVIES A. The mode of action of chlorhexidine. *Journal of Periodontal Research*. 1973;8: 68-75.
- DAVIES JM, HORWITZ DA, DAVIES KJ. Potential roles of hypochlorous acid and N-chloroamines in collagen breakdown by phagocytic cells in synovitis. *Free Radical Biology and Medicine*. 1993;15 (6): 637-643.
- DE CHEVIGNY C, DAO TT, BASRANI BR, MARQUIS V, FARZANEH M, ABITBOL S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study—phases 3 and 4: orthograde retreatment. *Journal of Endodontics*. 2008;34 (2): 131-137.
- DE LIMA DIAS-JUNIOR LC, CASTRO RF, FERNANDES AD, GUERREIRO MYR, SILVA EJ, DA SILVA BRANDÃO JM. Final endodontic irrigation with 70% ethanol enhanced calcium hydroxide removal from the apical third. *Journal of Endodontics*. 2021;47 (1): 105-111.

- DE PAZ LC. Redefining the persistent infection in root canals: possible role of biofilm communities. *Journal of Endodontics*. 2007;33 (6): 652-662.
- DENNA J, SHAFIE LA, ALSOFI L, AL-HABIB M, ALSHWAIMI E. Efficacy of the rotary instrument XP-Endo Finisher in the removal of calcium hydroxide intracanal medicament in combination with different irrigation techniques: a microtomographic study. *Materials*. 2020;13 (10): 2222.
- DONLAN RM, COSTERTON JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clinical microbiology reviews*. 2002;15 (2): 167-193.
- DONNERMEYER D, DORNSEIFER P, SCHÄFER E, DAMMASCHKE T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head & face medicine*. 2018;14 (1): 1-7.
- DONNERMEYER D, WYRSCH H, BÜRKLEIN S, SCHÄFER E. Removal of calcium hydroxide from artificial grooves in straight root canals: sonic activation using Eddy versus passive ultrasonic irrigation and XPendo Finisher. *Journal of Endodontics*. 2019;45 (3): 322-326.
- DRUMMOND J, SAKAGUCHI R, RACEAN D, WOZNY J, STEINBERG A. 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*. 1996;32 (4): 533-541.
- DUTNER J, MINES P, ANDERSON A. Irrigation trends among American Association of Endodontists members: a web-based survey. *Journal of Endodontics*. 2012;38 (1): 37-40.
- ERSAHAN S, AYDIN C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *Journal of Endodontics*. 2010;36 (12): 2000-2002.
- ESCOBAR PM, LOPES FC, CARVALHO K, FRETES V, HADID GG, MAZZI-CHAVES JF. Influence of different calcium hydroxide removal protocols on the bond strength of epoxy resin-based sealer in long oval root canals. *Microscopy Research and Technique*. 2022;85 (2): 781-788.
- ESENALIEV RO, ORAEVSKY AA, LETOKHOV VS, KARABUTOV AA, MALINSKY TV. Studies of acoustical and shock waves in the pulsed laser ablation of biotissue. *Lasers in surgery and medicine*. 1993;13 (4): 470-484.
- ESTRELA C, ESTRELA CR, BARBIN EL, SPANÓ JCE, MARCHESAN MA, PÉCORA JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*. 2002;13: 113-117.
- ESTRELA C, ESTRELA CRDA, HOLLANDA ACB, DECURCIO DDA, PÉCORA JD. Influence of iodoform on antimicrobial potential of calcium hydroxide. *Journal of Applied Oral Science*. 2006;14 (1): 33-37.
- ESTRELA C, SYDNEY GB, PESCE HF. Dentinal diffusion of hydroxyl ions of various calcium hydroxide pastes. *Brazilian Dental Journal*. 1995;6 (1): 5-9.
- FARAG H, ETMAN W, ALHADAINY H, DARRAG A. Effect of different irrigating protocols on push out bond strength of Resilon/Epiphany obturation system. *Tanta Dental Journal*. 2015;12 (4): 241-248.
- FARHAD A, MOHAMMADI Z. Calcium hydroxide: a review. *International Dental Journal*. 2005;55 (5): 293-301.

- FAVA L, SAUNDERS W. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. *International Endodontic Journal*. 1999;32 (4): 257-282.
- FERRAZ CCR, DE ALMEIDA GOMES BPF, ZAIA AA, TEIXEIRA FB, DE SOUZA-FILHO FJ. In vitro assessment of the antimicrobial action and the mechanical ability of chlorhexidine gel as an endodontic irrigant. *Journal of Endodontics*. 2001;27 (7): 452-455.
- FISHER MA, BERZINS DW, BAHCALL JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *Journal of Endodontics*. 2007;33 (7): 856-858.
- FLORES D, RACHED-JÚNIOR F, VERSIANI M, GUEDES D, SOUSA-NETO M, PÉCORA J. Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal*. 2011;44 (2): 126-135.
- FRANK AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *The Journal of the American Dental Association*. 1966;72 (1): 87-93.
- FRANKENBERGER R, KRAMER N, PETSCHLT A. Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Operative dentistry*. 2000;25 (4): 324-330.
- GALVÃO T, CAMARGO B, ARMADA L, ALVES F. Efficacy of three methods for inserting calcium hydroxide-based paste in root canals. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*. 2017;9 (6): e762.
- GARIP Y, SAZAK H, GUNDAY M, HATIPOGLU S. Evaluation of smear layer removal after use of a canal brush: an SEM study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2010;110 (2): e62-e66.
- GATEWOOD RS, HIMEL VT, DORN SO. Treatment of the endodontic emergency: a decade later. *Journal of Endodontics*. 1990;16 (6): 284-291.
- GAWTHAMAN M, VINODH S, MATHIAN VM, VIJAYARAGHAVAN R, KARUNAKARAN R. Apexification with calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate: Report of two cases. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*. 2013;5 (Suppl 2): S131.
- GHABRAEI S, MARVI M, BOLHARI B, BAGHERI P. Minimum intracanal dressing time of triple antibiotic paste to eliminate *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212) and determination of minimum inhibitory concentration and minimum bactericidal concentration: an ex vivo study. *Journal of Dentistry* (Tehran, Iran). 2018;15 (1): 1.
- GOMES B, FERRAZ C, ME V, BERBER V, TEIXEIRA F, SOUZA-FILHO F. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal*. 2001;34 (6): 424-428.
- GORACCI C, TAVARES AU, FABIANELLI A, MONTICELLI F, RAFFAELLI O, CARDOSO PC. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European Journal of Oral Sciences*. 2004;112 (4): 353-361.

- GORDUYSUS M, YILMAZ Z, GORDUYSUS O, ATILA B, KARAPINAR SO. Effectiveness of a new canal brushing technique in removing calcium hydroxide from the root canal system: A scanning electron microscope study. *Journal of Conservative Dentistry*: JCD. 2012;15 (4): 367.
- GOVINDARAJU L, JENARTHANAN S, SUBRAMANYAM D, AJITHA P. Antibacterial activity of various intracanal medicament against enterococcus faecalis, streptococcus mutans and staphylococcus aureus: An in vitro study. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*. 2021;13 (Suppl 1): S157.
- GROVER C, SHETTY N. Evaluation of calcium ion release and change in pH on combining calcium hydroxide with different vehicles. *Contemporary Clinical Dentistry*. 2014;5 (4): 434.
- GU L-S, KIM JR, LING J, CHOI KK, PASHLEY DH, TAY FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of Endodontics*. 2009;35 (6): 791-804.
- GULABIVALA K, PATEL B, EVANS G, NG YL. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*. 2005;10 (1): 103-122.
- HALL-STOODLEY L, STOODLEY P. Evolving concepts in biofilm infections. *Cellular Microbiology*. 2009;11 (7): 1034-1043.
- HALLER B, THULL R, KLAIBER B, TEUBER M. An extrusion test for determination of bond strength to dentin. *J Dent Res*. 1991;70: 525.
- HARZIVARTYAN S, HAZAR AB, KARTAL N, CIMILLI ZH. Evaluation of different irrigation solutions and activation methods on removing calcium hydroxide. *Journal of Dental Sciences*. 2021;16 (2): 700-705.
- HENNESSEY T. Some antibacterial properties of chlorhexidine. *Journal of Periodontal Research*. 1973;8: 61-67.
- HERMANN B. Calciumhydroxyd als Mittel zum Behandeln und Füllen von Zahnwurzelkanälen Würzburg. Germany: Faculty of Medicine, University of Würzburg. 1920.
- HOEDKE D, KAULIKA N, DOMMISCH H, SCHLAFFER S, SHEMAH H, BITTER K. Reduction of dual-species biofilm after sonic-or ultrasonic-activated irrigation protocols: A laboratory study. *International Endodontic Journal*. 2021;54 (12): 2219-2228.
- HONG SW, BAIK JE, KANG S-S, KUM K-Y, YUN C-H, HAN SH. Sodium hypochlorite inactivates lipoteichoic acid of Enterococcus faecalis by deacylation. *Journal of Endodontics*. 2016;42 (10): 1503-1508.
- HUANG Y, CELIKTEN B, DE FARIA VASCONCELOS K, FERREIRA PINHEIRO NICOLIELO L, LIPPIATT N, BUYUKSUNGUR A. Micro-CT and nano-CT analysis of filling quality of three different endodontic sealers. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2017;46: 20170223.
- JIANG L-M, VERHAAGEN B, VERSLUIS M, VAN DER SLUIS LW. Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of Endodontics*. 2010;36 (1): 143-146.
- JUNGBLUTH H, MARENDING M, DE-DEUS G, SENER B, ZEHNDER M. Stabilizing sodium hypochlorite at high pH: effects on soft tissue and dentin. *Journal of Endodontics*. 2011;37 (5): 693-696.

- KAMALAK A, UZUN I, ARSLAN H, KELEŞ A, DOĞANAY E, KESKIN C. Fracture resistance of endodontically retreated roots after retreatment using self-adjusting file, passive ultrasonic irrigation, photon-induced photoacoustic streaming, or laser. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2016;34 (10): 467-472.
- KANAAN CG, PELEGRINE RA, DA SILVEIRA BUENO CE, SHIMABUKO DM, PINTO NMV, KATO AS. Can irrigant agitation lead to the formation of a smear layer? *Journal of Endodontics*. 2020;46 (8): 1120-1124.
- KENEE DM, ALLEMANG JD, JOHNSON JD, HELLSTEIN J, NICHOL BK. A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. *Journal of Endodontics*. 2006;32 (6): 563-565.
- KHALEEL HY, AL-ASHAW AJ, YANG Y, PANG A-H, MA J-Z. Quantitative comparison of calcium hydroxide removal by EndoActivator, ultrasonic and ProTaper file agitation techniques: an in vitro study. *Journal of Huazhong University of Science and Technology [Medical Sciences]*. 2013;33 (1): 142-145.
- KIM I-Y, SEONG B-R, LEE M-H. Triple matrix capsulation having visible effects and stabilizing functions. *Journal of the Korean Applied Science and Technology*. 2015;32 (2): 326-329.
- KISHEN A. Advanced therapeutic options for endodontic biofilms. *Endodontic Topics*. 2010;22 (1): 99-123.
- KLOTZ MD, GERSTEIN H, BAHN AN. Bacteremia after topical use of prednisolone in infected pulps. The *Journal of the American Dental Association*. 1965;71 (4): 871-875.
- KONTAKIOTIS E, WU MK, WESSELINK P. Effect of calcium hydroxide dressing on seal of permanent root filling. *Dental Traumatology*. 1997;13 (6): 281-284.
- KQIKU L, STÄDTLER P, GRUBER HJ, BARABA A, ANIC I, MILETIC I. Active versus passive microleakage of Resilon/Epiphany and gutta-percha/AH Plus. *Australian Endodontic Journal*. 2011;37 (3): 141-146.
- KUGA MC, CAMPOS EAD, FARIA-JUNIOR NBD, SÓ MVR, SHINOHARA AL. Efficacy of NiTi rotary instruments in removing calcium hydroxide dressing residues from root canal walls. *Brazilian Oral Research*. 2012;26: 19-23.
- LAMBRIANIDIS T, KOSTI E, BOUTSIOUKIS C, MAZINIS M. Removal efficacy of various calcium hydroxide/chlorhexidine medicaments from the root canal. *International Endodontic Journal*. 2006;39 (1): 55-61.
- LAMBRIANIDIS T, MARGELOS J, BELTES P. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *Journal of Endodontics*. 1999;25 (2): 85-88.
- LANG N, BRECX MC. Chlorhexidine digluconate—an agent for chemical plaque control and prevention of gingival inflammation. *Journal of Periodontal Research*. 1986;21: 74-89.
- LAW AS. Considerations for regeneration procedures. *Pediatric Dentistry*. 2013;35 (2): 141-152.
- LEDUC J, FISHELBERG G. Endodontic obturation: a review. *General Dentistry*. 2003;51 (3): 232-233.

- LEWIS BB, CHESTNER SB. Formaldehyde in dentistry: a review of mutagenic and carcinogenic potential. *The Journal of the American Dental Association*. 1981;103 (3): 429-434.
- LI D, JIANG S, YIN X, CHANG JWW, KE J, ZHANG C. Efficacy of needle, ultrasonic, and endoactivator irrigation and photon-induced photoacoustic streaming in removing calcium hydroxide from the main canal and isthmus: an in vitro micro-computed tomography and scanning electron microscopy study. *Photomedicine and Laser Surgery*. 2015;33 (6): 330-337.
- LINDEN D, BOONE M, DE BRUYNE M, DE MOOR R, VERSIANI MA, MEIRE M. Adjunctive Steps for the Removal of Hard Tissue Debris from the Anatomic Complexities of the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars: A Micro-Computed Tomographic Study. *Journal of Endodontics*. 2020;46 (10): 1508-1514.
- MACEDO R, VERHAAGEN B, RIVAS DF, VERSLUIS M, WESSELINK P, VAN DER SLUIS L. Cavitation measurement during sonic and ultrasonic activated irrigation. *Journal of Endodontics*. 2014;40 (4): 580-583.
- MADHURI GV, VARRI S, BOLLA N, MANDAVA P, AKKALA LS, SHAIK J. Comparison of bond strength of different endodontic sealers to root dentin: An in vitro push-out test. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2016;19 (5): 461.
- MAH T-FC, O'TOOLE GA. Mechanisms of biofilm resistance to antimicrobial agents. *Trends in Microbiology*. 2001;9 (1): 34-39.
- MAHARTI ID, SUPRASTIWI E, AGUSNAR H, HERDIANTO N, MARGONO A. Characterization, Physical Properties, and Biocompatibility of Novel Tricalcium Silicate-Chitosan Endodontic Sealer. *European Journal of Dentistry*. 2022.
- MARKAN S, LEHL G, KAPOOR S. Recent advances of nanotechnology in endodontics, conservative and preventive dentistry-a review. *J Dent Oral Biol*. 2017;2 (10): 1-4.
- MATSUMOTO H, YOSHIMINE Y, AKAMINE A. Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er: YAG laser within a root canal model. *Journal of Endodontics*. 2011;37 (6): 839-843.
- MCGILL S, GULABIVALA K, MORDAN N, NG YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *International Endodontic Journal*. 2008;41 (7): 602-608.
- MESSER H, FEIGAL R. A Comparison of the Antibacterial and Cytotoxic Effects of Parachlorophenoll. *Journal of Dental Research*. 1985;64 (5): 818-821.
- MILLER M, TRUHE T. Lasers in dentistry: an overview. *Journal of the American Dental Association* (1939). 1993;124 (2): 32-35.
- MIYAMOTO T, TAKAHASHI SI, ITO H, INAGAKI H, NOISHIKI Y. Tissue biocompatibility of cellulose and its derivatives. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1989;23 (1): 125-133.
- MJÖR I, SMITH M, FERRARI M, MANNOCCI F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal*. 2001;34 (5): 346-353.

- MOHAMMADI Z. Laser applications in endodontics: an update review. *International Dental Journal*. 2009;59 (1): 35-46.
- MOHAMMADI Z, DUMMER PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *International Endodontic Journal*. 2011;44 (8): 697-730.
- MÖLLER A. Microbiological examination of root canals and periapical tissues of human teeth. Methodological studies. *Odontologisk Tidskrift*. 1966;74 (5): Suppl: 1-380.
- NAAMAN A, KALOUSTIAN H, OUNSI HF, NAAMAN-BOU ABBOD N, RICCI C, MEDIONI E. A scanning electron microscopic evaluation of root canal wall cleanliness after calcium hydroxide removal using three irrigation regimens. *J Contemp Dent Pract*. 2007;8 (1): 011-018.
- NEELAKANTAN P, ROMERO M, VERA J, DAOOD U, KHAN AU, YAN A. Biofilms in endodontics—current status and future directions. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017;18 (8): 1748.
- NEUHAUS KW, LIEBI M, STAUFFACHER S, EICK S, LUSSI A. Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. *Journal of Endodontics*. 2016;42 (12): 1799-1803.
- NG YL, MANN V, RAHBARAN S, LEWSEY J, GULABIVALA K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *International Endodontic Journal*. 2007;40 (12): 921-939.
- NG YL, MANN V, RAHBARAN S, LEWSEY J, GULABIVALA K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Influence of clinical factors. *International Endodontic Journal*. 2008;41 (1): 6-31.
- ØRSTAVIK D. Apical periodontitis: microbial infection and host responses. Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis. 2019: 1-10.
- ØRSTAVIK D, HAAPASALO M. Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Dental Traumatology*. 1990;6 (4): 142-149.
- PABEL A-K, HÜLSMANN M. Comparison of different techniques for removal of calcium hydroxide from straight root canals: an in vitro study. *Odontology*. 2017;105 (4): 453-459.
- PANE ES, PALAMARA JE, MESSER HH. Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *Journal of Endodontics*. 2013;39 (5): 669-673.
- PARAMESWARAN A. Grossman's endodontic practice. *Journal of Conservative Dentistry*. 2010;13 (3): 165.
- PENG L, YE L, TAN H, ZHOU X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of Endodontics*. 2007;33 (2): 106-109.
- PETERS L, VAN WINKELHOFF AJ, BUIJS J, WESSELINK P. Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *International Endodontic Journal*. 2002;35 (1): 13-21.

- PETERS OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of Endodontics*. 2004;30 (8): 559-567.
- PSIMMA Z, BOUTSIOUKIS C, VASILADIS L, KASTRINAKIS E. A new method for real-time quantification of irrigant extrusion during root canal irrigation ex vivo. *International Endodontic Journal*. 2013;46 (7): 619-631.
- RETSAS A, BOUTSIOUKIS C. An update on ultrasonic irrigant activation. *Endo*. 2019;13 (2): 115-129.
- RIBEIRO RG, MARCHESAN MA, SILVA RG, SOUSA-NETO MD, PÉCORÁ JD. Dentin permeability of the apical third in different groups of teeth. *Brazilian Dental Journal*. 2010;21: 216-219.
- RICUCCI D, SIQUEIRA JR JF. Fate of the tissue in lateral canals and apical ramifications in response to pathologic conditions and treatment procedures. *Journal of Endodontics*. 2010;36 (1): 1-15.
- RLCUCCI D, LANGELAND K. Incomplete calcium hydroxide removal from the root canal: a case report. *International Endodontic Journal*. 1997;30 (6): 418-421.
- ROGGENDORF M. BAYERISCHES ZAHNÄRZTEBLATT. Sept München Germany, *Bavarian Dental Journal*. 2004: 32-34.
- RÖDIG T, VOGEL S, ZAPF A, HÜLSMANN M. Efficacy of different irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *International Endodontic Journal*. 2010;43 (6): 519-527.
- RÖDIG T, ZIMMERMANN F, KONIETSCHKE F, SYDOW HG, WIEGAND A. Comparison of the antibacterial efficacy of sonic-and two ultrasonic-activated irrigation techniques in reducing intracanal *Enterococcus faecalis* populations. *Quintessence Int*. 2018;49 (9): 689-697.
- RUPAREL NB, TEIXEIRA FB, FERRAZ CC, DIOGENES A. Direct effect of intracanal medicaments on survival of stem cells of the apical papilla. *Journal of Endodontics*. 2012;38 (10): 1372-1375.
- SAFAVI KE, NICHOLS FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *Journal of Endodontics*. 1993;19 (2): 76-78.
- SAFAVI KE, SPNGBERG LS, LANGELAND K. Root canal dentinal tubule disinfection. *Journal of Endodontics*. 1990;16 (5): 207-210.
- SAGHIRI MA, KARAMIFAR K, NATH D, GUTMANN JL, SHEIBANI N. A novel polyurethane expandable root canal sealer. *Journal of Endodontics*. 2021;47 (4): 612-620.
- SATHORN C, PARASHOS P, MESSER H. Effectiveness of single-versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *International Endodontic Journal*. 2005;38 (6): 347-355.
- SATO I, ANDO-KURIHARA N, KOTA K, IWAKU M, HOSHINO E. Sterilization of infected root-canal dentine by topical application of a mixture of ciprofloxacin, metronidazole and minocycline in situ. *International Endodontic Journal*. 1996;29 (2): 118-124.

- SCHÄFER E, BERING N, BÜRKLEIN S. Selected physicochemical properties of AH Plus, EndoREZ and RealSeal SE root canal sealers. *Odontology*. 2015;103 (1): 61-65.
- SCHILD H. Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*. 1974;18 (2): 269-296.
- SCHROEDER A. Gewebsverträglichkeit des wurzelfüllmittels AH26. *Zahnärztl Welt Zahnärztl Reform*. 1957;58: 563-567.
- SCHROEDER A. Ledermix 1962--Ledermix today. Evaluation after 13 years of experience. *Zahnärztliche Praxis*. 1975;26 (9): 195-196.
- SENA N, GOMES B, VIANNA M, BERBER V, ZAIA A, FERRAZ C. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *International Endodontic Journal*. 2006;39 (11): 878-885.
- SHRESTHA A, KISHEN A. Antibacterial nanoparticles in endodontics: a review. *Journal of Endodontics*. 2016;42 (10): 1417-1426.
- SHUPING GB, ØRSTAVIK D, SIGURDSSON A, TROPE M. Reduction of intracanal bacteria using nickel-titanium rotary instrumentation and various medications. *Journal of Endodontics*. 2000;26 (12): 751-755.
- SINGH U, NAGPAL R, SINHA D, TYAGI N. Iodoform based calcium hydroxide PASTE (Metapex): an aid for the healing of chronic Periapical lesion. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2014: 63.
- SIQUEIRA JR JF, RÔÇAS IN, FAVIERI A, LIMA KC. Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%, 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics*. 2000;26 (6): 331-334.
- SIRTES G, WALTIMO T, SCHÄTZLE M, ZEHNDER M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *Journal of Endodontics*. 2005;31 (9): 669-671.
- SJÖGREN U, FIGDOR D, SPÅNGBERG L, SUNDQVIST G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. *International Endodontic Journal*. 1991;24 (3): 119-125.
- SMITH GN, WOODS S. Organic iodine: a substitute for BaSO₄ in apexification procedures. *Journal of Endodontics*. 1983;9 (4): 153-155.
- SOCRANSKY SS. Dental biofilms: difficult therapeutic targets. *Periodontol 2000*. 2002;28: 12-55.
- SPANGBERG L, ENGSTRÖM B, LANGELAND K. Biologic effects of dental materials: 3. Toxicity and antimicrobial effect of endodontic antiseptics in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1973;36 (6): 856-871.
- SPÅNGBERG L, RUTBERG M, RYDINGE E. Biologic effects of endodontic antimicrobial agents. *Journal of Endodontics*. 1979;5 (6): 166-175.

- SPÅNGBERG LS, BARBOSA SV, LAVIGNE GD. AH26 releases formaldehyde. *Journal of Endodontics*. 1993;19 (12): 596-598.
- SRIVASTAVA A, YADAV DS, RAO M, RAO HM, ARUN A, SIDDIQUE R. Evaluation of push-out bond strength of BioRoot RCS and AH Plus after using different irrigants: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2020;23 (1): 26.
- STOOR P, SÖDERLING E, SALONEN JI. Antibacterial effects of a bioactive glass paste on oral microorganisms. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1998;56 (3): 161-165.
- SUDSANGIAM S, VAN NOORT R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose. *J Adhes Dent*. 1999;1 (1): 57-67.
- SWIMBERGHE R, DE CLERCQ A, DE MOOR R, MEIRE M. Efficacy of sonically, ultrasonically and laser-activated irrigation in removing a biofilm-mimicking hydrogel from an isthmus model. *International Endodontic Journal*. 2019;52 (4): 515-523.
- TANUMIHARDJA M, PATTELONGI I, SAMAD R. Antimicrobial effects of triantibiotic paste in endodontic treatment of chronic apical periodontitis. *Sch J Dent Sci*. 2015;2 (1): 58-62.
- TAŞDEMİR T, CELİK D, ER K, YILDIRIM T, CEYHANLI K, YEŞİLYURT C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *International endodontic journal*. 2011;44 (6): 505-509.
- TAVELLA E SILVA NC, GIBIN JT, RIVERA ICMM, RACHED JUNIOR FJA, LEONI GB, RAUCCINETO W. Calcium hydroxide paste removal strategies and bond strengths of epoxy-and silicate-based sealers. *Australian Endodontic Journal*. 2021;47 (2): 236-244.
- THIBODEAU B, TEIXEIRA F, YAMAUCHI M, CAPLAN DJ, TROPE M. Pulp revascularization of immature dog teeth with apical periodontitis. *Journal of Endodontics*. 2007;33 (6): 680-689.
- TOPÇUOĞLU HS, TUNCAY Ö, KARATAŞ E, ARSLAN H, YETER K. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. *Journal of Endodontics*. 2013;39 (12): 1630-1633.
- TROPE M, BUNES A, DEBELIAN G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? *Endodontic Topics*. 2015;32 (1): 86-96.
- TUNCCEL B, NAGAS E, CEHRELI Z, UYANIK O, VALLITTU P, LASSILA L. Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian Oral Research*. 2015;29: 1-6.
- TURKAYDIN D, BASTURK F, GOKER S, TARCIN B, BERKER YG, OVECOGLU HS. Efficacy of Endoactivator, CanalBrush, and passive ultrasonic irrigation in the removal of calcium hydroxide paste with iodoform and pchloro-phenol from root canals. *Niger J Clin Pract*. 2020;23 (9): 1237-1242.
- TÜRKER SA, KOÇAK MM, KOÇAK S, SAĞLAM BC. Comparison of calcium hydroxide removal by self-adjusting file, EndoVac, and CanalBrush agitation techniques: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 2013;16 (5): 439.

- UNGOR M, ONAY E, ORUCOGLU H. Push-out bond strengths: the Epiphany–Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *International Endodontic Journal*. 2006;39 (8): 643-647.
- VAN DER SLUIS L, WU M, WESSELINK P. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *International Endodontic Journal*. 2007;40 (1): 52-57.
- VAN MEERBEEK B, PEUMANS M, POITEVIN A, MINE A, VAN ENDE A, NEVES A. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental materials*. 2010;26 (2): e100-e121.
- VARELA P, SOUZA E, DE DEUS G, DURAN-SINDREU F, MERCADÉ M. Effectiveness of complementary irrigation routines in debriding pulp tissue from root canals instrumented with a single reciprocating file. *International Endodontic Journal*. 2019;52 (4): 475-483.
- VERHAAGEN B, BOUTSIOUKIS C, HEIJNEN G, VAN DER SLUIS L, VERSLUIS M. Role of the confinement of a root canal on jet impingement during endodontic irrigation. *Experiments in fluids*. 2012;53 (6): 1841-1853.
- VERHAAGEN B, BOUTSIOUKIS C, VAN DER SLUIS L, VERSLUIS M. Acoustic streaming induced by an ultrasonically oscillating endodontic file. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2014;135 (4): 1717-1730.
- VIANNA ME, GOMES BP, BERBER VB, ZAIA AA, FERRAZ CCR, DE SOUZA-FILHO FJ. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2004;97 (1): 79-84.
- VIVACQUA-GOMES N, FERRAZ C, GOMES B, ZAIA A, TEIXEIRA F, SOUZA-FILHO F. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. *International Endodontic Journal*. 2002;35 (9): 791-795.
- VOUZARA T, KOULAOUZIDOU E, ZIOUTI F, ECONOMIDES N. Combined and independent cytotoxicity of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid and chlorhexidine. *International Endodontic Journal*. 2016;49 (8): 764-773.
- WALTIMO T, TROPE M, HAAPASALO M, ØRSTAVIK D. Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing. *Journal of Endodontics*. 2005;31 (12): 863-866.
- WALTON RE, SIMON ST, BHAT K, FRANCIS R. Effect of four vehicles on the pH of calcium hydroxide and the release of calcium ion. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1995;80 (4): 459-464.
- WHITE RR, GOLDMAN M, LIN PS. The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*. 1984;10 (12): 558-562.
- WIESSE P, SILVA-SOUSA Y, PEREIRA R, ESTRELA C, DOMINGUES L, PÉCORÁ JD. Effect of ultrasonic and sonic activation of root canal sealers on the push-out bond strength and interfacial adaptation to root canal dentine. *International Endodontic Journal*. 2018;51 (1): 102-111.

- WIGLER R, DVIR R, WEISMAN A, MATALON S, KFIR A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *International Endodontic Journal*. 2017;50 (7): 700-705.
- WILLERSHAUSEN I, WOLF T, SCHMIDTMANN I, BERGER C, EHLERS V, WILLERSHAUSEN B. Survey of root canal irrigating solutions used in dental practices within Germany. *International Endodontic Journal*. 2015;48 (7): 654-660.
- WINDLEY III W, TEIXEIRA F, LEVIN L, SIGURDSSON A, TROPE M. Disinfection of immature teeth with a triple antibiotic paste. *Journal of Endodontics*. 2005;31 (6): 439-443.
- WISEMAN A, COX TC, PARANJPE A, FLAKE NM, COHENCA N, JOHNSON JD. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *Journal of Endodontics*. 2011;37 (2): 235-238.
- WONG DT, CHEUNG GS. Extension of bactericidal effect of sodium hypochlorite into dentinal tubules. *Journal of Endodontics*. 2014;40 (6): 825-829.
- Xia, X., Man, Z., Jin, H., Du, R., Sun, W., & Wang, X. Vitapex can promote the expression of BMP-2 during the bone regeneration of periapical lesions in rats. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2013; 31 (4): 249.
- YANG Y, SHEN Y, WANG Z, HUANG X, MAEZONO H, MA J. Evaluation of the susceptibility of multispecies biofilms in dentinal tubules to disinfecting solutions. *Journal of Endodontics*. 2016;42 (8): 1246-1250.
- ZEHNDER M, SÖDERLING E, SALONEN J, WALTIMO T. Preliminary evaluation of bioactive glass S53P4 as an endodontic medication in vitro. *Journal of Endodontics*. 2004;30 (4): 220-224.
- ZHU L, LI Y, CHEN Y-C, CARRERA CA, WU C, FOK A. Comparison between two post-dentin bond strength measurement methods. *Scientific reports*. 2018;8 (1): 1-8.

ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı : Sevcan

Soyadı : KOÇ

Doğum Yeri ve Tarihi : Bornova 14.01.1994

Uyruğu : T.C.

Medeni Durumu : Bekar

İletişim Adresi ve Telefonu : Emek Mah. 14. Cadde No:11/8

Çankaya/Ankara

05544747727

Elektronik Posta : sevcan.koc.sk@gmail.com

II. Eğitim Bilgileri

2019-2022 : Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti

Anabilim Dalı (Uzmanlık), ANKARA

2012-2017 : İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
(Lisans),

ANKARA

2008-2012 : İzmir Kız Lisesi, İzmir

Yabancı Dil

İngilizce

Almanca