



**T.C.**  
**GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ**  
**DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**KANAL İÇİ ISITMANIN LATERAL KANALLARDAKİ PULPA  
DOKUSUNUN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİSİNİN DİĞER  
AKTİVASYON YÖNTEMLERİYLE KIYASLANMASI**

**OKAN MERCAN**  
**UZMANLIK TEZİ**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN**  
**DOÇ. DR. UĞUR AYDIN**

**Gaziantep**

**2021**



**T.C.**  
**GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ**  
**DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**KANAL İÇİ ISITMANIN LATERAL KANALLARDAKİ PULPA  
DOKUSUNUN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİSİNİN DİĞER  
AKTİVASYON YÖNTEMLERİYLE KİYASLANMASI**

**OKAN MERCAN**  
**UZMANLIK TEZİ**

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN**  
**DOÇ. DR. UĞUR AYDIN**

**Gaziantep**

**2021**

**T.C.**  
**GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ**  
**DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**  
**ENDODONTİ ANABİLİM DALI**

**KANAL İÇİ ISITMANIN LATERAL KANALLARDAKİ PULPA DOKUSUNUN**  
**ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİSİNİN DİĞER AKTİVASYON YÖNTEMLERİYLE**  
**KIYASLANMASI**

**OKAN MERCAN**

**Tarih: 01.02.2021**

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı Onayı

**Prof. Dr. ASLI SEÇİLMİŞ**  
**Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı**

Bu tez çalışmasının bir “Uzmanlık” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

**Doç. Dr. Uğur AYDIN**  
**Endodonti Anabilim Dalı Başkanı**

Bu tez çalışmasının bir “Diş Hekimliğinde Uzmanlık” derecesi için uygun ve yeterli bir çalışma olduğunu onaylıyorum.

**Doç. Dr. Uğur AYDIN**  
**Tez Danışmanı**

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir “Diş Hekimliğinde Uzmanlık” tezi olarak kabul edilmiştir.

**Tez Jürisi**

**İmza**

**Doç. Dr. Uğur AYDIN**

**Doç. Dr. Ayşin DUMANI**

**Doç. Dr. Adile Şehnaz YILMAZ**

## **BEYAN**

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

01/02/2021

OKAN MERCAN



## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca benden desteğini, ilgisini hiçbir zaman eksik etmeyen tez danışmanım sevgili hocam **Sayın Doç. Dr. Uğur Aydın'a**,

Bilgelerinden ve fikirlerinden yararlandığım ve bana her zaman destek olan **Arş. Gör. Zeynel Abidin Şimşekyılmaz'a**,

Bu çalışmada benden yardımlarını esirgemeyen **Arş. Gör. Hakan Özdoğru, Arş. Gör. Merve Yaman ve Arş. Gör. Sevgi Öğüt'e** ve tüm eğitimim süresince beraber çalıştığım asistan arkadaşlarıma ve bölümümüzün tüm çalışanlarına,

Bu süreçte yanımda olan sevgili eşim **Seren Türkmen Mercan'a** ve bütün aileme,

Sonsuz Teşekkürlerimi sunuyorum...

# İÇİNDEKİLER TABLOSU

<b>KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ</b> .....	v
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	vi
<b>RESİMLER LİSTESİ</b> .....	vii
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	viii
<b>ÖZET</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>1. GİRİŞ ve AMAÇ</b> .....	3
<b>2. GENEL BİLGİLER</b> .....	5
2.1. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu .....	5
2.1.1. Kök kanallarında dezenfeksiyonun önemi.....	5
2.1.2. Kök Kanallarının İrrigasyonlarının Hedefi.....	7
2.2. Kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılan materyaller.....	8
2.2.1. Sodyum Hipoklorit.....	8
2.2.2. Klorheksidin(CHX).....	17
2.2.3. EDTA(Ethylene Diamine Tetraacetic Acid).....	19
2.2.4. MTAD.....	22
2.2.5. QMİX.....	23
2.3. Kök kanal dezenfektanlarının aktivasyon yöntemleri .....	24
2.3.1. Sonik aktivasyon.....	24
2.3.2. Ultrasonik aktivasyon .....	29
2.3.3. Endodontide lazer kullanımı .....	32
2.3.4. Manuel Aktivasyon Yöntemleri.....	34
2.3.5. EndoVac.....	37
2.3.6. SAF (Self adjusting file) .....	39
<b>3. MATERYAL ve METOT</b> .....	43

3.1. Rezin Bloklar .....	43
3.4. İstatiksel Analiz .....	50
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>50</b>
4.1. Kanal İçi Aktivasyon Uygulamaları Sonrası Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi .....	50
Şekil 4.1. Her grubun çözdüğü ortalama pulpa miktarının ortalama grafiği.....	52
<b>5. TARTIŞMA .....</b>	<b>52</b>
<b>6. SONUÇ .....</b>	<b>62</b>
<b>7. KAYNAKÇA .....</b>	<b>63</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>75</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

NaOCl	Sodyum hipoklorit
EDTA	Etilendiamin tetraasetik asit
Sn	Saniye
SH	Sülfidril grubu
E.faecalis	Entereococcus Faecalis
CHX	Klorheksidin
S.Mutans	Streptococcus Mutans
EDTAC	Ethylenediaminetetraacetic acid plus Cetavlon
µm	Mikrometre
gr	Gram
mL	Mililitre
dk	Dakika
tRNA	Taşıyıcı RNA
MTAD	Mixture of Tetracycline isomer, an Asid Deterjan
Hz	Herz
kHz	Kiloherz
Cpm	Dakikadaki frekans değeri
NiTi	Nikel-titanyum
Nd Yag Lazer	Neodymium-doped yttrium aluminum garnet lazer
Nm	Nanometre
Ho Yag Lazer	Holmium Yag lazer
Er-Cr YSGG	Erbium, chromium-doped yttrium, scandium, gallium and garnet
Er-Yag	Erbium Yag lazer
PIPS	Fotonla indükte fotoakustik dalgalı lazer
Rpm	Dakikadaki dönüş hızı
Mm	Milimetre

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Kök kanal anatomisinde apikal çeşitliliğin kompleksliği [18] .....	8
Şekil 2.2. Yandan delikli iğne grupları (A-C), Ultrasonik grupları (D-F), NaviTip FX grupları (G-I), Endoaktivatör grupları (J-L), Kontrol grupları (M-O) [47] .....	15
Şekil 2.3. Klorheksidinin formülü [52] .....	17
Şekil 2.4. EDTA formülü [67] .....	20
Şekil 2.5. x2000 büyütme altında endoaktivatör aktivasyonu sonrası smear tabakası [96]....	26
Şekil 2.6. SAF ile yapılan kanal tedavisi sonrası SEM görüntüsü [129] .....	43
Şekil 4.1. Her grubun çözdüğü ortalama pulpa miktarının ortalama grafiği.....	52



## RESİMLER LİSTESİ

<b>Resim 2.1.</b> Renkli irrigasyon uygulanan dişteki gaz kabarcığı (39).....	12
<b>Resim 2.2.</b> Vibringe sonik aktivasyon sistemi.....	25
<b>Resim 2.3.</b> Endoaktivatör (94).....	26
<b>Resim 2.4.</b> Eddy sonik sisteminin uç salınımı.....	28
<b>Resim 2.5.</b> Eddy'nin hareket mekanizması.....	28
<b>Resim 2.6.</b> Canal brush kullanım öncesi ve sonrası (123).....	36
<b>Resim 2.7.</b> Endobrush (123).....	37
<b>Resim 2.8.</b> NaviTip FX.....	37
<b>Resim 2.9.</b> Endovac sistem.....	38
<b>Resim 2.10.</b> RDT başlık (128).....	40
<b>Resim 2.11.</b> SAF eğesi (128).....	41
<b>Resim 2.12.</b> SAF eğesinin yakından görünüşü (128).....	41
<b>Resim 2.13.</b> SAF VATEA irrigasyon pompası (128).....	42
<b>Resim 3.1.</b> Rezin blok.....	44
<b>Resim 3.2.</b> Hassas Terazı.....	45
<b>Resim 3.3.</b> Pulpa apikal üçlüdeki yan kanala uygulandı.....	45
<b>Resim 3.4.</b> Pulpanın pluggerla tepilmesi.....	45
<b>Resim 3.5.</b> Mum ile bloğun örtülmesi.....	46
<b>Resim 3.6.</b> Endodontik iğne ile irrigasyon.....	46
<b>Resim 3.7.</b> Endodontik % 5.25 NaOCl solüsyonu.....	47
<b>Resim 3.8.</b> Endoaktivatör ile irrigasyon uygulaması.....	47
<b>Resim 3.9.</b> Pasif ultrasonik irrigasyon uygulaması.....	48
<b>Resim 3.10.</b> Kanal içi ısıtma uygulaması.....	49
<b>Resim 3.11.</b> Kanal içi ısıtma uygulaması için kullanılan Fast-pack cihazı.....	49

## TABLÖLAR LİSTESİ

**Tablo 4.1.** Gruplar arası pulpa çözünürlüğü ortalama ve standart sapma değerleri ..... 51

**Tablo 4.2.** Gruplar arası istatistiksel karşılaştırma ..... 51



## ÖZET

### KANAL İÇİ ISITMANIN LATERAL KANALLARDAKİ PULPA DOKUSUNUN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNE ETKİSİNİN DİĞER AKTİVASYON YÖNTEMLERİYLE KIYASLANMASI

OKAN MERCAN

Uzmanlık Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Uğur Aydın

Şubat 2021, 87 sayfa

Bu çalışmanın amacı, kök kanal dezenfeksiyonu için kullanılan sonik, ultrasonik ve kanal içi ısıtma sistemlerinin, yan kanallardan pulpa kaldırma düzeylerinin karşılaştırılmasıdır. Üç boyutlu yazıcıda üretilmiş, 50 adet iki yan kanala sahip rezin dişler kullanılmıştır. Pulpalar yan kanallara pluggerlar sayesinde tepildi ve  $10^{-5}$  hassasiyetinde terazi ile tartıldı. Daha sonra, örnekler 5 gruba ayrıldı. Grup 1: Kontrol grubu, Grup 2: Endoaktivator sistem, Grup 3: Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI), Grup 4: Kanal içi ısıtma, Grup 5: PUI + Kanal içi ısıtma. Her grup 20 ml hacminde % 5,25'lik NaOCl ile toplam irrigasyon süresi 2 dk olacak şekilde irrigate edildi ve kağıt konularla kurutuldu. İşlem sonrası her örnek tekrar tartıldı ve kaydedildi. İstatistiksel yöntem için One way-Anova ve Post hoc testleri kullanıldı. PUI + Kanal içi ısıtma, diğer gruplara göre anlamlı derecede başarılıydı ( $p < 0.05$ ). PUI ve kanal içi ısıtma grupları diğer gruplara göre anlamlı derecede başarılı oldu ( $p < 0.05$ ) ancak aralarında fark yoktu ( $p > 0.05$ ). Endoaktivator ve kontrol grupları arasında anlamlı fark yoktu ( $p > 0.05$ ). Yan kanallardan organik doku kaldırmada PUI + Kanal içi ısıtma yöntemlerinin kombine kullanılması en başarılı sonucu vermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Endoaktivator, Irrigasyon aktivasyon, Kanal içi ısıtma, Pasif ultrasonik irrigasyon, Pulpa çözünürlüğü

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF INTRACANAL HEATING ON THE SOLUBILITY OF THE PULP TISSUE IN LATERAL CHANNELS COMPARISON WITH OTHER ACTIVATION METHODS

OKAN MERCAN

Specialization Thesis, Gaziantep University, Faculty of Dentistry

Department of Endodontic

Supervisor: Doç. Dr. Uğur Aydın

February 2021, 87 pages

The aim of this study is to compare the pulp dissolving capacity of sonic, ultrasonic and intra canal heating systems from lateral canals. Fifty resin blocks with two lateral canals manufactured by using 3D printer were included. The pulps was tumbled into the lower lateral canals and weighed at a sensitivity of  $10^{-5}$ . Then, the samples were divided into 5 groups. Group 1: Control group, Group 2: Endoactivator system, Group 3: Passive ultrasonic irrigation (PUI), Group 4: Intracanal heating, Group 5: PUI+Intracanal heating. Each group was irrigated with 20 ml of 5 % NaOCl with a total irrigation time of 2 minutes and dried with paper points. After the procedure, each sample was weighed again and recorded. One way-Anova and Post hoc tests were used for statistical analysis. PUI+Intracanal heating grup dissolved statistically more pulp than other groups ( $p<0.05$ ). While there was no significant difference between PUI and intracanal heating systems ( $p>0.05$ ), they both dissolved significantly more pulp than control and endoactivator group ( $p<0.05$ ). There was no significant difference between endoactivator and control group ( $p>0.05$ ). Combined use of PUI + Intracanal heating methods in dissolving organic tissue from lateral canals gives the most successful result.

**Keywords:** Endoactivator, Intracanal heating, Irrigation activation, Passive ultrasonic irrigation, Pulp dissolving

## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

Kanal tedavisi; kök kanal dezenfeksiyonu, şekillendirme ve kök kanalının doldurulması şeklinde 3 aşamadan oluşur. Kök kanal dezenfeksiyon işlemi yıllar içerisinde çeşitli yeni kimyasallarla ve mekanik aktivasyonla geliştirilmeye çalışılmıştır. Henüz kök kanalının tamamına ulaşacak ve dezenfekte edebilecek bir yöntem geliştirilememiştir (1).

Kök kanalları içerisindeki mikroorganizma çeşitliliğinin yanı sıra, bunların geliştirdiği direnç mekanizması da kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunda ciddi bir engeldir. Bu mikroorganizmalar, dezenfeksiyonun sağlanamadığı durumlarda kanal doldurulsa bile, zaman içinde tekrar çoğalıp reenfeksiyona yol açmaktadırlar. Mikroorganizmalar dentin tübüllerine adezyon sağlayıp, burada uzun süre yaşayıp latent olarak kalabilmektedirler (2).

Sonrasında ise tekrar üreme şartlarını buldukları anda eskisinden daha da dirençli ve daha fazla sayıda üreyip enfeksiyon yaratmaktadırlar. Bu yüzden primer kanal tedavisi yapılırken maksimum dezenfeksiyon, ideal şekillendirme ve optimum tıkama yapılmalıdır. Zaman içerisinde endodontistler geleneksel kanal solüsyonlarıyla yetinmeyip bunların çeşitliliğini arttırsalar da yine de tamamen dezenfeksiyon sağlayamamışlardır. Hangi teknoloji ve irrigasyon solüsyonu kullanılırsa kullanılsın kök kanal sistemi içerisinde % 100 debridman sağlayamamaktadır. Ayrıca bu solüsyonları lateral kanallar, isthmuslar ve ramifikasyonlara ulaştırmak da çok sınırlı miktarda olup işe yaramamaktadır. Bu yüzden de endodontistler zaman içerisinde ellerindeki solüsyonları geliştirme yoluna başvurmuşlardır. Sodyum hipoklorit; antibakteriyel etkinliği, lubrikant özelliği ve doku çözücü özellikleri göz önüne alındığında endodontik solüsyonlar arasında altın standarttır. Ayrıca iyi bir raf ömrü ve ucuz olması da herkes tarafından benimsenip evrensel bir solüsyon olmasında etken olmuştur (3).

NaOCl'in konsantrasyon konusu hep tartışma söz konusu olmuştur. Sonja Stojicic ve ark. NaOCl'in ideal kullanımını için ilk başlarda konsantrasyon miktarını arttırarak denemeler yapmışlardır. İlk yıllarda % 5-6'lık NaOCl solüsyonlarıyla pulpa

çözünürlüğünü artırdıklarını fark etmişlerdir. Sonrasında ise NaOCl'in taşma durumunda ciddi toksisite ve yan etkilerin görüldüğünü gözlemleyip konsantrasyonu daha fazla arttırmamışlardır. Araştırmacılar % 2.5 ve 5.25 aralığında kullanmayı optimum olarak belirlemişlerdir (4). NaOCl'in çözünürlüğünü artırma konusundaki tartışmalar ise geçmişten günümüze devam etmektedir. Araştırmacılar optimum konsantrasyonu belirledikten sonra çözünürlüğü daha fazla artırabilmek için NaOCl'in kanal içi sıcaklığını yükseltmeyi denemişlerdir. Woodmansey ve ark. 2005 yılında NaOCl'i kaynama sıcaklığına getirdiklerinde pulpa çözünürlüğüne etkisinin 210 kat arttığını görmüşlerdir (5). Diana Dimitriu ve ark. % 5' lik 20 °C derecede NaOCl'in % 1'lik 36 °C derecedeki NaOCl'le aynı çözünürlüğe sahip olduğunu keşfetmişlerdir (6). Zehnder ve ark. ise ultrasonik aktivasyon kullanıldığında kavitasyonun artması ve solüsyonun içerideki dönüş hızının artması ve NaOCl'in sıcaklığını da 50 °C dereceye kadar artırarak sinerjistik bir etki yaratarak pulpal çözünürlüğü artırdığını bildirmişlerdir. Bu yüzden de kanal içi ısıtma ve ultrasonik/sonik aktivasyon tekniklerine yoğunlaşmanın daha akılcı olduğunu düşünmeye başlamışlardır (7). Woodmansey ise kanalın içerisine System B'nin pluggerını çalışma boyundan 3 mm kısa olacak şekilde ve 200 °C dereceye ayarlı bir halde NaOCl vaporize olana kadar 3 ile 5 sn arasında uygulayıp tekrar taze NaOCl ile doldurmuştur. Bu teknik aynı zamanda NaOCl in kinetik enerjisini artırıp çözünürlüğünü ve kimyasal etkinliğini arttırmaktadır (5). Buchanan ise 5 saniyelik 200 °C kullanımdan sonra 5 sn soğutmanın gerekli olduğunu söylemiştir (8).

Bu çalışmamızın amacı in vitro ortamda rezin blokların yan kanallarına tepilen pulpanın çözünürlüğü için sonik, ultrasonik ve kanal içi ısıtma yöntemlerinin etkinliğinin karşılaştırılmasıdır.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu**

#### **2.1.1. Kök Kanallarında Dezenfeksiyonun Önemi**

Kök kanal tedavisinin temel amacı kök kanal sisteminden mikroorganizmaların organik ve inorganik tüm doku artıklarının uzaklaştırılmasıdır. Bu amaçla yapılan kemomekanik preparasyon, endodontik tedavinin en önemli aşaması olarak kabul edilebilir. Kemomekanik preparasyonla mikroorganizmalar ve bunların ürünleri kanaldan elimine edilir. Ayrıca mikroorganizmaların üremesi için gerekli olan substratlar da uzaklaştırılmış olur. Apikal periodontitisteki iyileşme ancak tam bir debridman yapıldığında öngörülebilir. Bu işlemleri başarı ile gerçekleştirdikten sonra immünolojik sisteme iyileşme için gerekli zamanı ve şartları verip, sonrasında iyileşme gözlenip gözlenmemesine bağlı olarak tedavi seçenekleri yeniden değerlendirilir (9).

Mekanik preparasyon kanal tedavisindeki diğer tüm işlemlerin başarısını etkilemektedir. Mekanik preparasyon; irrigant ve ilaç kullanımı için yeterli boşluk oluşturulmasını ve kök kanal anatomisinin kanal dolgusu için en mükemmel şekle getirilmesini içerir. Klinik başarı oranı, kök kanal sisteminin olabildiğince dezenfekte edilebilmesi, etkili ve kalıcı bir şekilde doldurulmasını sağlayan gereçler ve yöntemlerin bulunması ile artmaktadır.

Bugün tüm güvenilir endodontik yöntemler; kök kanallarının tam olarak preparasyonu, dezenfeksiyonu ve dolgusu görüşleri üzerinde temellenmiştir. Modern endodonti; biyolojik, anatomik ve mekanik özelliklere daha fazla önem vererek bu üçlüyü mekanik ve kimyasal preparasyon, hermetik kanal dolumu şeklinde modifiye etmiştir. Böylece klinik ve radyolojik başarı oranı % 96.5'a kadar yükselmiştir (10).

Kök kanal asepsisinin sağlanması, aralarından en dikkat çekici olanları mekanik enstrümantasyon ve kimyasal irrigasyon olan bir dizi ardışık adım yoluyla denir (11).

Nekrotik dokular, pulpa artıkları ve mikroorganizmaların kaldırılması bu işlemin bir parçasıdır. Dolayısıyla, bu süreç biyomekanik preparasyon olarak tanımlanmıştır. Kök kanallarında hem mikroorganizmaların hem de bunların ürettiği ve ortadan kaldırılması zor olan biyofilm tabakasının mutlaka kaldırılması gerekmektedir. Bunların ortadan kaldırılması için kimyasal maddelere ilaveten, bu maddelerin etkinliğini arttıracak mekanik yöntemlerle kaldırılması, prognozu olumlu yönde etkilemektedir. Schilder, kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi esnasında uyulması gereken prensipleri iki ana başlık altında değerlendirmiştir. Bunlar mekanik ve biyolojik prensiplerdir (12).

#### Mekanik Prensipler:

- Kök kanal anatomisi flaring şekilde prepare edilmelidir,
- Apikal foramen kanalın çap olarak en küçük kısmını oluşturmalıdır,
- Transportasyon ve zip oluşması olasılığından mümkün olabildiğince kaçınılmalıdır (12).

#### Biyolojik Prensipler:

- Mekanik dezenfeksiyon ve şekillendirme, minör apikal foramenin ötesine hiçbir şekilde ulaşmamalıdır,
- Kanal preparasyonu esnasında ortaya çıkan maddeler periapikal bölgeye taşırılmamalıdır,
- Kanal içi irrigasyonla mikroorganizmalar ve nekrotik pulpa artıkları kanal içinden mümkün olduğunca maksimum düzeyde temizlenmelidir (12).

Kök kanallarının temizlenme ve şekillendirilmesinde, genişletme için eğelerin kullanılmasının haricinde etkili bir irrigasyonun da yapılması gerekir. Geleneksel yöntem ve solüsyonlarla irrigasyon istenen düzeyde etkili olamamaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan solüsyonlarla elde edilen temizleme etkinliğinde irriganların verildiği sistem ve uygulama şekli, kullanılan solüsyonun türünden daha fazla önem taşımaktadır.

### 2.1.2. Kök Kanallarının İrrigasyonlarının Hedefi

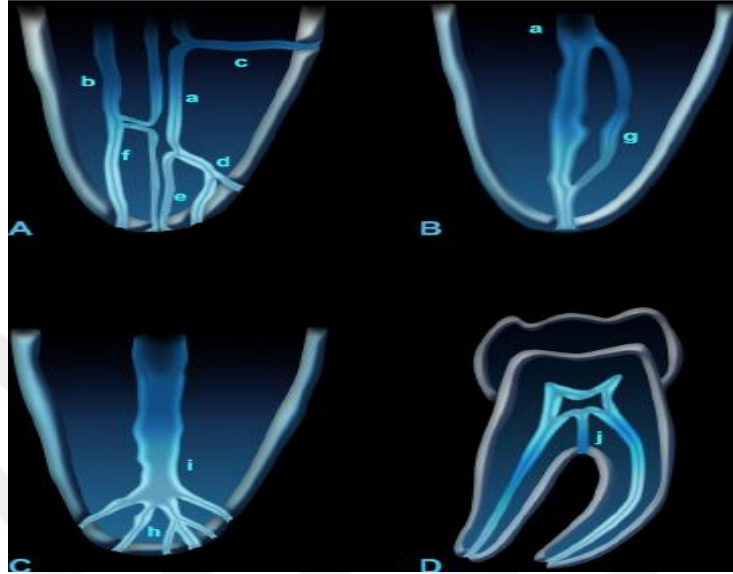
Kök kanal irrigasyonunun genel olarak yararlarını şu ifadelerle sıralayabiliriz:

- Enfekte ve kontamine olan bütün artıklar ortamdan çıkarılır.
- Kök kanal yıkaması için uygulanan solüsyonlar organik debridmanları kök kanalından çıkararak mikroorganizmaların beslenmelerini önlemekte ve böylece mikroorganizmal yükü azaltmaktadır.
- Solüsyonların çoğu antimikrobiyotik maddeler olduklarından kök kanal sistemi içerisindeki mikroorganizmaların üstünde belirli bir düzeyde etki gösterirler. Kök kanal sistemi içerisindeki kalan artıkların kemomekanikal preparasyonla uzaklaştırılması mikroorganizmaların yaşamlarına devam etmelerini ve üremelerini güçleştirir.
- Bakteri öldürücü irrigasyonlar kullanılmadığında kanalın içerisinde antibakteriyel ilaçlar uygulansa dahi yeterli kanal dezenfeksiyonu gerçekleştirilememektedir (13).
- Kanal preparasyonu esnasında antibakteriyel solüsyon uygulandığında kontamine kanalların yarısından çoğu bakterilerden temizlenmiş hale gelmektedir (14).

Bazı solüsyonlar smear tabakasını uzaklaştırabilir, böylece kanal içi irrigasyonların dentin tübülleri içine penetre olmaları kolaylaşmaktadır. Uygulanan sıvılarla mekanik hatalar azalmakta; eğelerin yivlerinde biriken dentin debrislerinin eğenin kesme özelliğini negatif yönde etki etmesinin önüne geçilmektedir. Kanallardaki prosesler tamamen irrigasyonla dolu bir ortamda yapıldığında dentin debrisleri pulpa odasına doğru çıkar ve paper pointlerle kolayca alınır. Debrislerin apikal üçlüde birikme ve blokaj oluşma ihtimali azalır. Aletlerin kanal düzensizlikleri ve dallanmalarına tamamen uymaları zordur. Bu yüzden de irrigasyonların çözücü etkileri ile artık pulpa dokusunu kanaldan uzaklaştırılarak tam dezenfeksiyonu ve kanal dolum materyallerinin bu kısımlara ulaşmasını sağlamaya çalışılmaktadır. Bu sayede kanal dolumu daha hızlı, basit ve güvenli biçimde yapılabilirken adezyon etkisi artırılmaktadır (15).

Kök kanal anatomisi karmaşık bir yapıya sahiptir. Kanalın herhangi bir yerinde başlayıp sonlanabilen lateral kanallar, kanallar arası isthmuslar, looplar ve ramifikasyonlar kanal tedavisinin dezenfeksiyonunda zorluk yaratan yapılardır (Şekil 2.1). Özellikle bu gibi yapılarda yer alan nekrotik pulpa ve doku artıkları hermetik bir kanal dolumunu

imkansız kılarken, başarı şansını da düşürmektedir. Bu gibi yapılarda kalan mikroorganizmalar artık dokularla beslenip bunları fermente edebilmektedirler. Tekrar kök kanalında enfeksiyon yaratıp başarı şansını azaltmaktadırlar. Bu yüzden başarılı bir dezenfeksiyon kök kanal tedavisinin en kritik aşamasıdır (16).



Şekil 2.1. Kök kanal anatomisinde apikal çeşitliliğin kompleksliği (17)

## 2.2. Kök Kanal Dezenfeksiyonunda Kullanılan Materyaller

### 2.2.1. Sodyum Hipoklorit

Klorin genel olarak sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile kombinasyon halinde bulunur (18). Klorin bileşikleri insan vücudunda, spesifik olmayan bağışıklık sisteminin bir parçasıdır. Bunlar nötrofiller tarafından azotlu bir bileşimin miyeloperoksidaz aracılı klorinasyon yoluyla veya bir dizi bileşik aracılığıyla üretilirler. Potasyum hipoklorit ilk başta Fransa'da Claude Louis Berthollet tarafından kimyasal sulu klor çözeltisi olarak üretilmiştir (19). Hipoklorit çözeltileri ise ilk olarak ağartıcı ajan olarak kullanılmıştır. Hipoklorit daha sonra 19. yüzyılın sonlarına doğru dezenfektan olarak geniş kabul görmüştür. I. Dünya Savaşı'nda kimyager Henry Drysdale Dakin ve cerrah Alexis Carrel % 0.5'lik sodyum hipoklorit kullanımını enfekte yaraların irrigasyonu için çözüm olarak sunmuşlardır (20). Geniş spektrumlu olmalarının yanı sıra, tüm mikroorganizmalar üzerinde spesifik olmayan öldürme etkileri bulunur. Ayrıca hipoklorit preparatlarının sporisidal, virüsidal ve nekrotik

dokular üzerinde vital dokulardan daha yüksek düzeyde etkili olmaları gibi avantajları sıralanabilir (21) (22). Bu özellikler, Coolidge tarafından önerildiği üzere endodontide sulu sodyum hipoklorit kullanımının, 1919 gibi erken bir tarihte ana irrigasyon maddesi olarak kullanılmasını sağlamıştır (23). Ayrıca sodyum hipoklorit çözeltileri ucuzdur, kolay bulunur ve raf ömrü uzundur (24). Diğer klor salan bileşikler de dekloraminler-T ve dikloroizosiyanürat (NaDCC) gibi endodontide kullanılmaktadır (25) (26).

Sodyum hipokloritin dinamik genel reaksiyonlarının formülizasyonu şu şekildedir (27):



Sodyum hipoklorit hem organik doku hem de yağ asitlerinin yağ degradasyonunu çözücü görev görür. Onları yağ asidi tuzlarına ve gliserole dönüştürür. Böylece kalan solüsyonun yüzey gerilimini azaltır (27).

Sodyum hipoklorit, oluşan amino asitleri su ve tuz olarak nötralize eder (nötrleştirme reaksiyonu). Hidroksil iyonları çıkışıyla, pH'ta bir azalma gerçekleşir. Sodyum hipoklorit çözeltisinde bulunan bir madde olan hipokloröz asit, organik doku ile temas ettiğinde çözücü görev görür. Ayrıca protein amino grubuyla kombine klorin salınımı yapar ve hücre metabolizmasına müdahale eden kloraminleri oluşturur (kloraminasyon reaksiyonu). Hipokloröz asit (HOCl-) ve hipoklorit iyonları (OCl-) aminoasit bozunmasını ve hidrolizi sağlar. Klorin antimikrobiyal etkisini, esansiyel bakteri enzimlerinin SH gruplarının (sülfidril grubu) oksidasyonunu engelleyerek bunu geri döndürülemez bir şekilde sağlar (27).

Vücut sıcaklığında sulu çözelti içinde reaktif kloröz, iki form alır: hipoklorit (OCl) veya hipokloröz asit(HOCl). Bunların konsantrasyonu elektrokimyasal eşdeğer miktarda elementi belirleyerek serbest klorin olarak ifade edilebilir (18).

Bu nedenle, 1 mol hipoklorit, 1 mol kullanılabilir klor içerir. Mevcut klorun durumu, solüsyonun pH'ına bağlıdır. 7.6 pH'ın üzerinde baskın form hipokloritken, bu değer altıda baskın form hipokloröz asittir (28). Her iki form da son derece reaktif oksitleyici maddelerden oluşur. Endodontide kullanılan pH 12'dir ve dolayısıyla tüm mevcut klor, OCl formundadır (24).

Organik kalıntılara karşı oldukça fazla eritici etki göstermesi, antimikrobiyal olması, düşük yüzey gerilimi sebebiyle dentin duvarlarına penetre olması ve her ülkede bulunarak fiyatının da uygun olması bu solüsyonun altın standart yapmıştır. 1996 senesinde Amerika Birleşik Devletler’inde yapılan çalışmada NaOCl % 87.5 ile en çok kullanılan irrigasyon materyalidir (29).

Endodontide genel olarak NaOCl’in % 0.5 ile 5.25 arası değişen konsantrasyonları bulunmaktadır. NaOCl’nin değişen konsantrasyonu ile toksisitesi doğru orantılı olarak artmaktadır.

### **2.2.1.1. Antimikrobiyal Aktivitesi;**

NaOCl'in antibakteriyel aktivitesi üzerinde çok fazla in vitro çalışma yapılmıştır. Walker, 1936'da % 5 konsantrasyondaki NaOCl çözeltisini, endodontide kök kanal irrigantı olarak tanıttığında dünya çapında bundan daha efektif bir irrigasyon olmadığını belirtmiştir (30).

Siqueira ve ark. Enterococcus faecalis'e karşı NaOCl'in in vitro etkinliğini değerlendirmişlerdir. Kök kanalının dezenfekte edilmesinde %4 NaOCl'in salin solüsyonundan çok daha etkili olduğunu bildirmişlerdir (31).

Başka bir çalışmada Siqueira ve ark. birkaç irrigantın antibakteriyel aktivitesini, 4 siyah pigmentli anaerobik bakteri ve 4 fakültatif bakteri üzerinde agar difüzyon testi yoluyla karşılaştırmışlardır. Bulguları % 4 NaOCl ve % 2.5 NaOCl'in antibakteriyel etkinliğinin, diğer test edilen ajanlardan anlamlı derecede daha iyi olduğunu göstermiştir (3).

Berber ve ark. kanal içi irriganlar olarak % 0.5 , % 2.5 ve % 5.25 NaOCl'in etkinliğini değerlendirmişlerdir. El aleti ve döner enstrümantasyon teknikleriyle kök kanalları ve dentinal tübüllerin içindeki E. faecalis'e karşı % 5.25 NaOCl konsantrasyonunun en etkili olduğunu bildirmişlerdir (32).

Ercan ve ark. % 2 CHX ve % 5.25 NaOCl'nin antibakteriyel etkinliğini kök kanal irrigantı olarak karşılaştırmışlardır. Bulgularına göre iki solüsyonun da nekrotik pulpalı

dişlerdeki mikroorganizmalar, periapikal lezyonlar veya her ikisi üzerinde anlamlı ölçüde etkili olduğunu bildirmişlerdir (33).

Siqueira ve ark. % 2.5 NaOCl ve % 0.12 CHX irrigant olarak, apikal periodontitisli dişlerin enfekte kök kanallarındaki bakteri popülasyonları üzerindeki etkinliğini karşılaştırmışlardır. Buldukları sonuç kemomekanik hazırlık yapılan iki grupta da solüsyonların kök kanallarındaki bakterileri azalttığıdır. NaOCl ve CHX grupları arasında, negatif kültür üreten vaka sayısı veya kantitatif bakteri azalması açısından önemli bir fark yaratmadığını göstermişlerdir (34).

Pashley ve ark. ise NaOCl'in antimikrobiyal etkisini hücre proteinlerini oksitleyerek ve hidrolize ederek gösterdiğini söylemişlerdir. Ayrıca hipertonicliği sebebiyle ozmotik durumdaki hücrelerin sıvılarını çekerek de sağladığını belirtmişlerdir (35). Mc Donnell ve Russel araştırmalarında NaOCl'in sporisid ve virusidal olduğunu belirtmişlerdir (21).

Cotter ve ark. tarafından NaOCl irrigasyonunun canlı dokular üstünde tamponlanmamış haline göre çok az toksik olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bununla birlikte pH 9'un altına düşmemelidir. Böyle bir durumda irrigasyondaki klor iyonu konsantrasyonu eksilir, hipokloröz asit konsantrasyonu fazlalaşır ve toksisite de daha fazla olur (36).

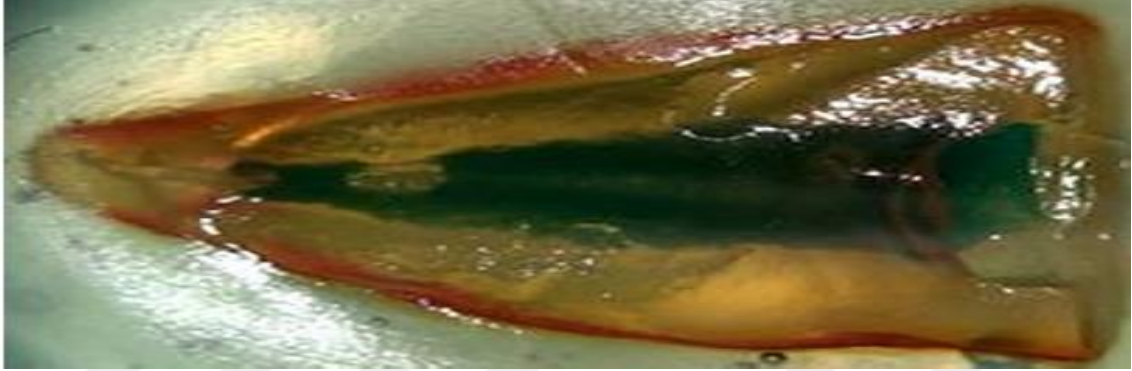
NaOCl oldukça geniş spektrumlu bir antimikrobiyal ajandır. Klinik ve labaratuvar çalışmalar bu irrigantın kök kanalındaki tüm mikroorganizmaları 1 dk veya daha kısa süre içinde ortadan kaldırdığını gösteriyor (37).

Ayrıca Hand ve ark. 1978'de, NaOCl'in kan ve serum albümini gibi organik materyalin varlığında dahi, önemli ölçüde antimikrobiyal etkinliğinin bulunduğunu bildirmişlerdir (38).

### **2.2.1.2. Vapor-Lock Etkisi**

Bir sıvının boşluğa girmesi, yüzey ve kılcal kuvvetlere bağlıdır. Diş içerisinde ise sıvının temas açısına, viskozitesine, kavitenin büyüklüğüne ve tübülün açık veya kapalı olup olmamasına bağlıdır. Ayrıca sıvı nüfuz ettikten sonra, kapalı bir tübülün eğim derecesi, akışkanların dinamiği ve içindeki gaz kabarcıklarının hareketi de etkiler.

Çünkü diş kökleri periodontal ligament ve kemik ile çevrilidir. Kök kanal sistemi kapalı bir kanal veya tübül gibi davranır. Çoğu durumda irrigasyonun etkisinin apikal üçlüye ulaşmasına engel olacak bir buhar kilidi etkisi üretir. Bu irrigasyon da genel olarak NaOCl'tir. Kanal içerisindeki en önemli antibakteriyel etki bu solüsyondan sağlanır. Bu yüzden de NaOCl'in vapor lock etkisi bizim için oldukça önemlidir. Kanalın apikal tıkaçı küçük bir eğe ile reaming hareketi yaparak debrisler serbestlenir. Sonrasında eğer gaz baloncuğu kaldıysa irrigasyonun ultrasonik aktivasyonu ile son in vivo çalışmalarda gösterildiği gibi ortadan kaldırılır. Bununla birlikte, temizleme ve şekillendirme prosedürleri sırasında irrigasyon apikal üçlüye ulaşsa bile kök kanallarının orta ve servikal üçlüsünde gaz kabarcıkları olduğu görülür (Resim 2.1) (39).



**Resim 2.1.** Renkli irrigasyon uygulanan dişteki gaz kabarcığı (39)

Bu gaz kabarcıkları da kapalı modeller kullanılırken sıklıkla in vitro olarak gözlenir. Ve bu gaz kabarcıkları uygun dikkat gösterilmediğinde, irrigasyonun kök kanal duvarları ile temasını engeller. Başlangıçta baloncukları ortadan kaldırmanın olası yolu bir rekapitülasyon eğesi kullanmaktır. Gaz kabarcıklarının dinamik olarak hareket ettiğini gözlemlemek ilginçtir. Ayrıca kök kanal sistemi içinde pasif irrigasyonla veya el eğeleri ve döner aletlerin kullanılmasıyla ortadan kaldırmak oldukça zordur. Bir kez dijital görüntüde gözlemlendiklerinde gösterildiği gibi, nadiren kaybolduğu görülür. Bu gaz kabarcıklarının kanal içi kısımda oluşması ve hareket etmesinin nedeni kısmen dikey tüplerde kabarcık hareketi olarak gözlemlenen akışkan viskozitesi ve yüzey gerilimini ölçerkenki hareket ile açıklanmaktadır (39).

Manuel dinamik aktivasyon, hafifçe yapılan elle aktivasyondan oluşur, sert olmayacak şekilde itme-çekme vuruşları ile gutaperka konisi, NaOCl ile irrigasyon içinde kalan gaz

kabarcıklarının giderilmesine yardımcı olabilir. Pasif ultrasonik aktivasyon gibi enstrüman aktivasyon teknikleri de gaz kabarcık sayısını ortadan kaldırmaya veya azaltmaya yardımcı olabilir. Sadece apikal üçlüde değil, aynı zamanda orta üçlüde ve servikal üçlüde de azalır çünkü gazın geometrisi ve yayılma oranı, türbülans ve akış bozukluğundan etkilenir. Negatif basınç olan Endovac aktivasyon sistemi, gaz kabarcığı oluşumunu negatif basınçla çalışması sayesinde ciddi oranda engeller. Endovac'ın NaOCl'in dentin duvarları ve düzensizlikleri ile kök kanal sisteminde penetrasyona ve temasa daha iyi izin verdiği gösterilmiştir. Aynı zamanda mikroorganizmaların hayatta kalarak apikal periodontitis gelişmesi ile ilişkili yan ürünlerinin oluşmasını engellediğini de göstermişlerdir (39).

### **2.2.1.3. Dezenfeksiyon**

Jose ve ark. tarafından NaOCl'nin etkinliği, hipokloröz asitten bağımsız olarak konsantrasyonuna bağlıdır. Solüsyon bu etkisini bakteriyel enzimlerin sülfidril grupları üzerinde oksidatif etkisi sayesinde gösterir. Şüphesiz bu etki membranda ve sitoplazmik enzimlerin ikisinde de gözlenir. Temel enzimler inhibe edilir, metabolik reaksiyonlar bozulur ve bunun sonucunda da bakteriler öldürülür (3).

% 5'lik NaOCl genelde kullanılan irrigasyon ajanlarından çok daha fazla antimikrobiyal etki göstermektedir. Şelasyon maddeleri ve oksitleyici maddelerin etkinliği NaOCl'e göre daha sınırlıdır. Antimikrobiyal aktivite, periapikal dokularda toksik olmama, suda çözünürlük ve organik maddeyi çözme kapasitesi özelliklerine sahip olan bir irrigasyon solüsyonu bulmak için bir dizi çalışmalar yapılmıştır. İdeal irrigasyon solüsyonu kök kanal sistemi içerisindeki organik maddeyi çözmelidir. NaOCl de nekrotik dokular için oldukça etkili bir çözücüdür. Clarkson ve ark. iki NaOCl konsantrasyonunun çözme yeteneğini domuz kesici dişindeki pulpa dokusu üzerinde değerlendirmişlerdir. Daha yüksek konsantrasyonlarda dokunun daha hızlı çözüldüğünü bulmuşlardır. NaOCl, ayrıca güçlü bir proteolitik ajandır. Endodontik irrigant olarak da en iyi doku çözme yeteneğine sahip olduğunu belirtmişlerdir (40).

Sülfirik asit ve hidroklorik asit de dahil olmak üzere hiçbir solüsyon nekrotik pulpa dokusunun eritilmesinde % 5'lik NaOCl kadar etkili olamamıştır. NaOCl dokuları sitrik

asitten 7 kat daha fazla eritebilmektedir. Şelasyon maddeleri, oksitleyici maddeler, serum fizyolojik, distile su ve % 0.5-1'lik NaOCl, nekrotik dokuların eritilmesinde yetersiz kalmaktadır. Hand ve ark. NaOCl solüsyonunun konsantrasyonunu değiştirerek, nekrotik doku çözünürlüklerini karşılaştırmışlardır. Araştırmada, nekrotik dokulara farklı konsantrasyonda NaOCl solüsyonu uygulanmıştır. Bunun sonucunda % 2.5'luk NaOCl kök kanal solüsyonunun, % 5.25 yoğunluktaki NaOCl solüsyonundan yaklaşık üçte biri oranında daha az etkili olduğunu bulmuşlardır. % 1 ve % 0.5 NaOCl solüsyonlarının ise nekrotik dokuyu etkilemediği saptanmıştır (41).

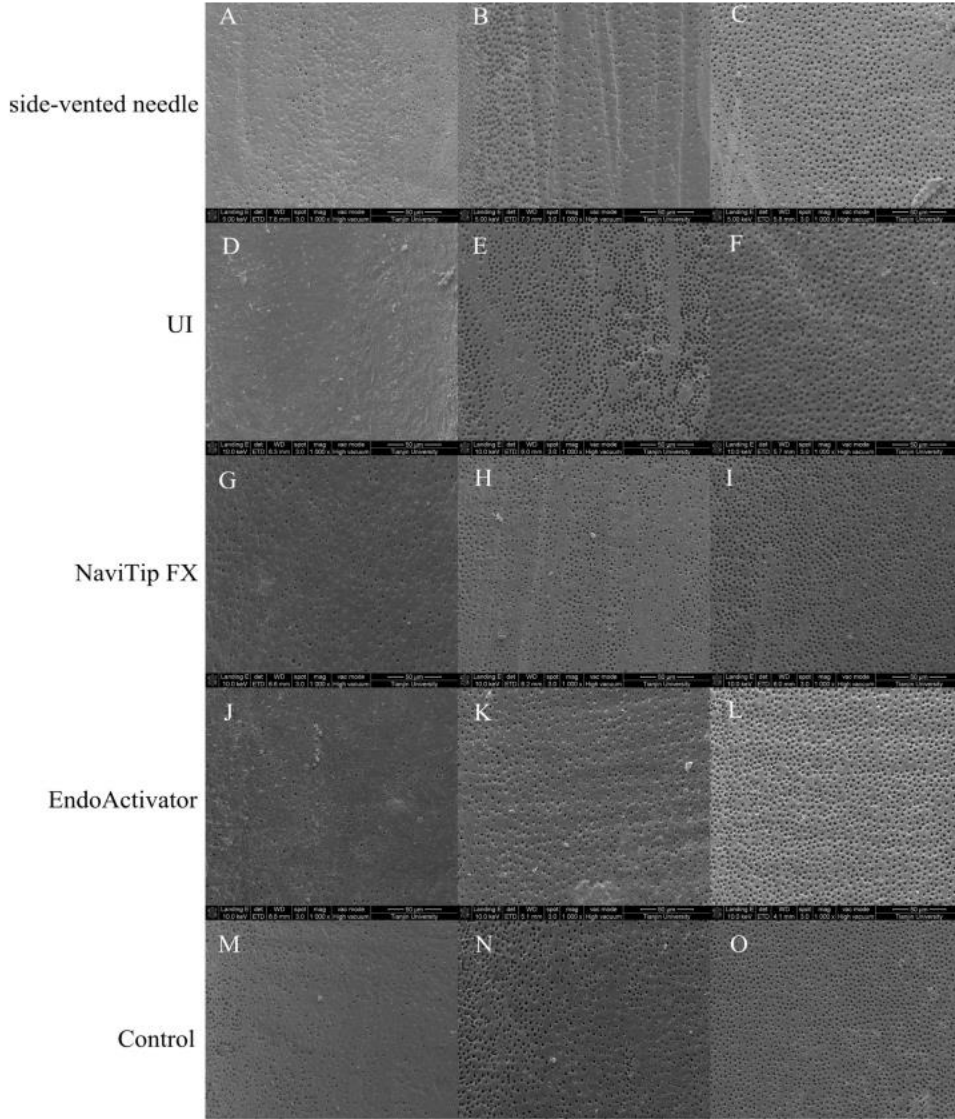
Retamozo ve ark. sığır dentin silindirlerinden *E. Faecalis*'i elimine etmeyi denemişlerdir. Bunun için de farklı konsantrasyona sahip NaOCl solüsyonları kullanılmış olup, % 1.3 veya % 2.5'luk NaOCl solüsyonlarının yetersiz kaldığı sonucuna varmışlardır. Sadece % 5.25'lik NaOCl solüsyonunun *E. Faecalis*'i elimine edebildiğini göstermişlerdir (42) .

Rosenfield ve ark. % 5.25'lik NaOCl'nin vital pulpa dokusu üzerinde de eritici etki yaptığını, dentin tübüllerine penetre olabildiğini ve ana kanala komşu dentin kanal içeriklerini eritme özelliği bulunduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada % 5.25'lik NaOCl'nin predentini de eritebildiği ileri sürülmüştür. Bu araştırmanın sonucu enfekte kanallarda bakterilerin büyük çoğunluğunun predentinde ve ona komşu dentin dokularında bulunduğunu ortaya koymuştur (43).

Hasselgren ve ark. kalsiyum hidroksit ve sodyum hipokloritin doku eritici özelliklerini araştırmışlardır. Kalsiyum hidroksitle uzun süreli tedavinin nekrotik dokuyu eritebileceğini ve kalsiyum hidroksitle yapılan ön tedavinin NaOCl'nin doku çözücü özelliklerini artırdığını bildirmişlerdir. Isı artışları solüsyonun antimikrobiyal etkinliği ve doku eritici özelliklerini artırmaktadır (44).

Hipokloritin etkinliğini artırmak için alternatif bir yaklaşım kanal sistemindeki irrigasyonun sıcaklığını artırmak olabileceğini düşünmüşlerdir. Ayrıca ısıtılmış

hipoklorit solüsyonlarının ısıtılmamış muadillerinden, dentin talaşlarını ve organik kalıntıları daha verimli temizlediğini belirtmişlerdir (45).



**Şekil 2.2.** Yandan delikli iğne grupları (A-C), Ultrasonik grupları (D-F), NaviTip FX grupları (G-I), Endoaktivatör grupları (J-L), Kontrol grupları (M-O) (46)

Xiangjun Guo ve ark. herhangi bir aktivasyon olmadan bile, 60 ° C % 3 NaOCl ve % 17'lik EDTA kombinasyonunun kök kanalı preparasyonu sırasında final irrigant olarak kullanıldığındaki durumun, smear tabakasının çıkarılmasında NaviTip FX ve Endoaktivatör teknikleri kadar etkili olduğunu bulmuşlardır. Ancak uygulanan irrigasyon tekniklerinin hepsi smear tabakasının tamamen kaldırılmasını sağlamamıştır (Şekil 2.2). Özellikle de apikal üçlüde yeterli olmadığını bulmuşlardır (46).

#### 2.2.1.4. NaOCl'in Biyofilmlere Etkinliği

Biyofilm terimi, doğadaki çeşitli yzey yapılarında oluşabilecek mikrobiyal yoğunlaşmaları ve ince tabakayı belirtmek için kullanılmıştır. Sulu bir ortamda bulunan serbest hareket eden bakteriler, yani planktonik mikroorganizmalar biyofilm oluşumu için bir ön koşuldur. Bu tür filmler herhangi bir organik veya inorganik yzey substratı üzerinde yerleşik hale gelebilen planktonik mikroorganizmalardan oluşur. Dental bağlamda bu özel biyofilmin organizasyonunda planktonik organizmalar için, tükürük birincil kaynak görevi görür. Ancak, endodontide biyofilm kavramı Őimdiye kadar sınırlı bir ilgi görmüştür. Esas olarak bu yapı kök içerisinde vital olmayan pulpalara sahip dişlerin bakteriyel görünümlerinin erevesi içinde tartışılmıştır. Bu tür bakteri kmeleşmelerinin tedaviye dirençli olmasının nedeni olarak biyofilm içerdiği düşünülmüştür (47).

Bununla birlikte, biyofilmlerde yetişen olgunlaşmış mikrobiyal toplulukların anti-mikrobiyal ajanlarla yok edilmesi oldukça zordur. Bu olgunlaşmış biyofilmlerdeki mikroorganizmalar henüz yeterince açıklanamayan nedenlerden ötürü herkesin bildiği gibi dirençli olabilirler. Biyofilmlerde üreyen mikroorganizmaların, planktonik formlardan 2 ile 1.000 kat arası daha dirençli olabildiği bildirilmiştir (48).

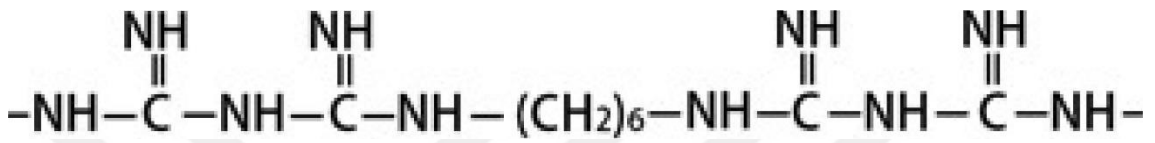
Clegg ve ark. NaOCl'in farklı konsantrasyonlarındaki (% 6, % 3 ve % 1), % 2 CHX ve BioPure MTAD olmak üzere üç irrigasyon maddesinin in vitro apikal dentin biyofilmlerin üzerindeki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Buldukları sonuç hem cansız hem de fiziksel olarak biyofilmdeki bakterilerin elimine edilmesi yeteneğine sahip olan tek irrigantın % 6 NaOCl olduğunu belirtmişlerdir (49).

Giardino ve ark. % 5.25 NaOCl ve MTAD'ın *E. faecalis* biyofilmine karşı etkinliğini değerlendirmişlerdir. Yalnızca % 5.25 NaOCl'nin biyofilmi her seferinde paralayabileceğini ve çıkarabileceğini bulmuşlardır. NaOCl'nin, enfekte olmuş

mikrobiyal biyofilmin yapısını bozan ve kök kanallarından çıkarabilen tek endodontik irrigant olduğu sonucuna varmışlardır (50).

### 2.2.2. Klorheksidin(CHX)

Klorheksidin sentetik bir katyonik bis-guanid olup, iki adet simetrik 4-klorofenil halka ve merkez kısmında bir heksametilen ile birbirine bağlanan iki biguanid zincir grubundan meydana gelir (Şekil 2.3) (51).



Şekil 2.3. Klorheksidin formülü (51)

CHX etkisini pozitif yüklü hidrofobik ve lipofilik moleküllerin bakteri hücre zarındaki fosfolipidler ve lipopolisakkaritler ile etkileşime girmesiyle ve sonrasında aktif veya pasif taşıma mekanizmasını bozarak etki gösterirler (52). Etkinliğinin kaynağı, molekül yükü pozitif olanın, negatif yüklü mikrobiyal hücre duvarlarındaki fosfat grupları ile etkileşiminden gelmektedir (53). Böylece hücrelerin ozmotik dengesini değiştirir. Bu da hücre duvarının geçirgenliğini artırır ve CHX molekülünün bakteri içerisine girmesini sağlar. CHX bir bazdır ve bir tuz olarak stabildir. En çok yaygın oral preparat olan CHX glukonat suda çözünür ve fizyolojik pH'da kolayca ayrışır. Sonrasında pozitif yüklü CHX bileşenini serbest bırakır (51). Düşük konsantrasyonda bulunduğu (% 0,2), düşük moleküler ağırlıklı maddeler, özellikle potasyum ve fosfor hücreden dışarı sızar. Diğer taraftan daha yüksek konsantrasyonda (% 2), CHX sitoplazmik içeriklerin çökmesini meydana getirerek bakterisidal etki gösterir (54). Özellikle sodyum hipoklorit alerjisi bulunan hastalarda kolaylıkla kullanılabilir. Açık apeksli dişlerde özellikle tercih edilmesi gereken bir irrigasyon maddesi olarak görülmektedir. NaOCl'in tersine CHX'in antibakteriyelliği geçici özellikli değildir. Diş dokularına ve müköz membrana yapışarak uzun süre ile tedavi edici düzeyde salınım sağlar. Kök kanalları CHX ile irrigate edildikten sonra başka ilaç kullanılsa bile kanalın içerisindeki dezenfeksiyon sürekliliğini sürdürür (54).

White ve ark. çalışmalarında % 2 ile % 0,12'lik klorheksidini endodontik irrigasyon şeklinde kullandıklarında 72 saat süre ile kalıcı antimikrobiyal etkinlik gösterdiğini keşfetmişlerdir. Daha farklı çalışmalarda da % 2'lik klorheksidinin 2-7 güne kadar süren kalıcı etkileri ile mikrobiyal etki gösterebileceği iddiasında bulunmuşlardır (55).

Ayrıca guta perka sterilizasyonunda da % 2'lik klorheksidin kullanılabilir. Gutaperkada herhangi bir yüzey değişikliğine yol açmadığı gösterilmiştir (56) (57). Jeansonne ve White % 2'lik klorheksidin glukonat solüsyonunun % 5.25'lik sodyum hipoklorite eş etkili antiseptik etki gösterdiğini göstermişlerdir (58).

Vahdaty ve ark. yaptıkları çalışmada *Enterococcus faecalis* ile kontaminasyon yarattıkları kök kanallarında, denk konsantrasyondaki NaOCl ve klorheksidinin eşit seviyede etki gösterdiklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılar iki irrigasyonda da deneklerin % 50'sinde enfekte dentin tübülleri olduğunu belirtmişlerdir. Klorheksidinin katyonik etkilerinin, hidroksilapatit tarafından emilmesini kolaylaştırdığını, bunun da dentin kanalları içindeki bakterilerin üstünde daha çok etki gösterdiği araştırmalar sonucunda gözlenmiştir (59).

Leonardo ve ark. yaptıkları in vivo çalışmalarında kök kanal irrigasyon solüsyonu olarak kullanılan % 2 CHX 'in pulpa nekrozu olan ve radyografik olarak görünen kronik periapikal lezyona sahip dişlerde antimikrobiyal substantivitesini değerlendirmişlerdir. CHX'in uygulamadan sonra 48 saate kadar kök kanal sistemi içerisinde mikrobiyal aktiviteyi önleyen, kalıcı bir etkiye sahip olduklarını göstermişlerdir (60).

Kuruvilla ve Kamath NaOCl ve CHX'in beraber kullanımının antibakteriyel etkinliği artırdığını göstermiştir. Bu durum, klorheksidinin iyonlarına ayrışma özelliğini artıran klorheksidin klorit oluşumuna bağlanmaktadır (61).

Bununla birlikte Mader ve ark. bu irrigantların birlikte uygulamalarının kök kanallarından zorlukla uzaklaştırılan kanserojenik olan, paracloroanilin adında bir çökelti oluşturduğunu bildirmişlerdir. Sodyum hipoklorit içerisindeki demir molekülleri suda çözünen, kolay oksitlenen, demir hidroksitleri oluşturmasına neden olan ve çökelti oluşturmasına sebep olan kahverengi bir çökelti oluşturan demir tuzlarının meydana gelmesine sebep olur (62). Marchesan ve ark. ise parakloroanilin oluşumunu önlemek için az yoğunluk içeren asetik asit kullanılmasını tavsiye etmişlerdir (63).

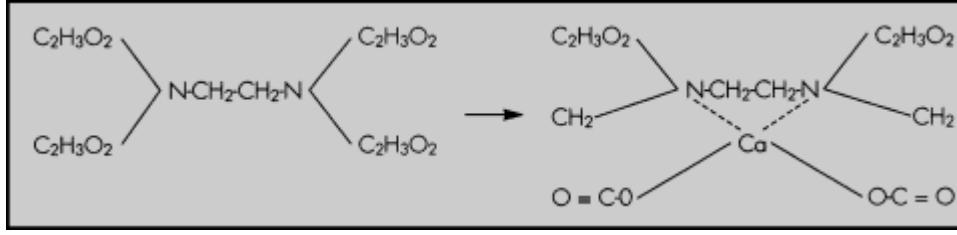
White ve ark. klorheksidinin *S.mutans* üzerindeki antimikrobiyal etkinliğinin irrigasyon yapıldıktan 72 saat sonra bile devam ettiğini bildirmişlerdir. Bu etkilerine rağmen klorheksidinin etkinliğinin; pH'ya bağlı oluşu, ortamda organik yapıların bulunmasıyla etkinliğinin azalması ve özellikle nekrotik dokuları çözememesi gibi sınırlamaları olduğu ileri sürülmektedir (55).

### **2.2.3. EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid)**

1951'de EDTA'nın diş sert dokuları üzerindeki demineralize edici etkisi ilk kez yayınlanmıştır (64). Şelatörler, endodontide ilk olarak Nygaard - Østby tarafından aşağıdaki bileşime sahip % 15 EDTA solüsyonunun (pH 7.3) kullanılmasını önermesiyle kullanıma başlanmıştır. Sonrasında ise ideal konsantrasyonun % 17 olduğunu belirtmişlerdir (65). İçeriği ise şöyledir:

- EDTA'nın disodyum tuzu (17.00 g)
- Aqua dest (100.00 mL)
- 5 mol sodyum hidroksit (9,25 mL)

EDTA'nın formülizasyonu ise aşağıdaki gibidir (Şekil 2.4) (66):



**Şekil 2.4.** EDTA formülü (66)

Birkaç yıl sonra, EDTA solüsyonunun temizleme ve bakterisit potansiyelini artırmak için bir deterjan eklenmiş ve yeni bileşim EDTAC olarak isimlendirilmiştir (67). EDTAC, EDTA'nın 0.84 g bir dörtlü amonyum bileşiği ile karıştırılmasıyla üretilir (68). Bu ilave, irriganın yüzey gerilimini azaltmayı, tüm kök kanal duvarının ıslanmasını kolaylaştırmayı hedeflemiştir. Böylece şelatörlerin dentine nüfuz etme kabiliyetini arttırmayı amaçlamaktadır. Saf haliyle EDTA zaten % 1 ve 5 arası konsantrasyonda sodyum hipokloritten (NaOCl), salin solüsyonundan veya damıtılmış sudan daha düşük bir yüzey gerilimine sahiptir (69).

Nygaard - Østby'nin ilk çalışmasında, EDTA (% 15 (pH 7.3)) ile işlenmiş örnekler polarize mikroskop kullanılarak analiz edilmiştir. Kök kanal lümeni, açıkça tanımlanmış demineralize dentin bölgesi ile çevrelenmiştir. Demineralize bölgenin uzatılması çalışma süresine bağlıdır. Bu deneyler, EDTAC'ın hızlı bir demineralize edici etkiye sahip olduğunu gösterdi. EDTAC'ın bir deterjan ilavesinden dolayı EDTA'dan daha düşük bir yüzey gerilimine sahip olduğu ve dolayısıyla dentin içine daha derine nüfuz etme kabiliyetini artırdığı düşünülmektedir. 5 dakika sonra 20–30 µm demineralize bölge görülmüştür. Bu, 30 dakika sonra 30-40 µm'ye ve 24-48 saatlik bir çalışma süresinden sonra 50 µm'ye yükseldi. Bu katman, açıkça tanımlanmış pürüzsüz bir sınır çizgisi ile daha derinde bulunan değişmemiş dentinden ayrılmıştır. Bu nedenle, çözeltinin difüze olarak dentinin içine nüfuz etmesi durmuş ve etkinin kendi kendini sınırladığı düşünülmüştür. Çünkü demineralizasyon nispeten uzun bir çalışma süresinden sonra bile 50 µm'yi geçmemiştir (65). Ayrıca, EDTAC yumuşak dokuda daha büyük inflamatuvar reaksiyonlara neden olmasına rağmen, EDTA'dan daha büyük bir antimikrobiyal etkiye sahip olması gerektiğini belirtmişlerdir (70). Bunun aksine, EDTAC ve EDTA'nın etkinliğinde hiçbir fark bildirilmemiştir (71).

EDTA en güçlü şelasyon maddesi ve lubrikantıdır. Endodontide kemomekanik işlemlerin etkinliğini artırmak amacıyla ve smear tabakayı uzaklaştırmak, dentin duvarlarının dezenfeksiyonunu artırmak amaçlarıyla kullanılmaktadır. EDTA irrigantının demineralizasyon yeteneğinin sınırlı kaldığı gözlenmiştir. Çünkü her bir şelat molekülü, sadece bir kalsiyum iyonu ile bağlantı kurabilmektedir. Moleküllerin tamamı bağlandığında reaksiyon biter. EDTA'nın disodyum tuzu dentinde 5 dk'da 20-30 µm derinlikte demineralizasyon gerçekleştirebilmektedir. Ayrıca şelatların etkisi kanalların yarıçapına bağlı olarak değişir. Bu yüzden dar kanallarda etkinliği daha azdır. Araştırmacıların genel fikri şelatların diş sert dokusunda demineralizasyon etkinliği göstermekte olduğu, ama kökün dar kısımlarında etkisinin çok çok az olduğu şeklindedir (72).

Buna karşın Patterson, çalışmalarından EDTA'nın, maksimum penetrasyonu 28 µm olmasına rağmen, kendi kendini sınırlamayan ve 5 güne kadar süren dekalsifikasyonu indüklediği sonucuna varmıştır (73). Dentin demineralizasyonu, tüm şelatörler kalsiyum ile bağlantı oluşturmaya kadar devam eder. Dentin demineralizasyonu pH 4-5 arasında görülür, ancak mine etkilenmez. Çözünürlükteki farklılık, apatit kristal boyutundaki farklılıklar, dentindeki tübüllerin varlığı ve kalsiyumun EDTA'ya uygun oranı ile açıklanabilir (74). Dentin demineralizasyonunun pH'a bağlı olmadığı düşünülse de, nötr veya alkali EDTA solüsyonu optimal bir etki sağlar (75). Bu, dentin demineralizasyonu için optimum pH'ın 5.0 ile 6.0 arasında olduğunu gösteren bir çalışma ile desteklenmektedir (76). Açığa çıkan fosfor miktarı olarak ölçülen demineralizasyon etkisi, pH 7.5 olan çözeltilerde pH değeri 9 olan çözeltilere kıyasla daha fazladır (77).

Ingle'a göre EDTA'nın % 17 konsantrasyon ve pH'ı 7-7.5 arasında herhangi bir antibakteriyel aktivitesi varsa da çok limitlidir. Uzun süreli doğrudan maruz kalma durumunda, EDTA bakterilerin hücre yüzeyi proteinlerini metal iyonları ile bir araya getirerek hücre zarından lipopolisakkaritleri açığa çıkarmayı sağlar ve hücre dengesini bozar. Teorik olarak, bu bakteriyel ölüme bile neden olabilir. Daha da önemlisi, EDTA kök kanalında etkili bir şelasyon maddesidir. Dentin inorganik bileşeni üzerinde NaOCl ile birlikte (fakat aynı anda değil) kullanıldığında smear tabakasını kaldırır. Bu nedenle EDTA, kanalda enfekte olmuş dokunun temizlenmesini ve çıkarılmasını, ayrıca kökteki mikroorganizmaların yok edilmesine katkıda bulunur. Ayrıca smear tabakasının çıkarılmasında da büyük etkisi olduğu gösterilmiştir. Smear tabakasının EDTA ile

uzaklaştırılmasından sonra dentin geçirgenliği artmakta ve kanal dentini ile kanal dolgusu arasındaki mikrosızıntıda azalma olmaktadır. Ayrıca bazı lateral kanallar da bu sayede kanal patıyla doldurulabilmektedir. Smear tabaka uzaklaştırıldıktan sonra, kök kanal duvarları temizlenmiş ve dentin tübülleri açıkça gözükmemektedir. Dentin tübüllerinin ağızları peritübüler dentinin çözülmesi nedeniyle genelde büyür. Genel olarak apikal bölüme doğru dezenfeksiyon işleminin etkisi azalmakta koronal ve orta üçlüde daha etkili olmaktadır. EDTA kullanılması daha derin dentin katmanlarında lokal olarak kullanılan dezenfekte edici ajanların antimikrobiyal etkisini iyileştirmektedir (78). Bununla birlikte Helling ve ark. EDTA'nın aerop bakteriler üstünde kısıtlı miktarda etki gösterirken, anaerop bakteriler üstünde aktif etki gösterdiğini ifade etmişlerdir (79).

Niu ve ark. EDTA ve NaOCl'i takiben EDTA irrigasyonundan sonra kanal duvarları üzerindeki yapıyı elektron mikroskopisi tarama yoluyla (SEM) incelemişlerdir. Sadece EDTA kullanımına göre NaOCl'i takiben EDTA kullanılmasının daha fazla debris kaldırılmasını sağladığını bulmuşlardır (80).

EDTA'nın kök kanal dolgusuna etkisini Villegas ve ark. incelemişlerdir. Bu çalışmada yalnızca % 6 NaOCl ve distile suyla yapılan kanallara göre, benzer uygulamalar ve ardından EDTA ile irrigasyondan sonra doldurulan yan kanalların sayısının arttığı belirlenmiştir. Bunu EDTA uygulaması sonrası patların dentin adezyonunun artmasına bağlamaktadırlar. Çünkü dekalsifiye olan dentine bağlanma, kalsifiye dentine olan bağlanmadan önemli ölçüde daha iyidir (81).

#### **2.2.4. MTAD**

MTAD, Loma Linda Üniversitesi'nde 2003 yılında, Torabinejad ve Johnson tarafından tanıtılmıştır (82). % 3 doksisisiklin sulu çözeltisinden geniş spektrumlu antibiyotik etkinliğini, % 4.25 sitrik asitten demineralize ediciliğini ve % 0.5 polisorbata 80 deterjan (Tween 80) sayesinde de düşük yüzey gerilimi özelliği barındırır. Bu üründe suda çözünürlüğü artırmak için serbest bazlı doksisisiklin monohidrat yerine doksisisiklin hidrat kullanılır (83). Ticari olarak 2 parçalı karışım halinde mevcuttur (Biopure

MTAD;Dentsply). Klinik olarak etkili olduğu ve biyouyumlu bir endodontik irrigant olarak kabul edilmektedir (84) (85).

Bu etkilerini tRNA'nın 30S ribozomuna bağlanmasına engel olmak yoluyla bakteriyel protein sentezini inhibe ederek gerçekleştirmektedir. MTAD'ın içindeki etkenlerden biri olan doksisisiklin de primer olarak bakteriyostatik etki gösteren bir antibiyotiktir. Geniş spektrumlu olup Gram (+), Gram (-)'lere karşı etkilidir ama mantarlara karşı etkisi yoktur. Doksisisiklinin etki etmesi düşük pH'sından, antikoallejenaz aktivitesinden, dentine bağlanma yetisinden ve aşamalı olarak salınımından kaynaklıdır. Torabinejad ve ark. tarafından yapılan bir in vitro çalışmada MTAD, *E. faecalis*'i 200 seyreltmeye kadar öldürmede etkilidir. NaOCl ise 32 dilüsyonun ötesinde antibakteriyel aktivitesini göstermeyi bırakmaktadır. EDTA ise herhangi bir antibakteriyel aktivite göstermemiştir. Yalnızca MTAD, *E. faecalis*'i 2 veya 5 dakika maruziyetten sonra öldürmeyi başarmıştır (86). Tükürükle kontamine kök kanallarının dezenfeksiyonunda MTAD'ın gösterdiği etkinlik ile NaOCl'i karşılaştırarak incelemiştir. MTAD'ın antimikrobiyal etkilerinin EDTA ve NaOCl ile karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde daha etkili olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca araştırmacılar MTAD ile temizlenen kök kanallarında apikal üçlü kısımdaki dentin tübüllerinin, EDTA ile temizlenenlerden çok daha etkili temizlendiğini göstermişlerdir. Kök kanalları genişletildikten sonra smear tabaka kaldırıldığında, doksisisiklinin kanal düzensizliklerine ve dentin tübüllerinin derinlerine daha rahat girebildiği görülmüştür. Yapılan çalışmalarda sitrik asit, doksisisiklin, deterjan karışımının smear tabakasının kaldırılmasında sadece doksisisiklin ve sitrik asit karışımından daha etkili olduğu bildirilmiştir (87).

### 2.2.5. QMIX

İngles'a göre SmearClear, SmearOff ve QMiX bunların tümü smear tabakasının çıkarılması için üretilen EDTA tabanlı ürünlerdir. Ayrıca diğer yüzey gerilimini değiştirecek maddeleri (dentin yüzeyinin ıslanmasını kolaylaştırmak için) veya antimikrobiyal etki göstermesini sağlayacak aktif maddeleri de içerirler. Ürünün tam bileşenleri ve konsantrasyonu, eklenen maddeler üreticiler tarafından ayrıntılı olarak açıklanmamaktadır. Bir EDTA ürününe antimikrobiyal aktivite eklemenin en büyük nedeni, smear tabakasının çıkarılmasından sonra NaOCl'e geri dönme ihtiyacından kaçınmaktır (78).

Çalışmalar, kanalın EDTA veya sitrik asitten sonra tekrar NaOCl ile irrigasyon yapılırsa, kanal duvarı dentininde önemli ölçüde erozyona neden olacağını göstermiştir. QMiX'in smear tabakayı çıkarmadaki etkinliğinin, % 17 EDTA'ya eşit veya daha iyi olduğu çalışmada gösterilmiştir (88).

Ayrıca dentin mikro sertlik çalışmaları, QMiX'in dentin mikro sertliğini % 17 EDTA veya % 2.25 parasetik asit ile karşılaştırıldığında, daha az azalttığını göstermiştir (89). Chandrasekhar ve arkadaşları, QMiX'in sıçan deri altı dokusunun üzerinde, % 3 NaOCl, % 2 CHX ve % 17 EDTA'ya göre daha az toksik olduğunu göstermiştir (90).

Alkahtani ve ark. NaOCl ve QMiX'in ikisinin de insan kemik iliği mezenkimali kök hücreleri için toksik olduğunu, yine de QMiX'in NaOCl'den daha az sitotoksik olduğunu rapor etmişlerdir. QMiX, az miktarda klorheksidin içerebilir. Bu da QMiX ve NaOCl'in kasıtlı veya yanlışlıkla karıştırılmışsa parakloroanilin oluşumu riskini artırır (91).

Kolosowski ve ark. tübüllerde NaOCl ve ardından CHX ile irrigasyon yapılan dentin çözeltisinde parakloroanilin içeren bir çökeltinin oluştuğunu belirtmişlerdir. NaOCl, ardından serum ve QMiX kullanılan dentin tübüllerinde parakloroanilin veya çökeltiye rastlanmamıştır (92).

## **2.3. Kök Kanal Dezenfektanlarının Aktivasyon Yöntemleri**

### **2.3.1. Sonik Aktivasyon**

#### **2.3.1.1. Vibrate Sonik Aktivasyon**

Vibrate, irrigasyonun, kök kanalına sadece bir adımda verilmesini ve aktivasyonunu sağlayan ilk endodontik sonik irrigasyon sistemidir (Resim 2.2) (93) . Dezenfektanın akustik akışla aktivasyonu, irrigasyon prosedürünü zenginleştirir, tamamlar ve endodontik tedavilerin başarı oranını artırır. Bu sistemin, debridmanı önemli ölçüde iyileştirdiği gösterilmiştir. Ayrıca irrigasyon çözeltilerini aktive ederek smear tabakasının kaldırılmasını ve biyofilmin bozulmasını artırır. Nekrotik doku ve bakteri kalıntılarını gidermek için mekanik tedavi arasında ve sonrasında kök kanalının temizlenmesini sağlar. Amaç kök kanal sistemini başarılı bir şekilde temizlemek ve dezenfekte etmektir, böylece daha iyi sonuçlar elde edilebilir (93) .

Özellikleri şu şekilde gösterilir: (93)

- İrrigasyonun ulaştırılması ve aktivasyonunun tek adımda sağlanmasıyla zaman tasarrufu sağlar
- Süper temizlik ve güçlü sonik akışı standart olarak uygular
- Prosedür geleneksel teknikle aynıdır yani teknik değişikliği yoktur
- Tıkanmaları ve sıkışan havayı ortadan kaldırır = son derece etkilidir, tüm kanallara ulaştırır
- Ergonomik tasarım, hafif ve kablosuzdur
- Tüm Luer-Lock endodontik iğneleri ile uyumludur
- Tek tuşla çalıştırmayı sağlar yani kullanımı kolaydır



**Resim 2.2.** Vibrate sonik aktivasyon sistemi (93)

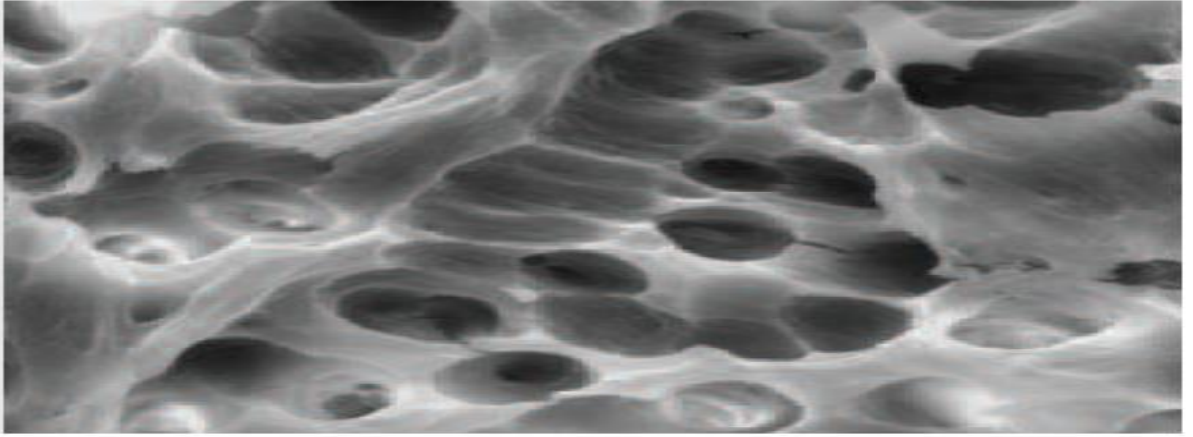
### 2.3.1.2. Endoaktivator

Sonic cihazlar Vibrate ve Endoaktivatörün dahil olduğu 200 hz in altındaki düşük aralıklarda çalışırlar. Endoaktivatör 2000-10000 cpm frekans düzeyinde salınım yapar. Endoaktivatör elektrikle çalışır ve 33, 100 ve 167 hz frekansa ayarlanmıştır, ama titreşimsel frekansı 160, 175 ve 190 olarak ölçülmüştür. İrrigasyonu aktive etmek için 15.02-25.04-35.04 tapera sahip uçlar üretilmiştir (Resim 2.3). Endoaktivatörde plastik uçlar olduğu için, ultrasoniğin metal uçlarından kaynaklanan potansiyel risklerinden kaçınırlar (94).

Urban ve ark. manuel irrigasyon, endoaktivatör, eddy ve pasif ultrasonik aktivasyonu debris ve smear açısından karşılaştırmışlardır. EDDY ve Pasif ultrasonik aktivasyon diğerlerinden anlamlı ölçüde daha iyi sonuçlar vermişlerdir. Endoaktivatör de manuel irrigasyonla karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar vermiştir (Şekil 2.5) (95).



**Resim 2.3.** Endoaktivatör (94)



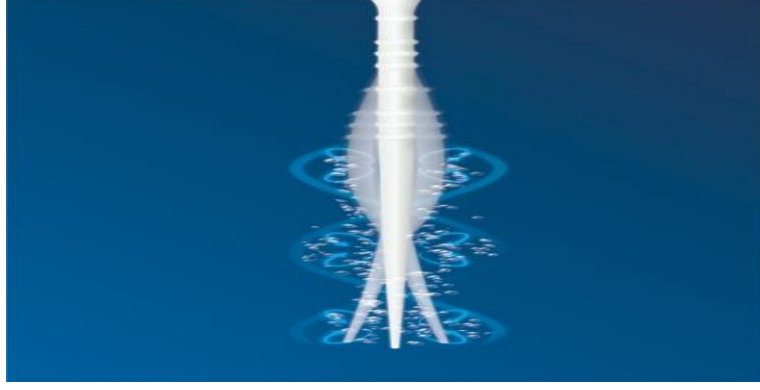
**Şekil 2.5.** x2000 büyütme altında endoaktivatör aktivasyonu sonrası smear tabakası (95)

Bu yenilikçi cihaz, endodontik tedavi sırasında irrigasyon solüsyonlarını aktive etmektedir. Kök kanalının debridmanını artırmış ve smear tabakasının kaldırılmasını geliştirmiştir. Ayrıca biyofilmin bozulmasını da önemli ölçüde geliştirdiğini göstermişlerdir. Endoaktivatör sistemi, hidrodinamik fenomene güvenli ve kuvvetli bir şekilde enerji vermek için tasarlanmıştır. Aktive edilen irrigasyonlar lateral kanallarda, finlerde ve anastomozlarda temizlik ve dezenfeksiyonu artırır. Temizlenmiş bir kök kanal sistemi 3 boyutlu dolumu ve uzun vadeli başarıyı kolaylaştırır. Araştırmacılar endoaktivatörün kavitasyon veya akustik dalgalanma yaratmadığını farketmişlerdir. Ancak, statik veya dinamik manuel irrigasyonla karşılaştırıldığında, apikal dentin tübüllerinde debris ve smear tabakasını kaldırmakta ve irrigasyonun penetrasyonunu

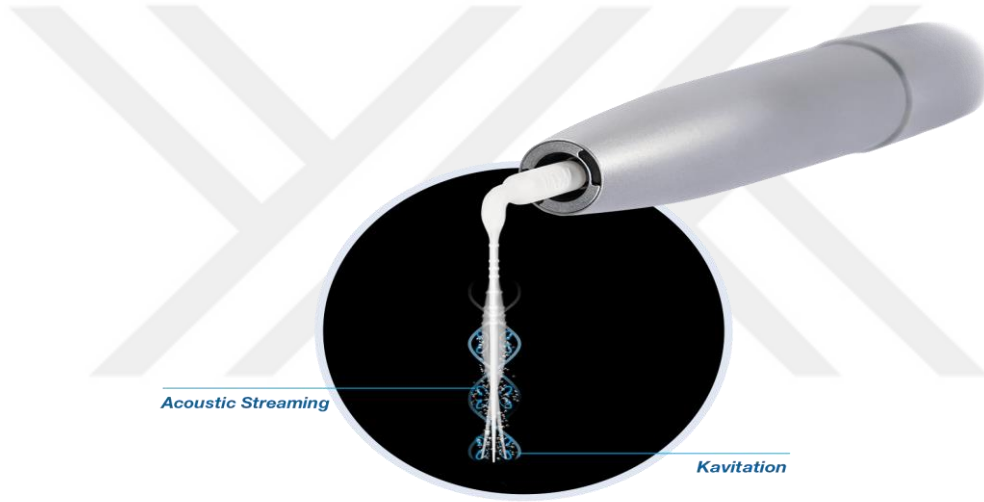
sağlamakta çok daha iyi olduğunu farketmişlerdir. Ancak işin gerçeği 15.02'lik en küçük small uç kullanıldığında böyle bir etki göstermediğini keşfetmişlerdir. NaOCl ve Klorheksidin aktivasyonunda Endoaktivatör kullanıldığında; endoaktivatör, bakteriyel yükü azaltırken ve biofilmi öldürüp yüzeyden kaldırırken sinerjistik etki gösterdiği gözlenmiştir. Çekilmiş dişlerde endoaktivatör *E.faecalis*'i kaldırırken lazer aktivasyonla benzer sonuçları göstermiş ve geleneksel irrigasyona göre daha efektiftir. Endoaktivatör kullanımında büyük taper ve çapa sahip olan 35.04'lük uç kullanıldığında daha başarılı olduğu ileri sürülmüştür. Önerilen uygulama süresi 60 saniyedir. Büyük uç ve yüksek güç ayarlarının üstün etkisi teorik olarak şu faktörlere dayandırılabilir: Kanal duvarına kontakın mekanik olarak direkt artmasıyla veya en büyük ucun rijiditesiyle irrigantın enerjisini artırarak ortaya çıkar. İlk hipotez çeşitli çalışmalarda reddedilmiştir, bunu da endoaktivatörün mekanik etkisinin irrigant eksikliğinde boyalı kollojen üzerinde ihmal edilebilir etkisi olduğunu iddia ederek yapmışlardır. Üstelik büyük ucun titreşim genişliği küçük uca göre, güç ayarı veya kaldırma kuvveti ne olursa olsun daha kısadır. İkinci hipotez, kök bölümlerinin içinde sıvı değişimiyle beraber gelişmiş irrigant penetrasyonu dikkate alındığında yüksek hidrodinamik kesme stresinin akla daha yakın olduğunu göstermiştir. Büyük ucun ve kollojen tabakanın potansiyel olarak çok yakın olmasının da sinerjistik olarak etkiliyebileceğini belirtmişlerdir (96).

### **2.3.1.3. Eddy**

Üretici firmanın bilgilendirmelerine göre EDDY uçları, hava ölçekleyici tarafından 6.000 Hz'e kadar yüksek bir frekansta çalışır. Çapı 25.04'tür. Kesici bir uca sahip değildir (Resim 2.4).



**Resim 2.4.** Eddy sonik sisteminin uç salınımı (97)



**Resim 2.5.** Eddy'nin hareket mekanizması (97)

Üretilen titreşim, malzemenin özel nitelikleri sayesinde yüksek genlikte salınım şeklinde hareket eden poliamid ucuna aktarılır (Resim 2.5). Bu üç boyutlu hareket, daha yüksek temizleme verimliliğine bağlı kaviteasyon ve akustik akışı tetikler.

Sonik motorlu EDDY uçları, irrigasyonları ultrasoniklerle aktive etmek için aynı etkinliği sağlar, ancak yumuşak polimer uçları sayesinde yeni bir güvenlik ve verimlilik standardı belirler. Ayrıca EDDY, çok yönlülüğünü kalsiyum hidroksitin daha rahat yerleştirilmesini ve çıkarılmasını sağlayarak gösterir.

EDDY, irrigasyon iğnelerinin ve ultrasonik uçların sert metalinden farklı olarak güvenli ve esnek bir polimer malzemedir yapılmıştır. Böylece, kök kanalı anatomisinin

bütünlüğünü koruyarak kolayca eğimlerin etrafından dolanabilir. Artık doku ve dentin debrislerinin güvenilir şekilde çıkarılmasını sağlama, apeks metal uçlu aktivasyon cihazlarından daha yakın olma, dentine zarar vermeme ve uçlarının kırılmasını azaltıcı maddeden yapılma gibi avantajlara sahiptir. (97)

5.000 ile 6.000 Hz titreşimle EDDY üç boyutlu bir hareket oluşturur. EDDY'nin polimer malzemesi, irrigasyonda yüksek derecede salınma sebep olduğundan: kavitasyon ve akustik akışı tetikleyen iki etkiye sahiptir.

- İrrigasyon aktivasyon için üç boyutlu hareket
- Salınım yoluyla genişletilmiş erişim ve fiziksel etkisi sayesinde kanal içi temizleme performansını artırır (97).

### **2.3.2. Ultrasonik Aktivasyon**

Endodontide ultrasonikler ilk olarak Richman tarafından 1957'de ortaya atılmıştır. Genel uygulama alanı olarak 25-40 kHz arasında çalışırlar (98).

Klinisyenler, Sonik ve Ultrasonik enstrümanlarla elektromanyetik ve ultrasonik enerji ile eğeleri aktive edebildiklerini keşfetmişlerdir. Piezoelektrik ultrasonik üniteler de bu amaçla kullanılabilir. Bu birimler, egede yaklaşık 30 kHz frekansta salınan bir sinüzoidal dalgayı etkinleştirir. Ultrasonik ve sonik olmak üzere iki tip ünite pazarlanmaktadır. 25 ila 30 kHz'de çalışan ultrasonik cihazlar arasında manyetostriktif Cavi-Endo (Dentsply Caulk, Milford, Almanya), piezoelektrik ENAC (Osada, Tokyo), EMS Piezon Master 400 (Elektro Tıbbi Sistemler, Vallée de Joux, İsviçre) ve P5 Nötron'u (Acteon Satelec, Merignac Cedex, Fransa) içerir. 2 ila 3 kHz'de çalışan sonik cihazlar arasında Sonic Air MM 1500 (MicroMega), Megasonic 1400 (Megasonic Corp, House Springs, MO) ve Endostar (Syntex Dental Products, Valley Forge, Philadelphia) bulunur (99).

İşlev olarak benzer olmalarına rağmen, piezoelektrik üniteler manyetostriktif sistemlere göre avantajlıdır. Örneğin, piezoelektrik cihazlar az ısı üretir, bu nedenle soğutmaya çok ihtiyaç olmaz. Ancak manyetostriktif sistemler, önemli miktarda ısı üretir ve özel bir soğutma sistemi kök kanalının sağladığı soğutma etkisine ek olarak gereklidir.

Manyetostriktif sistemler bu yüzden cerrahi veya cerrahi olmayan amaçla kullanıma uygun değildir. Bununla çalışırken su soğutması kullanmak görüşü engelleyeceğinden önerilmez (99).

### 2.3.2.1. Ultrasoniklerin Endodontik Amaç ile Kullanım Alanları

Endodontide kullanım alanları şunlardır (100):

- Kanal içi tıkanıklıkları ortadan kaldırmak
- Kalsifiye kanalları bulmakta ve pulpa odasındaki pulpa taşlarını kaldırmak
- İrrigasyon solüsyonunun etkinliğini ortadan kaldırmak
- Guta perkanın kondenzasyonunu sağlama
- MTA yerleştirme
- Endodontik cerrahide kavite preparasyonu
- Kök kanal preparasyonu
- Postların uzaklaştırılması
- Kırık aletlerin uzaklaştırılması gibi kullanım alanları vardır

Ultrasonik uçlarla aktivasyonda 30 sn ile 1 dk arası genellikle kök kanal dezenfeksiyonu için yeterli olduğu belirtilmiştir. Tavsiye edilen güç ayarı orta seviyedir. Kök kırıklarından kaçınmak için kök kanal duvarlarıyla temas halinde olmaması gerektiği de söylenmiştir (100).

Ultrasonik enerji, özel ultrasonik uçların titreşimleriyle NaOCl üzerinden etkisini göstermektedir. Bu sayede NaOCl'in antibakteriyel etkinlik ve nekrotik doku çözme yeteneği artmaktadır. NaOCl ve ultrasonik uç arasındaki sinerjizmde % 2 klor varlığı klinik olarak önem taşımaktadır. Cameron ve ark. % 2.4'lük NaOCl ve ultrasonik enerjinin smearı kaldırabildiğini ve daha düşük yoğunlukların yetersiz kaldığını bildirmişlerdir. Aynı zamanda ultrasonik aktivasyonun NaOCl'in debridman aktivitesini artırdığını da keşfetmişlerdir (100).

Cameron ve ark. insan dişlerinde 30 sn'lik ultrasonik aktivasyon sonrası kök kanallarının sıcaklığının 45 °C derece ölçüldüğünü kaydetmişlerdir. Ancak bu çalışmayı laboratuarda yaptıkları için, bu sıcaklık değerinin hasta üzerinde kan akımının soğutucu etkisi olduğunda daha az gerçekleşeceğini düşünmüşlerdir (101).

Zeltner ve ark. ultrasonik ve sodyum hipokloritin sinerjik bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Cameron'ın bulgularını genişleten Zeltner, kaviteasyonun, enerji transferinin ve akustik akışın irrigasyon aktivasyonu için önemli olduğu sonucuna varmıştır. Bu akışın yapışkan floranın yerinden çıkmasında etkili olduğunu ve potansiyel olarak bakterilerin öldürülmesinde bile etkili olabileceği sonucuna varmışlardır. Ultrasonik uçlar ısı üreterek NaOCl'i gözle görülür şekilde aktive edebilir (102).

Zeltner ve ark. kök kanalı içindeki herhangi bir çözeltinin sıcaklık artışının prensipte arzu edilen birşey olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir. Çünkü maddenin kimyasal reaktivite ve dolayısıyla dezenfeksiyon potansiyelini arttırdığını bulmuşlardır. Öte yandan, dış kök yüzeyindeki 47 °C'nin üzerindeki herhangi bir sıcaklığın periodontal ligament ve kemiğe zarar verebileceğini ve bu yüzden zararlı olduğunu söylemişlerdir. Bir ultrasonik güç kaynağından enerji çeşitli şekillerde aktarılabilir durumdadır. Isı doğrudan tutucu ile veya solüsyonun içindeki eyleyle aktarılabilir. Ayrıca ses enerjisinin ısıya dönüşümü kaviteasyon sırasında ortaya çıkabilir ve eğin kök kanal duvarlarına çarpması, sürtünme ısı üretir. Daha büyük ve daha sert eğerler daha fazla sıcaklık artışı sağlar; NiTi ve paslanmaz çelik uçlar arasında aynı boyutta bir sıcaklık farkı vardır. Daha sert bir eğin daha dayanıklı olduğu için zarar görmediğini ve daha fazla salındığı teorisinde bulunmuşlardır. Diğer bir teori olarak ise daha yumuşak bir eğin daha serbestçe salınabildiği, ısı yoluyla kaviteasyon ve akım etkisinden daha fazla enerji aktarılabilir durumda olduğunu belirtmişlerdir (102).

Van Der Sluis ve ark. bir diğer çalışmalarında pasif ultrasonik irrigasyonun NaOCl veya suyla kullanıldığı koşullarda kalsiyum hidroksitin dentin duvarlarından uzaklaştırılmasındaki etkinliğini inceleyerek % 2'lik NaOCl ve pasif ultrasonik aktivasyonun beraber uygulanmasının en etkili yöntem olduğunu bildirmişlerdir (103).

Dar kanallarda irriganların mekanik temizleme etkisi daha az olduğu için önce kanalların genişletilmesi gerekmektedir. Ultrasonik eğerlerin kanallarda etkili olabilmesi için serbest olarak titreşebilmesi gerekir. Kanalın çap ve konikliği ultrasonik irrigasyonun etkinliğini kısıtlamaktadır ve ideal miktarı fazla bilinmemektedir. Eğer

sodyum hipoklorit irrigasyonun ultrasonik aktivasyonu kullanılacaksa, kanal hazırlığı tamamlandıktan sonra ultrasonik aletin uygulanması önemlidir. Serbestçe salınan bir aletin irrigasyon solüsyonunu aktive etme etkisi, kanal duvarına çarparak yaptığı aktivasyondan daha fazladır (104).

Burleson ve ark. ayrıca insan mandibular azı dişlerinin isthmus alanlarında sodyum hipokloritin yumuşak doku debridmanının, ultrasonik aktivasyon ile büyük ölçüde artırıldığını göstermişlerdir. İrrigasyon aktivasyon konusunda çalışma eksikliğinin sebebi olarak da tedaviden önce aksesuar kanalın konumunu ve durumunu belirlemek zor olduğu için doğal olarak bu tür araştırmaları yapmanın zor olmasını göstermişlerdir (105).

### **2.3.3. Endodontide Lazer Kullanımı**

Elektromanyetik spektrumun görülebilir bölgesindeki ilk lazer cihazı 1960'da Maiman tarafından bulunan Ruby lazerdir (106).

Diş hekimliğindeki ilk lazer denemeleri Goldman ve ark. tarafından 1964'te uygulanmıştır (107).

Endodontide ilk lazer kullanımı ise Weichman ve Johnson tarafından 1971'de apikal forameni tıkama işlemi için karbondioksit lazer ile uygulanmıştır (108). Lazer; görülebilir bölge, kızılötesi ve ultraviyole bölgedeki kromatik radyasyonu çeşitli frekanslardaki ışığa dönüştürebilen bir cihazdır.

Kök kanallarının dezenfeksiyonunda kullanımı:

Kök kanal tedavisinde terapötik hedef, enfekte kanalın sağlıklı hale getirilmesi ve periradiküler dokunun iyileşmesinin sağlanmasıdır. Bu da ancak kök kanalının ve onun çevre dokularının sterilizasyonu ile gerçekleştirilebilmektedir. Geleneksel endodontide sürekli sorunlarla karşılaşılmasına neden olan ve tam sterilizasyonun sağlanmasını engelleyen bazı faktörler vardır. Bu faktörler anatomik kök konfigürasyonu, bakteri florasının özel direnci ve irrigasyon solüsyonlarının bakterisit etkinliğinin uygun olmaması olarak belirtilebilir. Lazer ışınlarının ise geleneksel tedavi yöntemleri ile ulaşamayan kök dentininin tamamına ulaşabildiği bildirilmektedir. Lazer ışınlarının

daha fazla derinliğe nüfuz ederek spesifik antibakteriyel etki göstermeleri ile derin dentin tabakalarındaki mikroorganizmaların tamamının elimine edilebilmesinin mümkün olduğu ileri sürülmektedir (109).

Moshonov ve ark. enfekte kök kanallarının dezenfeksiyonunda Nd:YAG lazer kullanımını değerlendirmişler ve lazer uygulanan dişlerde bakteri sayısının anlamlı olarak azaldığını, sadece NaOCl uygulanan grupta ise tam bir dezenfeksiyonun sağlanamadığını belirtmişlerdir (110).

Moritz ve ark. Nd:YAG lazer ışınlarının, kanaldan uzak kısımdaki dentinde bulunan Gram(+) ve Gram(-) mikroorganizmalar üzerindeki yüksek antibakteriyel etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca *E.Faecalis* gibi soruna neden olan mikroorganizmaların lazer ışınına karşı ileri derecede hassasiyet gösterdiklerini vurgulamışlardır (111).

Le ve ark. kanal içindeki bakteri türleri ile enfekte edilmiş hayvan dişlerinde CO<sub>2</sub> lazerin bakterisid etkisini değerlendirmişlerdir. Bu bakterilerde % 85 oranında azalma görüldüğünü belirtmişlerdir (112).

Lazer ışınlarının antibakteriyel etkilerini kök kanalı içinde gösterebilmeleri için esnek ışık iletici fiber sistemler kullanılmakta ve bu şekilde kökün apikal üçlü bölgesinde etki sağlanabilmektedir. Bu amaçla 1064 nm dalga boyundaki Nd:YAG lazer ve 805 nm dalga boyundaki Diode lazerin kullanıldığı bildirilmektedir. Bu iki lazer tipi kısa dalga boyuna sahip oldukları için enerji çapları sadece 200 µm olan uç sistemleri ile nakledilmektedir. Bu şekilde eğri kök kanallarının ışınlanması kolaylıkla gerçekleştirilmekte ve her durumda ışık ileticisi kritik apikal bölgeye kadar ilerletilebilmektedir (111).

Koba ve ark. köpek dişlerinin enfekte kök kanallarında Nd:YAG lazer kullanımının bakterisit etkilerini histopatolojik olarak araştırmışlardır. Sonuç olarak uygun parametrelerde kullanılmak şartı ile Nd:YAG lazerin güvenilir bir bakterisit yöntem olduğunu bildirmişlerdir (113).

Moritz ve ark. Nd:YAG, Ho:YAG ve Er:YAG lazerin kanal dezenfeksiyon etkilerini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında her üç lazer tipinin de kanal dezenfeksiyonu için etkin ve uygun yöntemler olduğunu belirtmişler ve çalışma sırasında ortaya çıkan ısı artışının periodonsiyuma zararlı bir etki oluşturmayacağını vurgulamışlardır (114).

Lazer sistemlerinde salınan enerjinin, güçlü bakterisidal etkiye sahip olduğu ve ince bir uç (Nd:YAG, Er,Cr:YSGG, Argon, Diod) veya hollow tüpü yardımıyla (CO<sub>2</sub>, Er:YAG) kök kanal sistemine aktararak kanalların dezenfeksiyonunda kullanılabilereği belirtilmiştir. Lazer ışını doğrusal olduğundan kanal duvarına tam bir etki yapmamakta ve lateral kanalları etkileyememektedir (115).

Akyuz ve ark. PIPS'in (Photon Induced Photoacoustic Streaming) smear ve bakteri uzaklaştırılmasında oldukça etkin bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Tek başına lazer uygulamalarıyla bakterilerin elimine edilmesi tam anlamıyla mnkn olmadığından lazerlerin yıkama solüsyonlarıyla kombine kullanımı gündeme gelmiştir. PIPS ile yapılan bu uygulamada lazer ışını aktivasyonuyla lazerlerle oluşturulan yüzey morfolojik değişikliklerinin bazı kök kanal dolgu patlarının dentine bağlanma oranını artırdığı belirtilmiştir (115).

Lazerlerin, kk kan damarlarını tıkaması ve koagülasyonu sağlaması nedeniyle kansız bir cerrahi alan oluşturmasının yanı sıra, uygulanan bölgede dezenfeksiyonu sağlar. Kök ucu rezeksiyonu ve retrograd endodontik kavite hazırlanması amacıyla en çok CO<sub>2</sub> ve Nd:YAG lazerler kullanılır. Nd:YAG, ErCr:YSGG ve Er:YAG lazerler çinko oksit öjenol ve gta perka ile yapılan kanal dolgusunun sökümünde kullanılabilir. Oluşan ısınnın periapikal bölgeye zarar verme ihtimalinden dolayı apikal l bölgesinde kullanımından kaçınılmalıdır (115).

### **2.3.4. Manuel Aktivasyon Yöntemleri**

#### **2.3.4.1. Manuel Dinamik Aktivasyon**

Bu irrigasyon şekli, kök kanalında yapılan son genişletmenin çapına ait gutaperkanın, kök kanalında bulunan irrigasyon solüsyonunda ileri ve geri hareketleri ile kök kanalında oluşturduğu hidrodinamik aktiviteye bağlı dinamik aktivasyon şeklidir. McGill ve ark. hidrodinamik etkinin, irrigasyon solüsyonunda oluşan yer değiştirme ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir (116).

Yapılan bazı çalışmalarda, manuel dinamik aktivasyonun, dinamik irrigasyon sistemine ve statik irrigasyona kıyasla daha etkin olduğu bildirilmiştir (117).

Jiang ve ark. yaptıkları çalışmalarda, manuel dinamik aktivasyonla ultrasonik aktivasyonu kök kanalından debris uzaklaştırma yönünden karşılaştırmışlardır. Açılı veya açısız gutta perka konları ile yapılan manuel dinamik irrigasyonun, ultrasonik aktivasyon yöntemine kıyasla etkinliğinin daha az olduğunu bulmuşlardır (118).

#### **2.3.4.2. Manuel Fırçalar**

Fırça ile örtülü irrigasyon iğneleri, kök kanalındaki pulpal ve nekrotik artıkların uzaklaştırılmasında ve irrigasyon solüsyonunun aktivasyonunda kullanılabilir. Bu amaçla endodonti pratiğinde kullanılmak üzere Endobrush (C&S Microinstruments Şirketi, Markham, Ontario, Kanada) ve 30 Gauge'luk irrigasyon iğnesinin fırça ile kaplandığı tipteki (NaviTip FX; Ultradent Products Inc, South Jordan, Utah) fırçalar geliştirilmiştir.

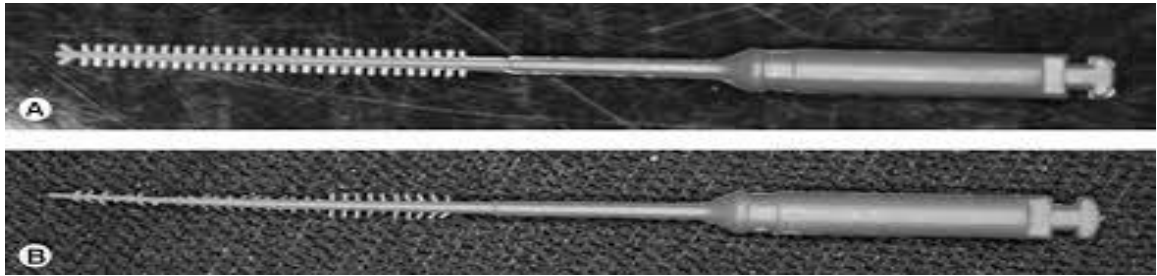
Keir ve ark. yaptıkları çalışmada Endobrush fırçanın aktif fırçalama ve rotasyonel hareketi sayesinde, kök kanallarının debridmanını sağlamada etkin bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (119).

Al-Hadlaq ve ark. 30 gauge'luk NaviTip FX irrigasyon iğnesinin, aynı çaptaki fırça ile kaplı olmayan irrigasyon iğnesine kıyas ile kök kanalının koronal kısmında bulunan debrislerin uzaklaştırılmasında daha etkin olduğunu bildirmişlerdir (120).

#### **2.3.4.3. Rotary Fırçalar**

Dentin debrislerinin ve smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla mikro fırçaların kullanımı, ilk kez Ruddle tarafından keşfedilmiştir. 300 rpm hızda çalışan fırçaların radial olarak uzanan fırça kılları, dentin debrislerinin kök kanallarının apikal kısmından koronal kısmına doğru uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Kök kanallarından debris ve smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla tasarlanan başka bir fırça türü olan Canal Brush (Coltene Whaledent, Langenau, Almanya) ise, 600 rpm hızında mikromotora takılarak kullanılabilir. Kök kanallarındaki düzensizliklere ve eğime uyum sağlamak amacıyla esnek olarak tasarlanmıştır (Resim 2.6) (121). Endobrush ve NavitipFx gibi yeni çeşitleri de üretilmiştir (Resim 2.7), (Resim 2.8) (123).

Al-Alı ve ark. Canal Brush yöntemi ile ultrasonik aktivasyon arasında, kök kanallarından debris uzaklaştırma etkinlikleri arasında fark olmadığını, her iki yöntemin de manuel irrigasyon yönteminden daha etkin olduğunu bildirmişlerdir (122).



**Resim 2.6.** Canal brush kullanım öncesi ve sonrası (123)



**Resim 2.7.** Endobrush (123)



**Resim 2.8.** NaviTip FX (123)

### **2.3.5. EndoVac**

EndoVac gerçek bir apikal negatif basınç irigasyon sistemidir. Pozitif basınç uygulamak yerine, irigasyon sıvılarını pulpa odasından apikal uca doğru apikal olarak çeken ve oradan da muayenehanedeki yüksek hacimli tahliye (Hi-VAC) valfi sistemine aktaran negatif basınçlı bir sistemdir (Resim 2.9). 4 kısımdan oluşmaktadır:

#### **1. Çok Çıkışlı Adaptör (MPA)**

Ofisinizdeki cerrahi aspiratöre direkt bağlanır. EndoVac tüpleri ve diğer komponentler için yardımcı olarak iş görür. Kolay sterilizasyona sahip olduğu için otoklava girebilir ve operasyon odaları arası maksimum portatiflik sağlamak için cerrahi aspiratör sisteminden kolayca ayrılıp tekrar takılabilir.

## 2. Ana Enjeksiyon Ucu (MDT)

MPA (Çok Çıkışlı Adaptör)'nin mavi portuna direkt olarak bağlanır ve aşırı akma riski olmadan iriganın sabit akışını sağlar. MDT koronal genişletme sırasında ve her alet değiştirildiğinde enstrümantasyondan çıkan debrisin uzaklaştırılmasında kullanılır.

## 3. Makro Kanül

Tüm enstrümantasyon tamamlandıktan sonra kanal içindeki debrisi uzaklaştırmak için kullanılır. Bu aşamada, Makro kanül ve MDT aynı anda kullanılır. Klinisyen her kanalda Makro kanül ile yukarı aşağı çalışırken, MDT ile irrigasyon sıvısı uygulayan dental asistanın çok yardımı olacaktır.

## 4. Mikro Kanül

Hepsi iğnenin son kısmında bulunan 100 mikrondan küçük 12 adet lazer ile oyulmuş mikroskopik boşaltma deliği olan 28 gauge iğnedir (0.32 mm). Apekte sadece 0.2 mm uzaklıkta yerleştirilebilir. Sıvı bu delikler boyunca apikale doğru akar, apikal bölümün üçte birlik kısmında girdap benzeri bir temizlik yaratır (124).



**Resim 2.9.** Endovac sistem

Miranda ve ark. EndoVac irrigasyon sisteminin, yalnız başına veya fotodinamik tedaviye ek olarak kanal içerisindeki *E.faecalis* miktarını ciddi oranda azalttığını göstermişlerdir (125).

Akyuz ve ark. EndoVac negatif basınçlı irrigasyon sisteminin smear tabakasının ve dentin debrislerinin uzaklaştırılmasında başarılı bir yöntem olduğunu bildirmiştir (115).

Desai ve ark. Endovac'ın genelde en az ekstrüzyon yapan irrigasyon sistemi olduğunu ve aynı zamanda vapor lock oluşmasını da engellediğini belirtmişlerdir (126).

Abarajithan ve ark. Endovac'ı irrigasyon taşması açısından PIPS ve Endoaktivatörle karşılaştırmışlardır. Endovac'ın anlamlı derecede daha az ekstrüzyon taşırdığını belirtmişlerdir (127).

### **2.3.6. SAF (Self adjusting file)**

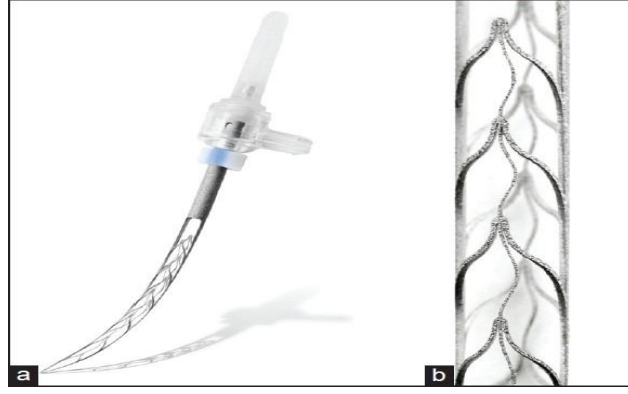
Üretici firmanın talimatlarına göre SAF Sistemi minimal invaziv endodontik tedavi için tasarlanmış bir şekillendirme ve temizleme sistemidir. Sistem, özel bir el aleti başlığı (RDT) ve bir irrigasyon pompası (VATEA pompası veya hepsi bir arada EndoStation ünitesi) ile çalışan kendinden ayarlı bir eğeden oluşur. Bu içi boş eğe şekillendirme boyunca sürekli irrigasyon akışı sağlar. Eğe silindir duvarlı bir kafes olarak inşa edildiğinden, eğe içinde basınç oluşmaz. İrrigantı borudan iletmek için pompa tarafından üretilen herhangi bir küçük basınç, irrigantın eğeye girdiği anda ortadan kaldırılır. SAF, sağlam bir metal şaftı olmayan ilk eğedir (Resim 2.11). Eğe, duvarları pürüzlü bir dış yüzeye sahip ince bir nikel titanyum kafesten yapılmış içi boş bir boru olarak tasarlanmıştır (Resim 2.12). Eğe, tüm geleneksel nikel titanyum döner eğelerinde bulunan simetrik olarak merkezlenmiş uçların aksine, tüpün duvarına yerleştirilmiş asimetrik olarak konumlandırılmış bir uca sahiptir. SAF sistemi son derece esnek ve aynı zamanda son derece sıkıştırılabilir. Böylece 1.5 mm çapında bir SAF, içine sadece 20 numara K file bir eğenin daha önce yerleştirilebileceği bir kök kanalına sıkıştırılabilir. Bu sıkıştırılabilirlik ayrıca eğenin kanalın enine kesit şekline uyum sağlamasına da olanak tanır. 0.2 mm meziodistal çapa sahip oval bir kanala yerleştirildiğinde, 1.5 mm SAF meziodistal olarak sıkıştırılacak ve bu nedenle 2,4 mm'ye kadar bukkal yönde uzanacaktır. Bu olay uygulayıcı kanalın oval olduğunu bilmese bile gerçekleşir; dolayısıyla "kendi kendini ayarlayan eğe" adı buradan gelir. Doğal olarak, böyle düzleştirilmiş bir eğe kanalda dönemez ve bu nedenle RDT el aleti kafası tarafından oluşturulan ileri-geri giriş ve çıkış titreşimleriyle çalıştırılır (128).

### 2.3.6.1. RDT Başlık İşlevi ve Hareketi

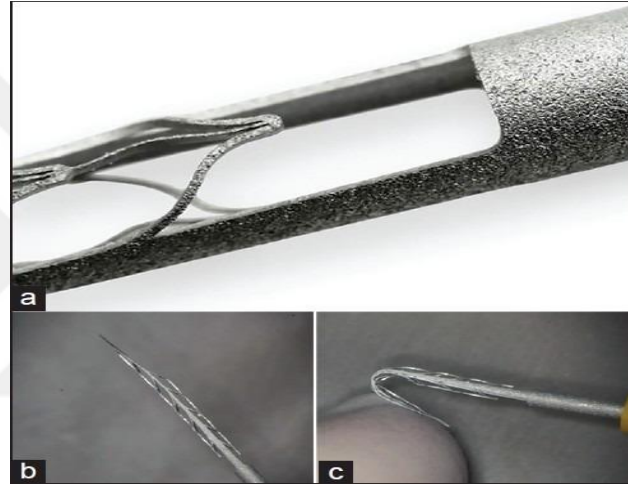
RDT el aleti kafasının çift mekanik işlevi vardır. Mikro motorun dönüşünü 0,4 mm genlikte bir trans-line giriş ve çıkış titreşimine dönüştürür (Resim 2.10). Ayrıca SAF'ın kanala girmediğinde yavaşça dönmesine izin veren ancak dosya kanal duvarlarıyla birleştiğinde dönüşü tamamen durduran bir kavrama mekanizması içerir. Mikromotor 5000 rpm'de çalıştırılır, bu da 5000 titreşim / dk ile sonuçlanır ve operatör SAF'ı kullanırken gagalama hareketini kullanır. SAF eğesi kanal duvarlarından ayrıldığında, gagalama hareketinin her dışa bağlı kısmında eğenin serbest dönüşü gerçekleşmelidir. SAF'ın buna bağlı gagalama hareketi sırasında kanala her girdiğinde, bunu her seferinde farklı, rastgele dairesel bir konumda yapmasını ve böylece kanal duvarlarının düzgün bir şekilde preparasyonunun sağlanması için bu hareket gereklidir. Bu rastgele dairesel konum, eğenin asimetrik ucunun kök kanalında bulunabilecek eğrilikleri prepare etmesine de izin verir. RDT kafaları çeşitli konfigürasyonlarda mevcuttur ve çok çeşitli endodontik motorlara / el parçalarına uyarlanabilir (128).



**Resim 2.10.** RDT başlık (128)



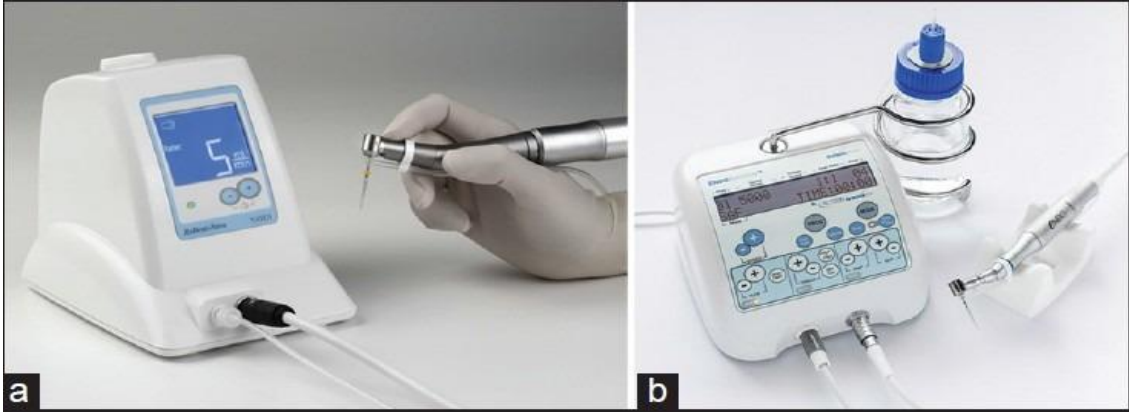
**Resim 2.11.** SAF eğesi (128)



**Resim 2.12.** SAF eğesinin yakından gornş (128)

### **2.3.6.2. VATEA İrrigasyon Pompası**

VATEA (ReDent), ayak pedalı kullanılarak çalıştırılır. şarj edilebilir bir batarya ile çalışan 500 mL'lik dahili irrigasyon haznesi olan bağımsız pedallı bir pompadır (Resim 2.13). SAF eğesi, bir polietilen boruya bağlı serbestçe donen gobek ile donatılmıştır, boyece irrigant maddenin içi boş eğeden kok kanalına akışına izin verir. İrrigant tpn içine dakikada 1-10 mL arasında değişen bir hızda verilebilir ve tipik olarak dakikada 4 mL onerilen ayar ile verilir (128).



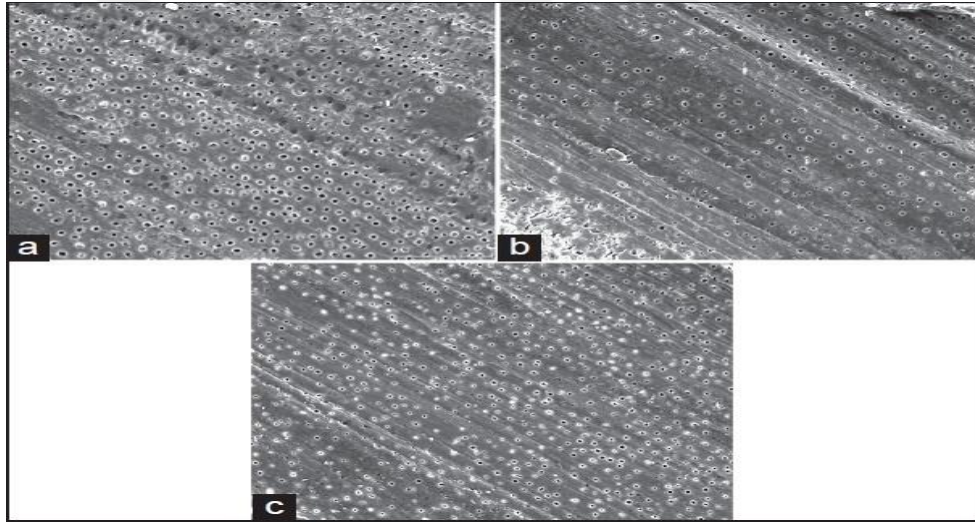
**Resim 2.13.** SAF VATEA irrigasyon pompası (128)

### 2.3.6.3. Basıncsız İrrigasyonla Temizleme

Şırınga ve iğne en yaygın irrigasyon yöntemidir. Bu yöntem, çalışma boyunu irrigate etmek için pozitif basınç kullanır. Sonuç olarak, irrigant maddenin apeksin ötesine geçtiği bir “sodyum hipoklorit kazası” riskini içerir. EndoVac (SybronEndo) gibi negatif basınç sistemleri, kanalın apikal kısmı için negatif basınç kullanarak bu sorunun üstesinden gelmek için tasarlanmıştır. Yukarıda açıklanan kavramların her ikisinde de, irrigasyon sadece eğer kanaldan çekildiğinde aralıklı olarak uygulanır. Sodyum hipokloritin, pulpa dokusunu ve bakteriyel biyofilmi çözme görevi gördüğü için yavaş yavaş inaktive olduğunu hatırlamak gerekir. Pulpa dokusu, sodyum hipoklorit içeren bir test tüpüne sokulduğunda, doku hızla çözülür. Bu koşullar altında, sodyum hipoklorit hacmi pulpa dokusundan son derece büyüktür; bu nedenle, çözeltinin inaktivasyonu fark edilmeyebilir. Bununla birlikte, in vivo olarak, pulpa dokusu ve / veya bakteriyel biyofilm varlığında, sodyum hipokloritin bu tür maddeler üzerindeki etkisi, sodyum hipokloriti tüketir, zayıflatır ve inaktive eder. Bir kök kanalına yerleştirildiğinde, sodyum hipoklorit hacmi oldukça sınırlıdır. Pulpa dokusu veya biyofilm mevcut olduğunda, sodyum hipoklorit hızla tüketilebilir ve inaktive edilebilir. Bu nedenle de prosedür sırasında kanalın sodyum hipoklorit ile irrigasyonu etkisiz olabilir. İstenen aktiviteyi sürdürmek için sıklıkla irrigasyonun yenilenmesi önerilmektedir. İğne irrigasyonu sırasında tamamen aktif yeni sodyum hipoklorit bulunabilir, ancak bu iğnenin yerleştirilebildiği mesafeden sadece 2 mm kadar uzağa gidebilir. Bu da eğer iğne çalışma boyuna güvenli bir şekilde ulaştırılamadığı sürece, kanalın apikal kısmında tam olarak aktif sodyum hipoklorit bulunmayacağı anlamına gelir. Bu bölgeye sızan herhangi bir sodyum hipoklorit kolayca inaktive edilecektir. Bu nedenle, aralıklı

irrigasyon ile geleneksel endodontik prosedürler sırasında, kanalın apikal kısmında tamamen aktif sodyum hipokloritin mevcut olduğu toplam süre sınırlıdır (128).

Ek olarak, kanalın boyutu aynı zamanda enstrümantasyon işlemi sırasında negatif basınçlı irrigasyon kullanımı için sınırlayıcı bir faktördür. Tamamen aktif sodyum hipoklorit, kanalın apikal kısmına ancak bu alan yeterince genişletildiğinde yani iğne çalışma boyuna uzandığında ulaşabilir. SAF Sistemi, enstrümantasyon işlemi boyunca uygulanan basınçsız bir irrigasyon sistemi olarak tanımlanabilir. İrrigant SAF'a girdikten sonra, dağıtım kafesinde olabilecek herhangi bir basınç, dosyanın kafes yapısı nedeniyle kaybolur. İrrigant sürekli olarak kök kanalına iletilir ve eğenin titreşimleri, operatör tarafından uygulanan gagalama hareketi ile birleştirildiğinde, kök kanalında bulunan irrigant maddenin taze, tamamen aktif irrigasyon ile sürekli karışmasıyla sonuçlanır (128).



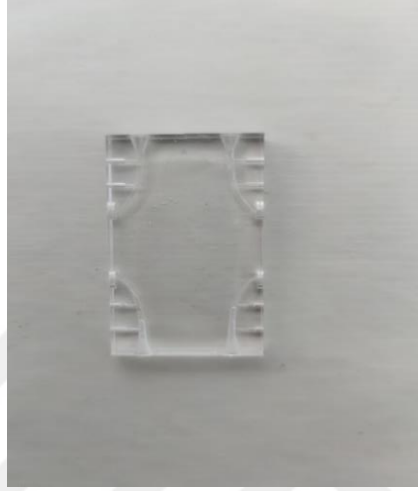
Şekil 2.6. SAF ile yapılan kanal tedavisi sonrası SEM görüntüsü (128)

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Rezin Bloklar

Çalışma için 50 adet rezin esaslı ve lateral kanallı (Thermafil blok, Dentsply Maillefer) yapay bloklar kullanıldı. Bloklar 1 ana kanala ve 2 adet yan kanala sahip olup, bu yan kanallar orta ve apikal üçlüde yer almaktadır. Bu yan kanallar rezin bloğun apikalinden 4 ve 7 mm koronalde bulunmaktadır.

Her bir yan kanal 3 tane silindirik yüzeye sahip olup ölçümleri ana kanaldan itibaren sırasıyla: iç tarafın çapı 0.5 mm ve uzunluğu 0.2 mm, merkezdeki bölüm 0.7 mm çapında ve 1 mm uzunluğundadır. Son bölüm ise 1 mm çapında ve 2 mm uzunluğunda üretilmiştir. Ana kanalın uzunluğu 18 mm uzunluğunda olup 30/04 genişliğe sahiptir. Schneider metoduna göre kanalın eğimi ise 25 derecedir.



**Resim 3.1.** Rezin blok

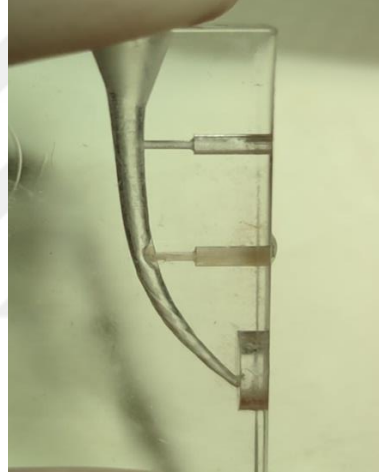
### **3.2. Örneklerin Hazırlanması**

Ana kanal ve yan kanallar 15'lik K file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) eğeyile doğrulanmıştır. Sonrasında ana kanallar VDW Reciproc (VDW, Münih, Almanya) 25.08 ve 40.06'lık eğeleriyle prepare edildi. Oluşan debriserin uzaklaştırılması için kanallar distile su ile irrige edildi. Daha sonra Paper pointlerle (Denstply-Maillefer, Konstanz, Almanya) kurutuldu.

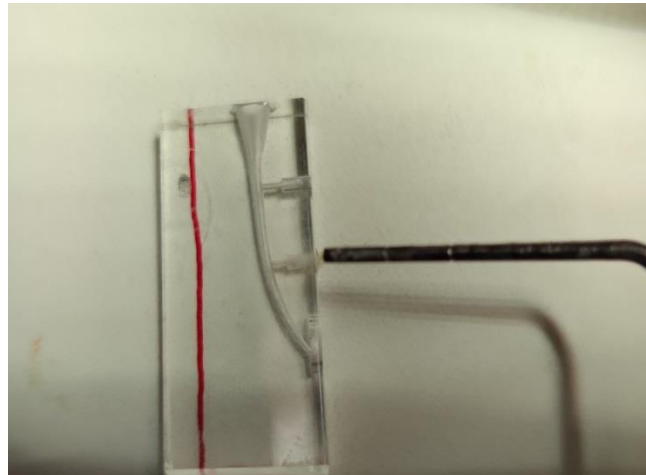
Çekilmiş bir adet molar dişten pulpasını tirnefle çıkarıp yan kanallara doldurmak üzere salin solüsyonu içerisine bırakıldı. Hemen sonrasında pulpalar mikro bıçaklarla bölünüp alt yan kanallara Dentsply pluggerler (Denstply-Maillefer, Konstanz, Almanya) sayesinde tepilmiştir. Kanallarda kapalı sistem simüle etmek için apeks ve lateral kanal çıkışları mumlarla örtülmüştür. İşlemleri takiben pulpa tepilmiş örnekler  $10^{-5}$  hassasiyetinde terazide tartıldı her örnek için ayrı ayrı kaydedildi.



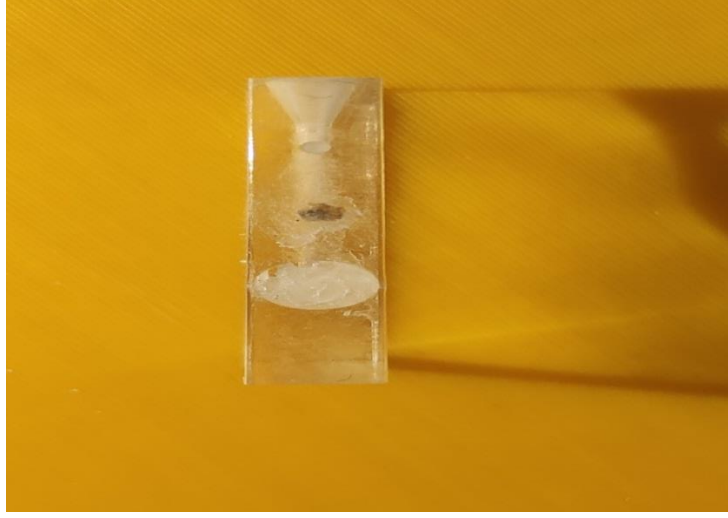
**Resim 3.2.** Hassas Terazi



**Resim 3.3.** Pulpa apikal uçludaki yan kanala uygulandı



**Resim 3.4.** Pulpanın pluggerla tepilmesi

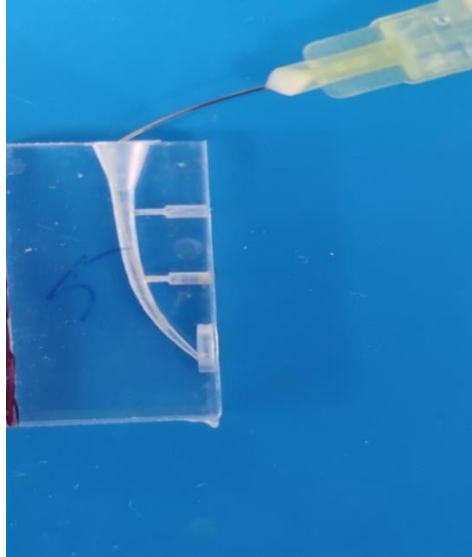


**Resim 3.5.** Mum ile bloğun örtülmesi

### 3.3. Grupların Oluşturulması

Tartma işlemini takiben örnekler her grupta 10 örnek olacak şekilde 5 ayrı gruba ayrıldı.

**Grup 1 (Kontrol Grubu):** 20 ml hacminde % 5.25'lik NaOCl total irrigasyon süresi 2 dk olacak şekilde 30 gauge endodontik irrigasyon iğnesi kanal boyundan 2 mm kısa tutularak irrigasyon yapıldı (Resim 3.6) (Resim 3.7).

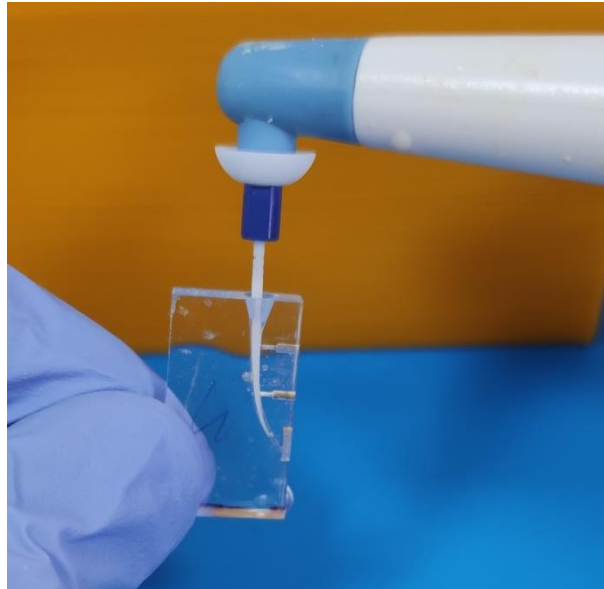


**Resim 3.6.** Endodontik iğne ile irrigasyon



**Resim 3.7.** Endodontik % 5.25 NaOCl solüsyonu

**Grup 2 (Endoaktivatör Grubu):** Kök kanal içerisinde % 5.25'lik NaOCl varken sonik aktivasyon için 35.04 uca sahip Endoaktivatör kanal boyundan 2 mm kısa olacak şekilde 30 sn aktive edildi (Resim 3.8). Bu işlem 4 periyot halinde tekrarlandı.



**Resim 3.8.** Endoaktivatör ile irrigasyon uygulaması

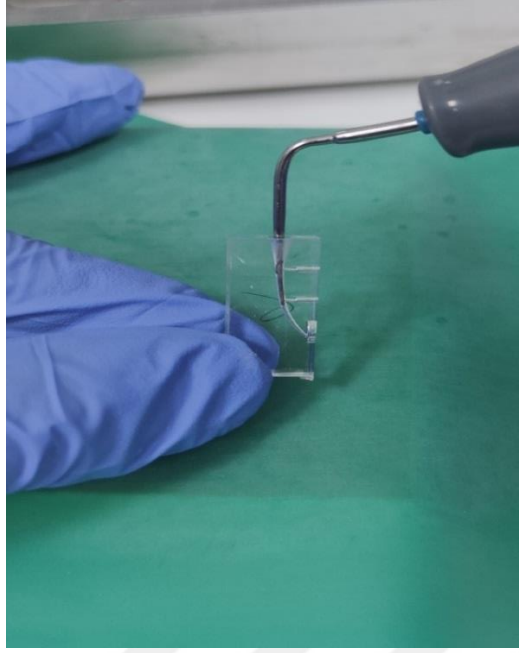
**Grup 3 (Pasif Ultrasonik Aktivasyon Grubu, PUI):** Kök kanal içerisinde % 5.25'lik NaOCl varken ultrasonik aktivasyon için E1 0.7 mm'lik ultrasonik uç (Woodpecker,

Guilin, Çin) kanal boyundan 2 mm kısa tutularak 30 sn boyunca irrigate edildi (Resim 3.9). Total irrigasyon süresi 2 dk ve total irrigasyon miktarı 20 ml olacak şekilde irrigasyon aktivasyon yöntemi 4 kez tekrarlandı.



**Resim 3.9.** Pasif ultrasonik irrigasyon uygulaması

**Grup 4 (Kanal içi ısıtma Grubu):** Kök kanal içerisinde % 5.25'lik NaOCl varken kök kanal içerisine kanal içi ısıtma uygulandı. Kanal içi ısıtma (Eighteeth, Changzhou City, Jiangsu Bölgesi, Çin) fast-pack cihazıyla çalışma boyundan 3 mm kısa olacak şekilde 150 °C dereceye 0.2 saniyede ısıtılarak uygulanmıştır (Resim 3.10) (Resim 3.11). Aktivasyon boyunca uç 1-2 mm ileri geri şekilde irrigasyonu hareket ettirmesi için kullanılmıştır. Uç dentin duvarlarıyla kontakt halinde olmayıp 8 sn aktive edilip 10 sn soğutulması sağlanmıştır. Bu aktivasyon prosedürü 10 defa olmak üzere her seferinde NaOCl yenilenerek uygulanmıştır.



**Resim 3.10.** Kanal içi ısıtma uygulaması



**Resim 3. 11.** Kanal içi ısıtma uygulaması için kullanılan Fast-pack cihazı

**Grup 5 (PUI ve Kanal içi ısıtmanın kombine kullanımı):** Kök kanal içerisinde % 5.25'lik NaOCl'i kanal içi ısıtma uygulaması Kanal içi ısıtma (Eighteeth, Jiangsu Bölgesi, Çin) fast-pack cihazıyla çalışma boyundan 3 mm kısa olacak şekilde 150 °C dereceye 0.2 saniyede ısıtılarak uygulanmıştır (Resim 3.10)(Resim 3.11). Aktivasyon boyunca uç 1-2 mm ileri geri şekilde irrigasyonu hareket ettirmesi için kullanılmıştır. Uç dentin duvarlarıyla kontakt halinde olmayıp 8 sn aktive edilip 10 sn soğutulması sağlanmıştır. Bu aktivasyon prosedürü 10 defa olmak üzere her seferinde NaOCl yenilenerek uygulanmıştır. Sonrasında PUI E1 0.7 mm'lik ultrasonik uç (Woodpecker, Guilin, Çin) kanal boyundan 2 mm kısa tutularak 30 sn boyunca irrigate edildi (Resim

3.9). Total irrigasyon süresi 2 dk ve total irrigasyon miktarı 20 cc olacak şekilde irrigasyon aktivasyon yöntemi 4'er kez tekrarlanarak aktivasyon tamamlanmıştır.

### **3.3. Verilerin Değerlendirilmesi**

Tüm örnekler paper pointlerle kurutuldu ve hassas terazide tekrar tartıldı. Aradaki fark çözünen pulpa miktarı olarak kaydedildi.

### **3.4. İstatiksel Analiz**

Verilerin istatiksel analizinde Oneway Anova ve Post Hoc Tukey testleri kullanılmıştır. Sürekli değişken veriler için (ortalama± standart sapma olarak ifade edilecek şekilde) tanımlayıcı istatistikler yapıldı. Bu test sonuçlarına göre grupların çoklu karşılaştırmasında; tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Tek yönlü varyans analizinde anlamlı olan sonuçlarda farka neden olan grup ya da grupları belirlemek için Post-Hoc HSD testi kullanıldı ve  $p<0.05$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

## **4. BULGULAR**

### **4.1. Kanal İçi Aktivasyon Uygulamaları Sonrası Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi**

Grupların ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4.1 'de gösterilmiştir. Yan kanallardan pulpal çözünürlüğü arttırmakta en etkili yöntemin Ultrasonik ve Kanal içi ısıtma yönteminin kombinasyonu olduğu Tablo 4.2'de anlaşılmıştır ( $p<0.05$ ). Kontrol grubu ve endoaktivatör gruplarının arasında anlamlı fark olmadığı Tablo 4.3'te görülmüştür ( $p<0.05$ ). Ultrasonik ve Kanal içi ısıtma gruplarının tek başlarına aktivasyon olarak kullanıldığında, Kontrol grubu ve Endoaktivatör gruplarından anlamlı düzeyde etkili oldukları Tablo 4.3'te anlaşılmıştır ( $p<0.05$ ).

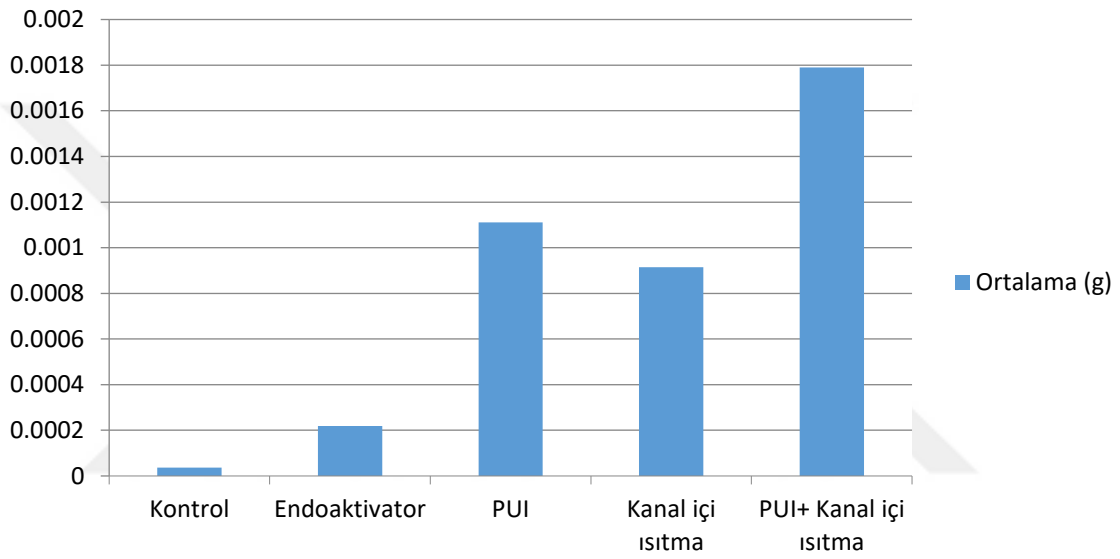
**Tablo 4.1.** Gruplar arası pulpa çözünürlüğü ortalama ve standart sapma değerleri

	N	Ortalama	Standart Sapma
Kontrol grubu	10	,0000360 <sup>a</sup>	,00002413
Endoaktivatör grubu	10	,0002190 <sup>a</sup>	,00014918
Ultrasonik grup	10	,0011110 <sup>b</sup>	,00033321
Kanal içi ısıtma grubu	10	,0009150 <sup>b</sup>	,00030533
Ultrasonik+Kanal içi ısıtma grubu	10	,0017900 <sup>c</sup>	,00029933
Total	50	,0008142	,00068442

**Tablo 4. 2.** Gruplar arası istatistiksel karşılaştırma

(I) Grup		P değeri
Kontrol Grubu	Endoaktivatör	,489
	PUI	<b>,000</b>
	Kanal içi ısıtma	<b>,000</b>
	PUI+Kanal içi ısıtma	<b>,000</b>
Endoaktivatör	Kontrol Grubu	,489
	PUI	<b>,000</b>
	Kanal içi ısıtma	<b>,000</b>
	PUI+Kanal içi ısıtma	<b>,000</b>
PUI	Kontrol Grubu	<b>,000</b>
	Endoaktivatör	<b>,000</b>
	Kanal içi ısıtma	,420

	PUI+Kanal içi ısıtma	,000
Kanal içi ısıtma	Kontrol Grubu	,000
	Endoaktivatör	,000
	PUI	,420
	PUI+Kanal içi ısıtma	,000
PUI+Kanal içi ısıtma	Kontrol	,000
	Endoaktivatör	,000
	PUI	,000
	Kanal içi ısıtma	,000



Şekil 4.1. Her grubun çözdüğü ortalama pulpa miktarının ortalama grafiği

## 5. TARTIŞMA

NaOCl'nin bakterisidal aktivitesi, mükemmel lubrikant özelliği, organik bileşenleri çözme yeteneği, ağartıcı etkinliği ve düşük yüzey gerilimi nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir solüsyon olduğu iyi bilinmektedir. Bununla birlikte, NaOCl irrigasyonunun, mikrosertlik, eğilme mukavemeti ve elastik modülünde azalma dahil olmak üzere dentinin mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etkileri de bildirilmiştir. NaOCl, dentin organik bileşenlerinin kaybını teşvik eder. Çünkü bu çözelti, spesifik

olmayan bir proteolitik ajandır. Organik fazın tükenmesi, mekanik özellikleri değiştirebilir. Dentin % 22 organik maddeye, özellikle de tip I kollajene sahiptir. Kollajen, dentinin yapısal oluşumu sırasında önemli bir rol oynar ve dentin mineral içeriğinin sürdürülmesinden sorumludur. NaOCl kullanımı sırasında bu organik içeriği kaybederek, dentin elastik modülü ve esneklik mukavemeti azalır. Bu yüzden de NaOCl'in belirli bir konsantrasyonda belirli bir miktarda kullanılması gerekmektedir (129).

İrrigasyon Aktivasyon sistemlerinin pulpa çözünürlüğü çeşitli çalışmalarda incelenmiştir(7) (130)(131)(40). Bu çalışmalarda çoğunlukla ultrasonik aktivasyonun çözünürlükteki etkisine (7), kanal içi ısıtmanın çözünürlüğe etkisine (131) ve bu yöntemlerin NaOCl'in çözünürlükteki etkisini artırma yeteneklerine bakılmıştır. Biz de bu geçmiş çalışmalar doğrultusunda farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin lateral kanallardaki pulpal çözünürlüğe etkisini inceledik. Rezin blok kullanmamızın sebebi ise gerçek dişlerin hepsinde lateral kanal varlığı bulunmaması eğer varsa da lateral kanalın bir standardizasyonunun bulunmaması olarak belirtebiliriz. Ayrıca NaOCl'in lateral kanallara ulaşmasını engelleyen vapor-lock etkisini engellemekte şeffaf rezin bloklar bize yardımcı olmuştur. Rezin bloktaki çalışmaların tekrarlanabilirliği, gerçek dişlerde bu anatominin tam istenildiği gibi sağlanamaması, örnekler arası karşılaştırmanın daha gerçekçi olması gibi avantajları sayesinde çalışmacıları rezin blok kullanmaya yöneltmiştir (131) (7). Biz de tüm bu nedenlerle tez çalışmamızda rezin blok kullandık.

Sonja ve ark. NaOCl solüsyonlarının ısıtılmasının doku çözünürlüğünü büyük ölçüde artırdığını göstermişlerdir. NaOCl'in ısıtılmış halinin oda sıcaklığındaki hali ile karşılaştırıldığında artışın büyüklüğünün konsantrasyona ve sıcaklığa bağlı olarak % 30 ile % 300 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Ayrıca ilginç bir şekilde % 2'lik NaOCl'in 5 dk bekletilmesiyle, kontrol grubundaki distile suda bekletilen grubun çözünürlüğe etkisinin eşit olduğunu keşfetmişlerdir. Dolayısıyla NaOCl'i aktivasyonsuz düşük konsantrasyonlarda kullanmanın anlamlı bir fark yaratmadığını savunmuşlardır. Geliştirmek içinse ilk başlarda konsantrasyon miktarını arttırarak denemeler yapmışlardır. İlk yıllarda % 5-6'lık NaOCl solüsyonlarıyla pulpal çözünürlüğü arttırdıklarını fark etmişlerdir. Sonrasında ise NaOCl'in taşma durumunda, ciddi toksisite ve yan etkilerin görüldüğünü gözlemleyip konsantrasyonu daha fazla

artırmamışlardır. Çalışmacılar da konsantrasyonu % 2.5 ve 5.25 aralığında kullanmayı optimum olarak belirlemişlerdir (4).

En çok tavsiye edilen irrigasyon solüsyonu, % 5.25 NaOCl ve ardından % 17 EDTA ile final solüsyon kombinasyonu olarak kullanımımızdır. A.İandolo ve ark. smear tabakasının kaldırılmasını değerlendiren SEM çalışmasında, NaOCl ve EDTA kombinasyonunun, smear tabakasının kök kanalının koronal ve orta üçte birlik kısımlarından çıkarılmasında etkili olduğunu göstermiştir. Ancak kök kanallarının apikal üçte birinde smear tabakasının çıkarılması zordur. Bu durum kök kanal çapının daralmasına bağlanabilir, bu da iğnenin kanalın apikal üçte birine yerleştirilmesini ve sonuçta ortaya çıkan sıvı dinamiklerini engellemesinden kaynaklanabilir. Çalışmada, oda sıcaklığında, % 5.25 NaOCl ve % 17 EDTA, test edilen diğer irrigasyonlardan (% 2 CHX, % 1.25 NaOCl, % 2.6 NaOCl ve % 0.9 salin) önemli ölçüde daha visköz bulunmuştur. Kök kanallarının apikal üçte birlik kısmındaki smear tabakasının çıkarılmasında % 5.25 NaOCl ve % 17 EDTA'nın zayıf etkinliği, yüksek viskozitelere bağlanabilir. Ortaya çıkan irrigant akışı büyük olasılıkla daha az türbülanslı ve doğası gereği daha laminar olacaktır. NaOCl'in verimliliğini artırmanın etkili yollarından biri de sıcaklığını arttırmaktır. NaOCl'in sıcaklığının yükseltilmesinin etkisi, antimikrobiyal etkinlik ve doku eritme yeteneği açısından değerlendirilmiştir. Isıtımda, irrigant moleküllerinin akış özelliklerini geliştiren termal aktivasyon vardır. Bu aynı zamanda, sıcaklıktaki her 5 °C derece artışta neredeyse iki katına çıkan bakterisidal etkinlikle bildirilen bir artışla ilişkilidir. Isıtılmış NaOCl'in akış özelliklerindeki bu gelişme, dinamik viskozitedeki azalmaya atfedilebilir olduğunu ve ayrıca NaOCl'in ısıtılmasının irrigantın kompleks kanal kısımlarına akışını iyileştirebileceğini belirtmişlerdir (129).

Radcliffe ve ark. ise NaOCl'e en dirençli olan bakteri olarak *E.faecalis* 'e karşı, ne kadar sürede etkili olduğunu ölçmüşlerdir. *E.faecalis* % 0.5 NaOCl'e karşı 30 dk, % 1 NaOCl'e karşı 10 dk, % 2.5 NaOCl'e karşı 5 dk, % 5 NaOCl'e karşı ise sadece 2 dk dayanabilmiştir (132). Yine benzer bir sonuç da Gomes ve arkadaşlarından gelmiştir. % 0.5 NaOCl *E.faecalis* hücrelerinin tamamını 30 dk'da öldürürken, % 5.25'lik NaOCl ise aynı sonucu sadece 30 sn'de başarmıştır. Bu sonuçlara göre en ideal NaOCl konsantrasyonunun % 5.25 olduğuna karar vermişlerdir (133).

Biz de bu yüzden çalışmamızda, endodontide çözünürlük ve antibakteriyellik açısından altın standart olan % 5.25'lik endodontik sodyum hipokloriti kullandık. Hem pulpal çözünürlüğü yeterince artıracak hem de toksik düzeye ulaşmadan ideal konsantrasyonun bu olduğuna karar verdik.

A.İandolo ve ark. NaOCl'nin antibakteriyel etkinliğinin kök kanalındaki konsantrasyonu, hacmi, temas süresi ve sıcaklığından etkilendiğini göstermiştir. Aynı zamanda ultrasonik aktivasyonun, akım ve kavitasyonun fiziksel fenomeni ile irrigant dağıtımını ve aktivasyonu arttırdığını açıklamışlardır. İn vitro olarak kanal temizliğinin, kanal sistemine irrigant transferinin, yumuşak doku debridmanının, smear tabakasının ve biyofilmlerin uzaklaştırılması ile etkisinin artırılabilir olduğunu da belirtmişlerdir. Çoğu kimyasal reaksiyonun, sıcaklık artışı ile hızlandığını bildirmişlerdir. Burada sunulan irrigasyon protokolleri, kinetik enerji arttığında ve kaynama hareketinin irrigant solüsyonunu yoğunlaştırması durumunda etkilidir (129).

Elio Berutti ve ark. 21 °C derece ve 50 °C derecelik NaOCl ile irrigasyon yaptıktan sonra sem analizi yaparak smear tabakasını karşılaştırmışlardır. İkisinde de smear tabakasının kalınlığının aynı olmasına karşın 50 °C derecelik NaOCl'le irrigasyon yapılan dentin tübüllerindeki smearin daha ince ve düzenli bir yapıya sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. 21 °C derecelik NaOCl'de ise smear tabakası daha kalın ve düzensiz yapıda gözlenmiştir. Sodyum hipokloritin smear tabakasını tamamen kaldıramadığı bilinmektedir. Bu çalışmadaki sonucun sebebi ise smear tabakasının sadece inorganik artık içermediği, organik olarak bakteri ve artık ürünlerini içerdiği içindir. Klinikte smear tabakasının önemi hala tartışma konusudur. Kesin olarak morfolojisi ve bileşenleri ile fiziksel ve biyolojik sonuçları henüz net değildir. Smear tabakasının, NaOCl'in tübüller ve bakterisidal etkisini göstermesi ve dentin içine nüfuz etmesi için kaldırılmasına izin verilmesi gerektiğinin arzu edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca smear tabakasının kaldırılmadığında da dentin tübüllerinde tıkaç etkisi oluşturduğu ve reenfeksiyonu önlediği düşünülmüştür. Araştırmaların çoğunda NaOCl'in en iyi organik doku çözücülerden birisi olduğu ispatlanmıştır (134).

Kamburis ve ark. NaOCl'i ısıttıklarında dentin talaşını kök kanalından daha fazla temizleyebildiklerini farketmişlerdir. Yaptıkları çalışmada dentin içerisine

yerleştirdikleri protein ekstraktının, oda sıcaklığındaki NaOCl'te % 24.6'sını, 37 °C derecedeki NaOCl'te % 26.9'unu, 70 °C derecedeki NaOCl'te ise % 33.9'unu kanal içerisinden uzaklaştırdığını göstermişlerdir (45).

Woodmansey ve ark. 2005 yılında NaOCl'i kaynama sıcaklığına getirdiklerinde pulpa çözünürlüğüne etkisinin 210 kat arttığını görmüşlerdir (5).

Diana dimitriu ve ark. % 5'lik 20 °C derecede NaOCl'in % 1'lik 36 °C derecedeki NaOCl'le aynı znrlğe sahip olduğunu keşfetmişlerdir (6).

Rossi-fedele ve ark. ise NaOCl'i 22 °C derecedeki oda sıcaklığından 45 °C dereceye kadar ısıttıklarında hem doku znrlğnn hem de antibakteriyel etkisinin arttığını görmüşlerdir (135).

Zehnder ve ark. ise ultrasonik aktivasyon kullanıldığında kavitasyonun artması ve solüsyonun içerideki dönüş hızının artması ve NaOCl'in sıcaklığını da 50 °C dereceye kadar artırarak, sinerjistik bir etki yarattığını ve pulpal znrlğnn arttırdığını bildirmişlerdir. Bu yüzden de kanal içi ısıtma ve ultrasonik, sonik aktivasyon tekniklerine yoğunlaşmanın daha akılcı olduğunu düşünmeye başlamışlardır (7).

Ultrasonik enerji basitçe ısı üretebilir, dolayısıyla sodyum hipoklorit ısıdan dolayı daha aktif hale gelir (136). İrrigasyonların ultrasonik aktivasyonunun akışkan mekaniği, salınan eğenin en az 3 mm ötesine sıvı akışı ile sonuçlanır (137).

Urban ve ark. ise ultrasonik aktivasyon ve endoaktivatr kanal temizliği açısından SEM çalışmasında karşılaştırmışlardır. Ultrasonik aktivasyonun smear tabakasını endoaktivatrden anlamlı derecede daha başarılı kaldırdığını belirtmişlerdir (95). Biz de tez alışmamızda NaOCl'in kanal içi ısıtma yöntemiyle aktivasyonunun pulpal znrlğe etkisinin, ultrasonik aktivasyon ve sonik endoaktivatrle karşılaştırılmasını değerlendirdik. Ayrıca bir grupta da ultrasonik aktivasyona ek olarak kanal içi ısıtma yöntemi uygulayarak pulpal znrlğe etkisini diğer aktivasyon gruplarıyla karşılaştırdık.

A.İandolo ve ark. 50-60-70 °C derecede önceden ısıtılmış NaOCl'in etkisinin vücut sıcaklığı ve kan akımı tarafından birkaç saniye içerisinde tolere edildiğini belirtmişlerdir. Bu yüzden önceden ısıtma yöntemlerinin özellikle apikal uçluda yetersiz kaldığını göstermişlerdir. Yan kanalların, isthmusların ve bunların içindeki pulpal dokuların en sık apikal uçluda olduğunu düşündüğümüzde önceden ısıtmanın pek faydalı olmayacağını dolayısıyla da kanal içi ısıtmanın anlamlı bir fark yaratacağı sonucu doğmuştur (138).

Cameron ve ark. 30 sn pasif ultrasonik irrigasyonla aktivasyon yaptıklarında NaOCl'in ısısının 45 °C dereceye kadar yükseldiğini tespit etmişlerdir (101).

Suslick ve ark. kavitasyonun neden olduğu baloncukların patlaması sonucu kısa süre içerisinde yoğun lokal ısıtma ve yüksek basınç ürettiğini belirtmişlerdir. Lokal olarak sıcaklık 5000 K dereceye kadar çıkıp 109 K/s oranında soğuyabilir. Bu etkiye dayanarak ultrasonik aktivasyonun etkisinin büyük oranda ısı artışına bağlı olduğu tahmin edilmektedir (139).

Ultrasonikler tarafından artan irrigant penetrasyonun etkisiyle, simüle edilmiş kök kanal modellerindeki biyofilmler üzerinde, sonik aktivasyon ve endodontik iğne irrigasyonu ile karşılaştırıldığında yan kanallarda biyofilmin kaldırılmasını daha fazla kolaylaştırdığı gösterilmiştir (140). Bu da bize ultrasonik aktivasyonun da yan kanallara irrigantı ulaştırması ve çözünürlüğü artırabileceği fikrini verdi.

Bizim çalışmamızda da Ultrasonik aktivasyon, Endoaktivatörden pulpa çözünürlüğü açısından anlamlı derecede başarılı çıkmıştır. Endoaktivatörü her ne kadar en yüksek güç ve en kalın uç ayarlarında kullanmış olsak da etki olarak yetersiz kalmıştır. Bunu da frekans değerinin 166 Hz olmasına bağlayabiliriz. Frekans değeri düşük olduğu için NaOCl'in lokal sıcaklığını artıramadığı varsayımıyla lateral kanaldaki pulpal çözünürlükte yetersiz kaldığını düşünmekteyiz.

Woodmansey kanalın içerisine System B nin pluggerını çalışma boyundan 3 mm kısa olacak şekilde ve 200 °C dereceye ayarlı bir halde NaOCl vaporeze olana kadar 3 ile 5 saniye arasında uygulayıp tekrar taze NaOCl ile doldurmuştur (5).

Buchanan ise 5 saniyelik 200 °C derecede kullanımdan sonra 5 saniye soğutmanın gerekli olduğunu söylemiştir. Bu teknik aynı zamanda hem NaOCl in kinetik enerjisini arttırıp hem de çözünürlüğünü ve kimyasal etkinliğini arttırmaktadır (8).

Sodyum hipoklorit, 96 ile 120 °C derece arasında bir kaynama sıcaklığına sahiptir. Üstelik sıcaklıkla daha fazla klor salınır, böylece küçük parçacıklarda bir azalma olur. Bu özelliklere dayanarak Woodmansey tekniği, revize edilmiş ve geliştirilmiştir. Öncelikle ısı taşıyıcısındaki sıcaklık 200 °C dereceden 150 °C dereceye düşürüldü. Sodyum hipokloritin kaynama sıcaklığı 96 °C ile 120 °C arasında olduğu için taşıyıcıyı 200 °C 'de kullanmak anlamsızdır. 150 °C 'de tutulursa kaynama noktasına ulaşıldığında, irrigant daha az klor kaybıyla daha fazla hareket edecektir. Periodontal ligament için de güvenliği arttıracaktır. Araştırmacılar kanal içi ısıtma kullanıldığında eksternal kök yüzeyi sıcaklığının 42.5 °C derecenin ötesine geçmediğini göstermişlerdir (1). Biz de çalışmamızda aktif klorinin daha fazla kalması için bu tekniği benimsedik.

Xiangjun Guo ve ark. ise herhangi bir ajitasyon olmasa bile, 60 °C % 3 NaOCl ve % 17 EDTA'nın kombinasyonunun smear tabakasının çıkarılmasında etkili olduğu NaviTip FX ve EndoActivator tekniklerinin de benzer bir etkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. Böylece, aktive edilmeyen ve aktive edilmiş irrigasyon tekniklerinin birbirlerinden çok farklı sonuçları olduğunu fark etmişlerdir. Fark NaOCl'nin, organik maddenin bileşenlerinin uzaklaştırılmasındaki etkinliği nedeniyle olabilir. Bu öncelikle klor konsantrasyonunun aktive edilmesine bağlıdır. % 5 NaOCl, 4 saat boyunca 60-85 °C dereceye ısıtıldığında etkinliğinin % 6-9 arasında arttığını bulmuşlardır (46).

Kanal içi ısıtmanın NaOCl'in antibakteriyel özelliklerini de arttırdığını geçmiş çalışmalardan görmekteyiz. Bu aktivasyon yönteminin hem antibakteriyel etkinlik, hem pulpal çözünürlük, hem de debris kaldırımı açısından başarılı olduğu çeşitli örneklerle ispatlanmıştır.

Cunningham ve ark. % 2.6'lık NaOCl'in vücut sıcaklığındaki (37 °C derece) halinin, oda sıcaklığındaki (22 °C derece) haline göre bakterisidal olarak daha etkili olduğunu göstermiştir (141). Cunningham ve arkadaşları ısının sodyum hipokloritin bakterisit faaliyeti üzerindeki etkilerini inceleyip, sonuç olarak % 2.6'lık NaOCl'nin vücut ısısında, oda ısısından daha fazla antimikrobiyal etkinlik gösterdiğini saptamışlardır (141).

Harrison ve ark. ise 1981'de NaOCl'i dilüe etmenin ve organik maddelerin sodyum hipoklorit üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmadaki solüsyonlar arasında en başarılısı % 5.25'lik NaOCl olarak bulunmuştur (41).

Cunningham ve ark aynı zamanda endodontik mikrobiyal floradaki bakterileri, % 2.6 konsantrasyondaki NaOCl ile yok etme süresi üstüne çalışma yapmışlardır. *E.coli*'yi 22 derecede 180 saniyede yok ederken, 37 derecede 60 saniyede yok etmeyi başarmıştır. *S.sanguis*'i 22 derecede 600 saniyede, 37 derecede 180 saniyede yok etmiştir. *S. Aureus*'u 22 derecede 180 saniyede, 37 derecede 90 saniyede yok etmiştir (141).

Romina Brignardello-Petersen ve ark. yaptıkları çalışmada hastalarda % 5.25'lik ve % 2.5'luk NaOCl'i karşılaştırıp post operatif ağrı derecelerini karşılaştırmışlardır. % 5.25'lik sodyum hipokloritte daha az post operatif ağrı görülmüştür. Bunu da muhtemel olarak daha fazla bakteriyel eliminasyona bağlamışlardır (142). Bu bilgiler kanal içi ısıyı ve konsantrasyonu artırdığımızda sadece çözünürlüğü değil bakteriyel eliminasyonu da arttırdığımızı göstermiştir. Bu da bizi kanal tedavisinin temel amaçlarından biri olan bakteriyel yükü azaltmayı başarmamız için konsantrasyonu arttırmanın haricinde, ekstra bir yardımcı faktör olarak kanal içi ısıtmayı kullanabileceğimizi göstermiştir.

Diana dimitriu ve ark. çözeltilinin konsantrasyonunun veya sıcaklığının artırılmasının pulpa dokusu üzerindeki çözücü etkisini arttırdığını göstermiştir. Çözeltilinin pH'ı, sodyum hipoklorit çözeltisinin doku çözme kabiliyetini etkilemez. Organik doku örneklerini, sodyum hipoklorit çözeltisi ve geniş bir numune temas yüzeyi ile doldurulmuş kaplara daldırmak, sodyum hipokloritin organik dokuyu çözme yeteneğini

arttırır. Sodyum hipoklorit çözeltilisinin sıcaklığının ve konsantrasyonunun her ikisi de kollajen çözünme hızını arttırır. Aynı çözünme oranı sırasıyla, 20 °C derecede % 5'lik sodyum hipokloritte, 20.8 °C derecede % 4'lük sodyum hipokloritte, 23.5 °C derecede % 3'lük sodyum hipokloritte, 26.9 °C derecede % 2'lik sodyum hipokloritte ve 36 °C derecede % 1 sodyum hipoklorit için eşit oranda bulunmuştur (6).

Düşük konsantrasyonlu NaOCl çözeltilerinin sıcaklığının artırılması durumunda doku çözünme kapasitelerinin arttığı çalışmalarda gösterilmiştir. Ayrıca, ısıtılmış sodyum hipoklorit çözeltileri organik artıkları ve dentin talaşlarını olduğundan daha verimli bir şekilde çıkarır. NaOCl çözeltileri için bakterisidal oranları, insan pulpa dokusunun çözünme kapasitesi ve artan etkinliği çeşitli çalışmalarda detaylandırılmıştır. NaOCl şırıngalarını önceden ısıtmak için çeşitli cihazlar vardır ancak, solüsyon kök kanal sistemiyle kontakt kurduğu anda eski sıcaklığına geri döner. Bu nedenle, bazı yazarlar NaOCl'nin yerinde ısıtılmasını önermiştir. Bu ultrasonik veya sonik uçlarla aktive edilerek kullanılabilir veya kök kanal içindeki NaOCl'e birkaç dakika boyunca ısıtma uçlarıyla uygulanabilir (134).

Önceden ısıtılan çalışmalarda vücudun ısıyı stabilize edici etkisi saniyeler içinde, kanal dışında ısıtılmış irrigasyonu normale çevirmiştir. Kanaldaki ısıyı yüksek tutmak ve çözünürlüğü artırmak için kanala ısıtılmış NaOCl verildikten sonra ultrasonik aktivasyon uygulanması veya direkt kanalın içinde ısı uygulanması tavsiye edilmiştir. Eğer kanal içinde ısıtma uygulanmazsa, önceden ısıtılmış NaOCl'in etkisi çok sınırlı olmaktadır (143).

Biz de çalışmamızda fast pack dolum cihazının 40.02 tapera sahip ucunu kullanarak aktivasyonu sağladık. Rezin bloğa nonkontakt bir şekilde uyguladık. Bu cihaz sadece 2 saniyede soğuma özelliğine sahip olduğu için periodontal ligamentlere zarar verecek ölçüde ısı artışı görülmecektir.

Ayrıca ısıtılmış hipoklorit solüsyonları dentin talaşlarından organik kalıntıları temizler ve ısıtılmamış muadillerinden daha verimlidir. *E. faecalis* hücrelerinin kullanıldığı bu çalışmada; sıcaklıktaki 25 °C derecelik artışın NaOCl'in etkinliğini 100 kat artırdığı doğrulanmıştır. Isıtılmış solüsyonların endodontik mikrobiyotaya karşı öldürücü etkisi

sadece NaOCl ile değil aynı zamanda klorheksidin glukonat gibi diğer antiseptik irrigantlar ile de ortaya çıkar. Sonuç olarak, sodyum hipokloritin ön ısıtılmasının nekrotik pulpa doku çözünme kapasitesini artırdığı ve durağan faz *E. faecalis* hücrelerine karşı artmış etkinlik gösterdiğini göstermişlerdir. NaOCl'i ısıtma çözümleri artık istenen irrigant sıcaklıklarına kısa sürede ulaşırken, koltuk başında ekstra bir çabaya gerek olmadan kablosuz bir ısıtma cihazı kullanarak rahatlıkla sağlanır hale gelmiştir (144).

45 °C derecede % 1'lik NaOCl çözeltisinin 20 °C derecedeki % 5.25'lik NaOCl kadar etkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ısıtılmış hipoklorit solüsyonlarının dentin talaşlarından organik kalıntıları temizlemekte, ısıtılmamış muadillerinden daha verimli olduğu belirtilmiştir (144).

Alfred İandolo ve ark. ultrasonik aktivasyon ve ultrasonik aktivasyonu kanal içi ısıtma yöntemi ile kombine edip sonrasında dentin tübül penetrasyonunu incelemişlerdir. Özellikle apikal üçlüde yan kanalların fazla olduğunu düşünüp apeksten 3mm ve 5mm geride olmak üzere penetrasyona bakmışlardır. Kontrol grubunda neredeyse hiçbir penetrasyon olmazken sadece ultrasonik aktivasyon uygulanan grupta apeksten 3mm ve 5mm geride sırasıyla 0.21-0.02 ve 0.37-0.02 penetrasyon olduğunu belirtmişlerdir. Ultrasonik aktivasyonun üzerine kanal içi ısıtma uygulanan dişlerde ise sırasıyla 0.51-0.03 ve 0.61-0.02 penetrasyon olmuştur. Ultrasonik aktivasyona ek olarak İntrakanal heating uygulandığındaki penetrasyon, sadece ultrasonik aktivasyon uygulanan gruba göre iki kat daha fazla etki sağlamıştır. Aynı çalışmada debris skorlaması açısından da değerlendirmişlerdir. Grup B yani Ultrasonik aktivasyona ek olarak İntrakanal heating uygulandığında bütün bölümlerdeki debris skorlaması hiç yok veya % 25'in altında bulunmuştur. Grup C yani kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, Grup C'de % 25'in üzerinde bulunmuş olup bazı kısımlarda % 50 ve üzeri halde bulunmuştur. Ayrıca bu çalışma yalnızca ultrasonik aktivasyonun bile, endodontik iğne kontrol grubuna göre anlamlı ölçüde penetrasyonu artırdığını göstermiştir. Bunun da ısıtılan NaOCl'in serbest klorin miktarını artırıp kollajen çözünürlüğünü artırdığından kaynaklı olduğunu söylemişlerdir. Ultrasonik aktivasyonun etkisinin sınırlı kalmasının sebebi olarak da ultrasonik ucun sadece yakın bölgeleri ısıtılabilmesini belirtmişlerdir (145).

Amato ve ark. ultrasonik olarak aktive edildikten sonra kanal içi ısıtma uygulanmış NaOCl'in çözünürlüğe etkisinin, tek başına ultrasonik aktivasyona göre daha üstün olduğunu göstermişlerdir (131).

Biz de yaptığımız çalışmada sadece ultrasonik aktivasyon veya sadece intracanal heatingin, endoaktivatör ve kontrol grubuna göre anlamlı ölçüde pulpal çözünürlüğü artırdığını bulduk. Sadece İntrakanal heating uygulanan grupta ise Ultrasonik aktivasyonla arasında anlamlı fark çıkmamıştır. Ultrasonik aktivasyonun üzerine ek olarak intracanal heating uyguladığımızda ise hepsinden daha başarılı şekilde pulpal dokuyu çözdüğünü gördük.

## 6. SONUÇ

Yaptığımız çalışmamızın sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

- Kontrol grubu ve endoaktivatör grupları yan kanaldaki pulpa çözünürlüğü üzerinde başarılı bir etki sağlayamamıştır.

- Ultrasonik ve kanal içi ısıtma yöntemleri; kontrol ve endoaktivatör gruplarına göre daha fazla pulpa dokusu zmiş olup aralarında fark bulunamamıştır.
- Ultrasonik aktivasyon ile kanal içi ısıtma yönteminin kombine uygulanması, diğer gruplara göre daha fazla pulpa dokusunun kaldırılmasını sağlamıştır.
- Organik materyallerin yan kanallardan kaldırılmasında ultrasonik ve kanal içi ısıtma yöntemlerinin kombine kullanılması en başarılı teknik olarak görülmektedir.

## 7. KAYNAKÇA

1. Simeone M, Valletta A, Giudice A, Di Lorenzo P, Iandolo A. The activation of irrigation solutions in Endodontics: A perfected technique. G Ital Endod. 2015; 29(2):65-69.
2. Sen BH, Piskin B, Demirci T. Observation of bacteria and fungi in infected root

- canals and dentinal tubules by SEM. *Dent Traumatol.* 1995;11(1):16-9.
3. Siqueira JF. Antibacterial effects of endodontic irrigants on black-pigmented gram-negative anaerobes and facultative bacteria. *J Endod.* 1998; 24(6):414-416
  4. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: Effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. *J Endod.* 2010; 36(9):1558-1562.
  5. Woodmansey KF. Intracanal heating of sodium hypochlorite solution: An improved endodontic irrigation technique: Karl F. Woodmansey, DDS, presents an innovative canal irrigation technique as part of endodontic treatment. *Dentistry Today.* 2005.
  6. Dumitriu D, Dobre T. Effects of temperature and hypochlorite concentration on the rate of collagen dissolution. *J Endod.* 2015; 41(6): 903-906.
  7. Al-Jadaa A, Paqué F, Attin T, Zehnder M. Necrotic pulp tissue dissolution by passive ultrasonic irrigation in simulated accessory canals: Impact of canal location and angulation. *Int Endod J.* 2009; 42(1): 59-65.
  8. Stephen Buchanan L. The continuous wave of obturation technique, part 1: Concepts and tools. *Dent Today.* 2017;
  9. Siqueira Junior JF, Rôças I das N, Marceliano-Alves MF, Pérez AR, Ricucci D. Unprepared root canal surface areas: Causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Braz Oral Res.* 2018.
  10. Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: A systematic review of the literature. *International Endodontic Journal.* 2008.
  11. Mônica CM, Fröner IC. A scanning electron microscopic evaluation of different root canal irrigation regimens. *Braz Oral Res.* 2006;20(3):235–40.
  12. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am.* 1974;18: 269-296.
  13. Ørstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *Int Endod J.* 1991; 24(1): 1-7.
  14. Sjögren U, Figdor D, Spångberg L, Sundqvist G. The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short term intracanal dressing. *Int Endod J.* 1991; 24(3): 119-125.
  15. Alacam T. *Endodonti.* 2012. 1348 p.
  16. Iandolo A, Simeone M, Orefice S, Rengo S. 3D cleaning, a perfected technique:

- thermal profile assessment of heated NaOCl. *G Ital Endod.* 2017; 31(1):58-61.
17. Alfonso-Rodríguez CA, Garzón Bello I, Luisa Muñoz A, Jaimes Monroy G, Guevara E, Palacios LG, et al. Tomographic description of the root canal system of mandibular first premolars in Colombian population. *Oral Sci Int.* 2020.
  18. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389–98.
  19. Test ST, Lampert MB, Ossanna PJ, Thoene JG, Weiss SJ. Generation of nitrogen-chlorine oxidants by human phagocytes. *J Clin Invest.* 1984; 74(4): 1341-1349.
  20. Dakin HD. On the use of certain antiseptic substances in the treatment of infected wounds. *Br Med J.* 1915; 2(2852): 318.
  21. McDonnell G, Russell AD. Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Reviews.* 1999.
  22. Austin JH, Taylor HD. Behavior of hypochlorite and of chloramine-t solutions in contact with necrotic and normal tissues in vivo. *J Exp Med.* 1918; 27(5): 627.
  23. Coolidge ED. The Diagnosis and Treatment of Conditions Resulting from Diseased Dental Pulps. *J Natl Dent Assoc.* 1919; 6(4):337-349.
  24. Fraix S, Ng YL, Gulabivala K. Some factors affecting the concentration of available chlorine in commercial sources of sodium hypochlorite. *Int Endod J.* 2001; 34(3): 206-215.
  25. Lambjerg-Hansen H, Fiehn NE, Krogh P. Endodontiske medikamenter. *Tandlaegebladet.* 1982.
  26. Heling I, Rotstein I, Dinur T, Szwec-Levine Y, Steinberg D. Bactericidal and cytotoxic effects of sodium hypochlorite and sodium dichloroisocyanurate solutions in vitro. *J Endod.* 2001; 27(4): 278-280.
  27. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Braz Dent J.* 2002; 13(2), 113-117.
  28. Smith RM, Martell AE. Critical Stability Constants. *Critical Stability Constants.* 1976.
  29. Whitten BH, Gardiner DL, Jeansonne BG, Lemon RR. Current trends in endodontic treatment: Report of a national survey. *J Am Dent Assoc.* 1996; 127(9):1333-1341.
  30. Walker A. A Definite and Dependable Therapy for Pulpless Teeth\*Read before the Section on Histology, Physiology, Pathology, Bacteriology and Chemistry (Research) at the Seventy-Seventh Annual Session of the American Dental

- Association, New Orleans, La., Nov. 6, 19. J Am Dent Assoc. 1936; 23(8):1418-1425.
31. Siqueira JF, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, De Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. International Endodontic Journal. 1997.
  32. Berber VB, Gomes BPF, Sena NT, Vianna ME, Ferraz CCR, Zaia AA, et al. Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing *Enterococcus faecalis* within root canals and dentinal tubules. Int Endod J. 2006; 39(1):10-17.
  33. Ercan E, Özekinci T, Atakul F, Gül K. Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25 % sodium hypochlorite in infected root canal: In vivo study. J Endod. 2004; 30(2): 84-87.
  34. Siqueira JF, Rôças IN, Paiva SSM, Guimarães-Pinto T, Magalhães KM, Lima KC. Bacteriologic investigation of the effects of sodium hypochlorite and chlorhexidine during the endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. 2007; 104(1): 122-130.
  35. Pashley EL, Birdsong NL, Bowman K, Pashley DH. Cytotoxic effects of NaOCl on vital tissue. J Endod. 1985; 11(12): 525-528.
  36. Cotter JL, Fader RC, Lilley C, Herndon DN. Chemical parameters, antimicrobial activities, and tissue toxicity of 0.1 and 0.5% sodium hypochlorite solutions. Antimicrob Agents Chemother. 1985; 28(1):118-122.
  37. De Almeida Gomes BPF, Vianna ME, Matsumoto CU, E Silva Rossi VDP, Zaia AA, Randi Ferraz CC, et al. Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology. 2005.
  38. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite. J Endod. 1978; 4(2): 60-64.
  39. Vera J, Arias A, Romero M. Dynamic movement of intracanal gas bubbles during cleaning and shaping procedures: The effect of maintaining apical patency on their presence in the middle and cervical thirds of human root canals - An in vivo study. J Endod. 2012; 38(2):200-203.

40. Clarkson RM, Moule AJ, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, et al. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. *Aust Dent J.* 2006; 51(3):245-251.
41. Harrison JW, Hand RE. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *J Endod.* 1981; 7(3):128-132.
42. Retamozo B, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M. Minimum Contact Time and Concentration of Sodium Hypochlorite Required to Eliminate *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2010; 36(3): 520-523.
43. Rosenfeld EF, James GA, Burch BS. Vital pulp tissue response to sodium hypochlorite. *J Endod.* 1978; 4(5):140-146.
44. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod.* 1988; 14(3):125-127.
45. Kamburis JJ, Barker TH, Barfield RD, Eleazer PD. Removal of organic debris from bovine dentin shavings. *J Endod.* 2003; 29(9):559-561.
46. Guo X, Miao H, Li L, Zhang S, Zhou D, Lu Y, et al. Efficacy of four different irrigation techniques combined with 60°C 3% sodium hypochlorite and 17% EDTA in smear layer removal. *BMC Oral Health.* 2014; 14(1): 1-6.
47. Bowden GHW, Hamilton IR. Survival of oral bacteria. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine.* 1998.
48. Svensater G, Bergenholtz G. Biofilms in endodontic infections. *Endod Top.* 2004; 9(1):27-36.
49. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The Effect of Exposure to Irrigant Solutions on Apical Dentin Biofilms In Vitro. *J Endod.* 2006; 32(5): 434-437.
50. Giardino L, Ambu E, Savoldi E, Rimondini R, Cassanelli C, Debbia EA. Comparative Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Sodium Hypochlorite, MTAD, and Tetraclean Against *Enterococcus faecalis* Biofilm. *J Endod.* 2007; 33(7): 852-855.
51. Greenstein G, Berman C, Jaffin R. Chlorhexidine: An Adjunct to Periodontal Therapy. *J Periodontol.* 1986; 57(6): 370-377
52. Athanassiadis B, Abbott P V., Walsh LJ. The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Aust Dent*

- J. 2007; 52: S64-S82.
53. Gomes BPPA, Souza SFC, Ferraz CCR, Teixeira FB, Zaia AA, Valdrighi L, et al. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J.* 2003; 36(4):267-275.
  54. Gomes BPPA, Sato E, Ferraz CCR, Teixeira FB, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Evaluation of time required for recontamination of coronally sealed canals medicated with calcium hydroxide and chlorhexidine. *Int Endod J.* 2003; 36(9): 604-609.
  55. White RR, Hays GL, Janer LR. Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *J Endod.* 1997; 23(4):229-231.
  56. Valois CRA, Silva LP, Azevedo RB. Effects of 2% chlorhexidine and 5.25% sodium hypochlorite on gutta-percha cones studied by atomic force microscopy. *Int Endod J.* 2005; 38(7): 425-429
  57. Prado M, Gusman H, Gomes BPPA, Simo RA. The importance of final rinse after disinfection of gutta-percha and Resilon cones. In: *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology.* 2011.
  58. Jeansonne MJ. A comparison of 2.0% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as antimicrobial endodontic irrigants. *J Endod.* 1994; 20(6):276-278.
  59. Vahdaty A, Ford TRP, Wilson RF. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro. *Dent Traumatol.* 1993; 9(6):243-248.
  60. Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LAB, Nelson Filho P, Bonifácio KC, Ito IY. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod.* 1999; 25(3):167-171.
  61. Kuruvilla JR, Kamath MP. Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. *J Endod.* 1998; 24(7):472-476.
  62. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984; 10(10):477-483.
  63. Marchesan MA, Júnior BP, de Freitas Afonso MM, Sousa-Neto MD, Paschoalato C. Chemical analysis of the flocculate formed by the association of sodium hypochlorite and chlorhexidine. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*

- Endodontology. 2007; 103(5):e103-e105.
64. Hahn FL, Reygadas F. Demineralization of hard tissues. *Science*. 1951.
  65. Ostby N. Chelating in root canal therapy. Ethylene-diamine tetraacetic acid for cleansing and widening of root canals. *Odontol Tidskr*. 1957;65:3–11.
  66. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon Á. Chelating agents in root canal treatment: Mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*. 2003.
  67. Frithjof R, Östby BN. Effect of edtac and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 1963;16(2):199–205.
  68. Goldberg F, Abramovich A. Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod*. 1977;3(3):101–5.
  69. Taşman F, Çehreli ZC, Oğan C, Etikan İ. Surface tension of root canal irrigants. *J Endod*. 2000;26(10):586–7.
  70. Weine FS. *Endodontic therapy*. CV Mosby; 2003.
  71. Weinreb MM, Meier E. The relative efficiency of EDTA, sulfuric acid, and mechanical instrumentation in the enlargement of root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 1965;19(2):247–52.
  72. Mohammadi Z, Shalavi S, Yaripour S, Kinoshita JI, Manabe A, Kobayashi M, et al. Smear layer removing ability of root canal irrigation solutions: A review. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2019.
  73. Patterson SS. In vivo and in vitro studies of the effect of the disodium salt of ethylenediamine tetra-acetate on human dentine and its endodontic implications. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1963;16(1):83–103.
  74. Seidberg BH, Schilder H. An evaluation of EDTA in endodontics. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1974;37(4):609–20.
  75. Sreebny LM, Nikiforuk G. Demineralization of hard tissues by organic chelating agents. *Science* (80- ). 1951;113(2941):560.
  76. Cury JA, Bragotto C, Valdrighi L. The demineralizing efficiency of EDTA solutions on dentin: I. Influence of pH. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1981;52(4):446–8.
  77. Serper A, Çalt S. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *J Endod*. 2002;28(7):501–2.
  78. Ilan Rotstein JII. *Ingle's endodontics 7th*. PMPH USA, Ltd. 2012.
  79. Heling I, Irani E, Karni S, Steinberg D. In vitro antimicrobial effect of RC-prep

- within dentinal tubules. *J Endod.* 1999; 25(12):782-785
80. Niu W, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. *Int Endod J.* 2002; 35(11):934-939.
  81. Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Obturation of accessory canals after four different final irrigation regimes. *J Endod.* 2002; 28(7):534-536.
  82. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson W Ben, Bozhilov K. A New Solution for the Removal of the Smear Layer. *Solutions.* 2003; 29(3):170-175.
  83. Bogardus JB, Blackwood RK. Solubility of doxycycline in aqueous solution. *J Pharm Sci.* 1979; 68(2):188-194
  84. Torabinejad M, Shabahang S, Bahjri K. Effect of MTAD on postoperative discomfort: A randomized clinical trial. *J Endod.* 2005; 31(3):171-176.
  85. Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. *J Endod.* 2003; 29(10):654-657.
  86. Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: An in vitro investigation. *J Endod.* 2003; 29(6):400-403.
  87. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson W Ben, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003; 29(3):170-175.
  88. Dai L, Khechen K, Khan S, Gillen B, Loushine BA, Wimmer CE, et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod.* 2011; 37(1):80-84.
  89. Das A, Kottoor J, Mathew J, Kumar S, George S. Dentine microhardness changes following conventional and alternate irrigation regimens: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2014; 17(6):546.
  90. Chandrasekhar V, Amulya V, Rani VS, Prakash TJ, Ranjani AS, Gayathri C. Evaluation of biocompatibility of a new root canal irrigant Q Mix TM 2 in 1- An in vivo study. *J Conserv Dent.* 2013; 16(1):36.
  91. AlKahtani A, Alkahtany SM, Mahmood A, Elsafadi MA, Aldahmash AM, Anil S. Cytotoxicity of QMix<sup>TM</sup> endodontic irrigating solution on human bone marrow mesenchymal stem cells. *BMC Oral Health.* 2014; 14(1): 27.
  92. Kolosowski KP, Sodhi RNS, Kishen A, Basrani BR. Qualitative analysis of precipitate formation on the surface and in the tubules of dentin irrigated with

- sodium hypochlorite and a final rinse of chlorhexidine or QMiX. *J Endod.* 2014; 40(12):2036-2040.
93. Rödiger T, Bozkurt M, Konietschke F, Hülsmann M. Comparison of the vibringe system with syringe and passive ultrasonic irrigation in removing debris from simulated root canal irregularities. *J Endod.* 2010; 36(8):1410-1413.
  94. Ruddle CJ. Hydrodynamic disinfection tsunami endodontics. *Dentistry Today.* 2007.
  95. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig.* 2017; 21(9):2681-2687.
  96. Bryce G, MacBeth N, Gulabivala K, Ng YL. The efficacy of supplementary sonic irrigation using the EndoActivator® system determined by removal of a collagen film from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2018; 51(4):489-497.
  97. Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer E. Removal of Calcium Hydroxide from Artificial Grooves in Straight Root Canals: Sonic Activation Using EDDY Versus Passive Ultrasonic Irrigation and XPendo Finisher. *J Endod.* 2019; 45(3):322-326.
  98. Richman MJ. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *J Dent Med.* 1957;12:12-8.
  99. Plotino G, Pameijer CH, Maria Grande N, Somma F. Ultrasonics in Endodontics: A Review of the Literature. *J Endod.* 2007; 33(2):81-95.
  100. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J.* 1988; 33(3):193-200.
  101. Cameron JA. The effect of ultrasonic endodontics on the temperature of the root canal wall. *J Endod.* 1988; 14(11):554-559.
  102. Zeltner M, Peters OA, Paqué F. Temperature Changes During Ultrasonic Irrigation with Different Inserts and Modes of Activation. *J Endod.* 2009; 35(4):573-577.
  103. Van Der Sluis LWM, Wu MK, Wesselink PR. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *Int Endod J.* 2007; 40(1):52-57.
  104. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J.* 1994;

- 27(4):197-207.
105. Burleson A, Nusstein J, Reader A, Beck M. The In Vivo Evaluation of Hand/Rotary/Ultrasound Instrumentation in Necrotic, Human Mandibular Molars. *J Endod.* 2007; 33(7):782-787.
  106. Maiman TH. Stimulated optical radiation in Ruby. *Nature.* 1960; 187(4736), 493-494.
  107. Goldman L, Hornby P, Meyer R, Goldman B. Impact of the laser on dental caries. *Nature.* 1964;203(4943):417.
  108. Weichman JA, Johnson FM. Laser use in endodontics. A preliminary investigation. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1971; 31(3):416-420.
  109. Kinsun S, Aktören O. Endodontide Lazer Kullanımı/Laser in Endodontics. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 38(1-2):59-67.
  110. Moshonov J, Ørstavik D, Yamauchi S, Pettiette M, Trope M. Nd: YAG laser irradiation in root canal disinfection. *Dent Traumatol.* 1995; 11(5):220-224.
  111. Moritz A, Doertbudak O, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Sperr W. Nd:YAG laser irradiation of infected root canals in combination with microbiological examinations. *J Am Dent Assoc.* 1997; 128(11):1525-1530.
  112. Le Goff A, Dautel-Morazin A, Guigand M, Vulcain JM, Bonnaure-Mallet M. An evaluation of the CO2 laser for endodontic disinfection. *J Endod.* 1999; 25(2):105-108.
  113. Koba K, Kimura Y, Matsumoto K, Takeuchi T, Ikarugi T, Shimizu T. A histopathological study of the morphological changes at the apical seat and in the periapical region after irradiation with a pulsed Nd:YAG laser. *Int Endod J.* 1998; 31:415-420.
  114. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Jakolitsch S, Kluger W, Wernisch J, et al. The bactericidal effect of Nd:YAG, Ho:YAG, and Er:YAG laser irradiation in the root canal: An in vitro comparison. *J Clin Laser Med Surg.* 1999; 17(4):161-164.
  115. Ekim Ş, Erdemir A. Endodontide İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* 25:98-104.
  116. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL. The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen “bio-molecular film” from an ex vivo model. *Int Endod J.* 2008; 41(7):602-608.

117. Huang TY, Gulabivala K, Ng YL. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *Int Endod J.* 2008; 41(1):60-71.
118. Jiang LM, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, Van Der Sluis LWM. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod.* 2012; 38(6):838-841.
119. Keir DM, Senia ES, Montgomery S. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. *J Endod.* 1990; 16(7):323-327.
120. Al-Hadlaq SM, Al-Turaiki SA, Al-Sulami U, Saad AY. Efficacy of a New Brush-Covered Irrigation Needle in Removing Root Canal Debris: A Scanning Electron Microscopic Study. *J Endod.* 2006; 32(12):1181-1184.
121. Ruddle CJ. Microbrush for endodontic use. Washington, DC United States Patent No 6,179,617; 2001.
122. Al-Ali M, Sathorn C, Parashos P. Root canal debridement efficacy of different final irrigation protocols. *Int Endod J.* 2012; 45(10):898-906.
123. Protogerou E, Arvaniti I, Vlachos I, Khabbaz MG. Effectiveness of a canal brush on removing smear layer: A scanning electron microscopic study. *Braz Dent J.* 2013; 24(6):580-584.
124. Buldur B, Kapdan A. Comparison of the EndoVac system and conventional needle irrigation on removal of the smear layer in primary molar root canals. *Niger J Clin Pract.* 2017; 20(9):1168-1174.
125. Miranda RG, Santos EB, Souto RM, Gusman H, Colombo APV. Ex vivo antimicrobial efficacy of the EndoVac® system plus photodynamic therapy associated with calcium hydroxide against intracanal *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2013; 46(6):499-505.
126. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009;35(4):545-9.
127. Abarajithan M, Dham S, Velmurugan N, Valerian-Albuquerque D, Ballal S, Senthilkumar H. Comparison of Endovac irrigation system with conventional irrigation for removal of intracanal smear layer: an in vitro study. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2011;112(3):407-11.
128. Metzger Z. The self- Adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. *Journal of Conservative Dentistry.* 2014.
129. Iandolo A, Amato M, Dagna A, Poggio C, Abdellatif D, Franco V, et al.

- Intracanal heating of sodium hypochlorite: Scanning electron microscope evaluation of root canal walls. *J Conserv Dent.* 2018; 21(5):569.
130. Thé SD. The solvent action of sodium hypochlorite on fixed and unfixed necrotic tissue. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1979;47(6):558–61.
131. Amato M, Pantaleo G, Abtella D, Blasi A, Gagliani M, Iandolo A. An in vitro evaluation of the degree of pulp tissue dissolution through different root canal irrigation protocols. *J Conserv Dent.* 2018; 21(2):175.
132. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh N, Qualtrough A, Worthington H, et al. Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2004; 37(7):438-446.
133. Gomes BPPA, Ferraz CCR, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2001; 34(6):424-428.
134. Berutti E, Marini R. A scanning electron microscopic evaluation of the debridement capability of sodium hypochlorite at different temperatures. *J Endod.* 1996; 22(9):467-470.
135. Rossi-Fedele G, De Figueiredo JAP. Use of a bottle warmer to increase 4% sodium hypochlorite tissue dissolution ability on bovine pulp. *Aust Endod J.* 2008; 34(1):39-42.
136. Nyborg WLM. Acoustic streaming. In: *Physical acoustics.* Elsevier; 1965. p. 265–331.
137. Malki M, Verhaagen B, Jiang LM, Nehme W, Naaman A, Versluis M, et al. Irrigant flow beyond the insertion depth of an ultrasonically oscillating file in straight and curved root canals: Visualization and cleaning efficacy. *J Endod.* 2012; 38(5):657-661.
138. Amato M, Iandolo A, Pantaleo G, Abtella D, Simeone M, Lizio A, et al. The IG- file use to Gauge the Apical Diameter in Endodontics: An In Vitro Study. *Open Dent J.* 2018; 12:638.
139. Suslick KS, Didenko Y, Fang MM, Hyeon T, Kolbeck KJ, McNamara WB, et al. Acoustic cavitation and its chemical consequences. *Philos Trans R Soc A Math Phys Eng Sci.* 1999; 357(1751):335-353.

140. Mohmmmed SA, Vianna ME, Penny MR, Hilton ST, Mordan NJ, Knowles JC. Investigations into in situ *Enterococcus faecalis* biofilm removal by passive and active sodium hypochlorite irrigation delivered into the lateral canal of a simulated root canal model. *Int Endod J.* 2018; 51(6): 649-662.
141. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability of sodium hypochlorite endodontic irrigant. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol.* 1980; 49(2):175-177.
142. Farzaneh S, Parirokh M, Nakhaee N, Abbott P V. Effect of two different concentrations of sodium hypochlorite on postoperative pain following single-visit root canal treatment: a triple-blind randomized clinical trial. *Int Endod J.* 2018; 51:e2-e11.
143. Leonardi DP, Grande NM, Tomazinho FSF, Marques-da-Silva B, Gonzaga CC, Baratto-Filho F, et al. Influence of activation mode and preheating on intracanal irrigant temperature. *Aust Endod J.* 2019; 45(3):373-377.
144. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod.* 2005; 31(9):669-671.
145. Iandolo A, Abdellatif D, Amato M, Pantaleo G, Blasi A, Franco V, et al. Dentinal tubule penetration and root canal cleanliness following ultrasonic activation of intracanal-heated sodium hypochlorite. *Aust Endod J.* 2020; 46(2):204-209.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

1993 yılında Gaziantep’te doğdu. İlkokulu Gaziantep Gaziyurt İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini Gaziantep Anadolu Lisesi’nde tamamladı. Çukurova Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi’nden 2016 yılında mezun oldu ve 2017’de Gaziantep Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimine başladı.