



**T.C.  
RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**BÜYÜK PERİAPİKAL LEZYONLARIN İYİLEŞMESİNE FARKLI  
İRRİGASYON-AKTİVASYON TEKNİKLERİNİN ETKİSİNİN CBCT  
TARAMALARI İLE İNCELENMESİ**

**Dt. Mehmet Umutcan DOĞAN**

**Endodonti Anabilim Dalı  
Uzmanlık Tezi**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Banu ARICIOĞLU**

**RİZE-2023**

## KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Endodonti Ana bilim dalında, Dr. Öğr. Üyesi Banu ARICIOĞLU danışmanlığında, Arş. Gör. Dt. Mehmet Umutcan DOĞAN tarafından hazırlanan “Büyük Periapikal Lezyonların İyileşmesine Farklı İrrigasyon-Aktivasyon Tekniklerinin Etkisinin Cbet Taramaları ile İncelenmesi” adlı bu tez çalışması, 04.05.2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### Unvanı, Adı Soyadı

### İmza

Üye:

Dr.Öğr.Üyesi Bertan KESİM  
(Nuh Naci Yazgan Üniversitesi)

Üye:

Dr. Öğr. Üyesi Banu ARICIOĞLU  
(Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi)

Üye:

Dr. Öğr. Üyesi Ahter ŞANAL ÇIKMAN  
(Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi)

## ETİK BEYAN

Endodonti Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Büyük Periapikal Lezyonların İyileşmesine Farklı İrrigasyon-Aktivasyon Tekniklerinin Etkisinin Cbct Taramaları İle İncelenmesi” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Usul ve Esaslarına uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve/veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

(İmza)

Mehmet Umutcan DOĞAN

## ÖN SÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilgi ve deneyimlerini bana aktaran, akademik hayatımda gelişmemi ve ilerlememi sağlayan, her türlü sorunumda beni asla geri çevirmeyerek yardımcı olan, hocam, tez danışmanım Dr. Öğr. Banu ARICIOĞLU' na,

Uzmanlık eğitimim ve tez yazım sürecimde karşılaştığım her sorunda yardımlarıyla bana destek olan bölüm başkanımız Dr. Öğr. Ahter ŞANAL ÇIKMAN' a,

Tez çalışmamın görüntü elde etme, inceleme ve ölçüm aşamalarında yapmış oldukları değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Üyesi Taha Emre KÖSE ve röntgen teknisyenlerimize,

Tez çalışmalarım süresince hasta seçimlerimde ve takiplerinde bana yardımcı olan çok sevgili asistan arkadaşlarıma ve vakalardaki gizli kahramanlarımız endodonti bölümünün sevgili personellerine,

İyi günde kötü günde beraber olup, uzmanlık sürecince beraber yol aldığımız sevgili eş kıdemlilerim Dt. Feyza ÇETİNKAYA, Dt. Merve ÇOBAN ÖKSÜZER' e ve hayatımın geri kalanında beraber yürüyeceğimiz her zaman yanımda olduklarını bildiğim sevgili dostlarıma,

Hayatımda elde ettiğim tüm başarıların mimarları, aldığım bütün kararlarda bana saygı duyup arkamda olan sonsuz destekçilerim annem, babam ve ablama,

Tanıştığımız günden beri beni dünyanın en şanslı insanı yapan, her zorlukta koşulsuz yanımda olan ve tez sürecimde de desteğini esirgemeyen sevgili eşim Tuğçe DOĞAN' a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.GİRİŞ .....</b>                                          | <b>1</b>  |
| <b>2.GENEL BİLGİLER.....</b>                                  | <b>4</b>  |
| 2.1. Pulpa ve Periapikal Doku Hastalıkları.....               | 4         |
| 2.2. Apikal periodontitis.....                                | 4         |
| 2.2.1. Akut Apikal Periodontitis(AAP) .....                   | 4         |
| 2.2.2. Kronik Apikal Periodontitis (KAP).....                 | 4         |
| 2.3. Hastalığın Tedavisi ve Lezyon İyileşmesi .....           | 5         |
| 2.3.1. Kök Kanal Tedavisi (KKT) .....                         | 5         |
| 2.4. Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyon.....                    | 6         |
| 2.4.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl): .....                       | 6         |
| 2.4.2. EDTA(Etilen diamin tetra asetik asit ).....            | 6         |
| 2.4.3. Klorheksidin(CHX).....                                 | 7         |
| 2.4.4. Hidrojen peroksit (H2O2) .....                         | 7         |
| 2.5. Endodontide İrrigasyon Aktivasyonu .....                 | 7         |
| 2.5.1. Manuel Aktivasyon Teknikleri .....                     | 8         |
| 2.5.2. Mekanik Aktivasyon Teknikleri.....                     | 9         |
| 2.5.3. Sonik ve Ultrasonik Aktivasyon Sistemleri .....        | 11        |
| 2.5.4. Lazer Destekli Aktivasyon.....                         | 13        |
| 2.5.5. GentleWave Sistemi .....                               | 16        |
| 2.6. Endodontik Tedavinin Başarısızlık Sebepleri .....        | 17        |
| 2.7. Endodontik Tedavi Başarısının Değerlendirilmesi.....     | 17        |
| 2.7.1. Klinik Değerlendirme .....                             | 18        |
| 2.7.2. Radyolojik Değerlendirme.....                          | 18        |
| 2.7.3. Periapikal İndeksler .....                             | 19        |
| 2.8. Görüntüleme Yöntemleri .....                             | 19        |
| 2.8.1. Üç Boyutlu Görüntüleme Yöntemleri.....                 | 20        |
| 2.8.2. Periapikal Lezyon Alanı ve Hacmi.....                  | 23        |
| 2.9. Periapikal Lezyonların Takip Süresi .....                | 24        |
| <b>3.GEREÇ VE YÖNTEM.....</b>                                 | <b>25</b> |
| 3.1. Vaka Seçimi .....                                        | 25        |
| 3.2. Kanal Tedavisi Protokolü .....                           | 27        |
| 3.2.1. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktivasyonu .....           | 28        |
| 3.2.2. Kök Kanallarının Doldurulması ve Üst Restorasyon ..... | 31        |
| 3.3. Radyografik Yöntem .....                                 | 31        |

|                                           |           |
|-------------------------------------------|-----------|
| 3.4. Periapikal Lezyon Hacim Ölçümü ..... | 31        |
| 3.5. İstatistiksel Analiz .....           | 34        |
| <b>4.BULGULAR.....</b>                    | <b>36</b> |
| <b>5.TARTIŞMA .....</b>                   | <b>42</b> |
| <b>6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>           | <b>51</b> |
| <b>KAYNAKÇA .....</b>                     | <b>52</b> |
| <b>EKLER.....</b>                         | <b>73</b> |
| EK-1. Etik Kurul Onayı.....               | 73        |
| EK-2. Power Analiz .....                  | 73        |



Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı: Endodonti

Tez Türü: Randomize Kontrollü Klinik Çalışma

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Banu ARICIOĞLU

Hazırlayan: Arş. Gör. Dt. Mehmet Umutcan DOĞAN

Yıl: 2023 Sayfa Sayısı: 74

## ÖZET

### BÜYÜK PERİAPİKAL LEZYONLARIN İYİLEŞMESİNE FARKLI İRRİGASYON-AKTİVASYON TEKNİKLERİNİN ETKİSİNİN CBCT TARAMALARI İLE İNCELENMESİ

**Amaç:** Farklı irrigasyon aktivasyon yöntemleri kullanılarak kanal tedavileri yapılan, büyük periapikal lezyonlu tek köklü mandibular dişlerde lezyon iyileşme oranlarının CBCT yardımı ile hacimsel olarak karşılaştırılmasıdır.

**Gereç ve yöntem:** PAI (periapikal index skor) 3 ve üzeri olan mandibular tek köklü dişlere sahip, sistemik olarak sağlıklı 56 kadın/erkek hasta çalışmaya dahil edildi. İşlem öncesi periapikal lezyon hacimleri CBCT ile belirlendikten sonra hastalar rastgele 3 çalışma ve kontrol grubuna ayrıldı (n=14). Çalışma grubunda PUI, SWEEPS, MDA ile farklı aktivasyon yöntemleri uygulanarak kanal tedavileri yapıldı. Kontrol grubunda ise geleneksel şırınga yöntemi ile irrigasyon yapılarak herhangi bir aktivasyon uygulanmadı. 3-6-9-12 aylık takiplerle klinik değerlendirmelerle kontrol yapıldı. Tedavi öncesi ve 12. ay takip sonrasında lezyon hacimlerinde meydana gelen değişiklikler 3D hacim hesaplaması ile ITK SNAP üzerinden yapıldı. İşlem öncesi ve takip değerleri Wilcoxon testi ile istatistiksel olarak analiz edildi.

**Bulgular:** Tüm gruplarda tedavi öncesi lezyon hacim ortalamaları tedavi sonrası hacim ortalamalarından istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek bulundu ( $p=0.001$ ). Tedavi öncesi lezyon hacim ortalamaları açısından SWEEPS (210,4 mm<sup>3</sup>) grubu PUI (158,3 mm<sup>3</sup>)' den istatistiksel anlamlı olarak daha yüksek bulundu. Çalışmamızda lezyon iyileşme yüzdeleri hacimsel olarak SWEEPS, (%86,9) > PUI, (%85,4) > MDA, (%80,4) > Geleneksel şırınga, (%74,5) olarak bulunmuştur. Ancak gruplar arasında lezyon değişimleri açısından istatistiksel anlamlı fark bulunmadı ( $p>0,05$ ). Grupların hiçbirinde tedavi sonrası lezyon hacimlerinde büyüme tespit edilmedi.

**Sonuç:** 1 yıllık takip süresince lezyon değişim yüzdeleri arasında istatistiksel anlamlı bir fark yaratmamasına rağmen, periapikal lezyonun hacimsel iyileşmesi %86,9 ile en yüksek SWEEPS grubunda tespit edilirken, en düşük iyileşme ise %74,5 ile geleneksel şırınga grubunda gözlemlenmiştir. İrrigasyon aktivasyon yönteminden çok iyi doldurulmuş kök kanallarının ve doğru bir hermetik tıkanmanın lezyon iyileşmeleri üzerinde daha fazla etkin olduğu düşünülebilir.

**Anahtar kelimeler:** İrrigasyon aktivasyonu, periapikal iyileşme, KIBT

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Endodontics

Thesis Type : Randomized Controlled Clinical Trial

Supervisor : Asst. Prof. Banu ARICIOĞLU

Author : RA Dt. Mehmet Umutcan DOĞAN

Year : 2023 Pages : 74

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION- ACTIVATION TECHNIQUES ON THE HEALING OF LARGE PERIAPICAL LESIONS BY CBCT SCAN.

**Aim:** Volumetric comparison of lesion healing rates with the help of CBCT in single-rooted mandibular teeth with large periapical lesions and root canal treatments using different irrigation activation methods.

**Material and Method:** Systemically healthy 56 male/female patients with mandibular single-rooted teeth with PAI (periapical index score) of 3 or higher were included in the study. After the periapical lesion volumes were determined by CBCT before the procedure, the patients were randomly divided into 3 study and control groups (n=14). Root canal treatments were performed in the study group by applying different activation methods with PUI, SWEEPS, and MDA. In the control group, irrigation was done with the traditional syringe method and no activation was applied. Control was done with clinical evaluations with 3-6-9-12 months follow-up. Changes in lesion volumes before treatment and after the 12th month follow-up were made with 3D volume calculation via ITK SNAP. Pre-procedure and follow-up values were statistically analyzed with the Wilcoxon test.

**Results:** In all groups, pre-treatment lesion volume averages were found to be statistically significantly higher than post-treatment volume averages ( $p=0,001$ ). In terms of pre-treatment lesion volume averages, the SWEEPS (210,4 mm<sup>3</sup>) group was found to be statistically significantly higher than PUI (158,3 mm<sup>3</sup>). In our study, lesion healing percentages were found to be SWEEPS (%86,9) > PUI (%85,4) > MDA (%80,4) > Conventional syringe (%74,5) by volume. However, there was no statistically significant difference between the groups in terms of lesion changes ( $p>0,05$ ). No growth was detected in lesion volumes after treatment in any of the groups.

**Conclusion:** Although there was no statistically significant difference between the percentages of lesion change during the 1-year follow-up, the volumetric healing of the periapical lesion was the highest in the SWEEPS group with %86,9, while the lowest improvement was observed in the conventional syringe group with %74,5. It can be thought that well-filled root canals and a correct hermetic occlusion are more effective on lesion healing than the irrigation activation method.

**Key words:** Irrigation activation, periapical healing, CBCT



## KISALTMALAR

**%:** Yüzde

**<:** Küçüktür

**>:** Büyüktür

**2D:** İki boyutlu (Two dimensional)

**3D:** Üç boyutlu (Three dimensional)

**Ark:** Arkadaşları

**BT:** Bilgisayarlı Tomografi

**CBCT:** Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (Cone beam computed tomography)

**CHX:** Klorheksidin

**DICOM:** Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim (Digital Imaging and Communications in Medicine)

**EDTA:** Etilendiamintetraasetik asit

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:** Hidrojen peroksit

**KT:** Kanal Tedavisi

**KIBT:** Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi

**LAİ:** Laser-activated irrigation

**MDA:** Manuel Dinamik Aktivasyon

**mL:** Mililitre

**mm:** Milimetre

**mm<sup>3</sup>:** Milimetre küp

**MRG:** Manyetik Rezonans Görüntüleme

**NaOCl:** Sodyum hipoklorit

**PAI:** Periapikal İndeks Skorlama Sistemi

**PİPS:** Photon Induced Photoacoustic Streaming

**Pre-op:** Pre-operatif

**Post-op:** Post-operatif

**PUI:** Pasif ultrasonik irrigasyon

**SAF:** Self Adjusting File

**SWEEPS:** Shock Wave Enhanced Emission Photodynamic Streaming

**USG:** Ultrasonografi



## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Katılımcıların demografik özelliklerine göre dağılımları .....         | 37 |
| <b>Tablo 2.</b> Çalışma gruplarına göre yaşların karşılaştırılması.....                | 37 |
| <b>Tablo 3</b> Tedavi gruplarına göre lezyon hacim ölçümlerinin dağılımları .....      | 38 |
| <b>Tablo 4.</b> Grup içi lezyon hacim ölçüm değerleri.....                             | 39 |
| <b>Tablo 5.</b> Gruplar arası lezyon hacim değişim yüzdelerinin karşılaştırılması..... | 40 |
| <b>Tablo 6.</b> Tedavi sonrası lezyon hacim değişimlerinin sayısal verileri .....      | 41 |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 1.</b> Ultrasonik cihaz (DTE, Guilin Woodpecker Co., Guilin, Guangxi, Çin) ....                                          | 29 |
| <b>Şekil 2.</b> Çalışmada kullanılan Er:YAG lazer (Lightwalker, Fotona, Ljubljana, Slovenya) .....                                | 30 |
| <b>Şekil 3.</b> SWEEPS 600, Fotona.....                                                                                           | 30 |
| <b>Şekil 4.</b> Hastanın lezyonunun işlem öncesi tomografi görüntüsünde ITK SNAP programı ile 3 ayrı kesitte görüntülenmesi ..... | 33 |
| <b>Şekil 5.</b> Lezyonun 3D segmentasyonu ve thresholding ile sınırlarının belirlenmesi                                           | 33 |
| <b>Şekil 6.</b> Hastanın lezyonunun ITK SNAP programında 3 ayrı kesitte boyanması ve 3D görüntüsünün elde edilmesi .....          | 34 |
| <b>Şekil 7.</b> Çalışmaya ait akış diyagram.....                                                                                  | 36 |

## 1.GİRİŞ

Kök kanal tedavisindeki temel amaç; kontamine ve enfekte kök kanallarını en iyi şekilde temizlemek, enfeksiyonun tedavi edilmesi ve ileride meydana gelebilecek enfeksiyonların önüne geçmektir <sup>1</sup>. Çalışmalarda primer kök kanal enfeksiyonlarının etken mikroorganizması anaerobik bakteriler olarak gösterilse de maya mantarları gibi mikroorganizmaların da bu enfeksiyonlarda rol aldığı bildirilmiştir <sup>2</sup>. Bu nedenle pulpa ve periapikal doku hastalıklarında bakterilerin en önemli etken olduğu bilinse de endodontik enfeksiyonların polimikrobiyal enfeksiyonlar olduğu da unutulmamalıdır <sup>3</sup>.

Kök kanal preparasyonu sırasında oluşan debrisler ile ortamda bulunan mikroorganizma ve mikroorganizma ürünleri; kök kanal dolum ajanlarının lateral kanal ve isthmus gibi erişilemeyen alanlara ulaşmasına engel olarak periradiküler dokularda inflamasyona neden olabilirler <sup>4</sup>. Erişilmesi zor alanlar pulpa ve periodonsiyum arasında bakteri ve bakteri ürünleri açısından karşılıklı geçiş yolu oluşturmaktadır <sup>5</sup>.

Bu nedenle kök kanallarındaki enfeksiyon odaklarını etkin olarak uzaklaştırabilmek için kök kanal preparasyonu etkin irrigasyonla kombine olarak gerçekleştirilmelidir <sup>6</sup>. İdeal kök kanal irrigasyon ajanı, geniş antimikrobiyal spektruma sahip olmalı, biyofilmlerde mevcut olan anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalara karşı yüksek etkinlik göstermeli, nekrotik pulpa dokusu kalıntılarını uzaklaştırabilmelidir. Ayrıca bakteri endotoksinlerini etkisiz hale getirebilmeli ve enstrümantasyondan sonra smear tabakasının kaldırılmasını kolaylaştırmalıdır <sup>7</sup>. NaOCl, antimikrobiyal etkisi ve doku çözme özellikleri nedeniyle altın standart olarak değerlendirilmesine rağmen, smear tabakasının inorganik kısmına etkisi yoktur <sup>8</sup>. Bu nedenle NaOCl'nin, preparasyon sonucunda kök kanallarında oluşan smear tabakasının inorganik kısmı üzerinde etkili olan EDTA ile birlikte kullanılması önerilmektedir <sup>9,10</sup>.

Geleneksel şırınga ile irrigasyon günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır <sup>11</sup>. Şırınga ile irrigasyon yönteminde solüsyonun iğne ucundan itibaren en fazla 1-1.5 mm ileriye ulaşabildiği gösterilmiştir <sup>12</sup>. Kök kanal sisteminin kompleks anatomik yapısı düşünüldüğünde apikal bölgeye ve lateral kanallara solüsyon penetrasyonunun yetersiz olduğu görülmektedir <sup>13</sup>. Bu nedenle irrigasyonda kullanılan solüsyonların

kök kanal sisteminin kompleks yapısına erişilebilirliğini artırmak amacıyla konvansiyonel yöntemlere ek olarak farklı aktivasyon teknikleri geliştirilmiştir <sup>14</sup>.

Aktivasyon yöntemlerinden biri olan manuel dinamik aktivasyonda, kanal preparasyonu bittikten sonra uyumlu olan guta perkanın ileri geri hareket ettirilmesi ile yapılır. Bu yöntem maliyet anlamında avantaj sağlamaktadır <sup>15</sup>.

Aktivasyon için üretilen sistemlerden biri ultrasoniklerdir. İlk üretildiklerinde kesici uç ile kullanıldıklarında şekillendirmeye de katkıda bulunduğu gösterilse de zamanla yapılan çalışmalar birtakım hatalara neden olabileceklerini göstermiştir <sup>16</sup>. Bu sebeple pasif uçlu ultrasonik sistemler aktivasyonda kullanılmaya başlanmıştır. Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI), akustik enerjinin bir eğe veya düz tel vasıtasıyla kök kanalındaki irrigasyon solüsyonuna iletilmesine dayanır. Enerji, ultrasonik dalgalar aracılığıyla iletilir ve solüsyonun akustik akışını artırarak etkin bir aktivasyon sağlar <sup>17</sup>.

Güncel çalışmalarda İrrigasyon solüsyonlarının etkisini artırmak için lazer sistemlerinin kullanılması önerilmiştir. Özellikle Nd:YAG ve Er:YAG lazerler günümüzde sıklıkla irrigasyon aktivasyonu amacıyla kullanılmaktadır<sup>11</sup>. Yapılan bir çalışmada Nd:YAG lazerle irrigasyon aktivasyonunun *E. faecalis* bakterisi üzerinde yüksek oranda etkili olduğu gösterilmiştir <sup>18</sup>. Yasuda ve arkadaşları ise Nd:YAG ve Er:YAG lazerin kontamine kök kanal sistemindeki antibakteriyel etkinliğini incelemişler ve Er:YAG lazeri daha başarılı bulmakla birlikte her iki lazer sisteminin de kontamine kök kanal sisteminde bakterisidal etkinliğe sahip olduğunu bildirmişlerdir <sup>19</sup>.

Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma Yöntemi (PIPS), ER:YAG lazer ile kullanılan, radyal ve şerit şeklinde tasarlanmış fiber uç ile uygulanarak kök kanallarından bakteri ve smear tabakasını uzaklaştırmayı hedefleyen spesifik bir lazer aktivasyon yöntemidir <sup>20</sup>. Bu yöntemde solüsyonda görülen patlayan baloncuklar kavitasyon etkisi yaratır <sup>21</sup>. ER: YAG lazerin fiber uçla ve daha kısa atım darbeleriyle kullanılması SWEEPS yöntemini geliştirmiştir. Auto-SWEEPS modu 200-600 mikrosaniye aralığında gecikme ile lazer çiftleri sunar <sup>22</sup>. Böylece kök kanallarında dezenfeksiyonun artması amaçlanır <sup>23</sup>.

CBCT (konik ışınli bilgisayarlı tomografi), maksillofasiyal iskeletin 3 boyutlu taramalarını üreten baş ve boyun görüntüleme için özel olarak tasarlanmış bir

ekstraoral görüntüleme cihazıdır. Güncel yayınlarda CBCT'nin periapikal periodontitisi saptamada periapikal radyografiden daha doğru sonuçlar verdiği gösterilmiştir <sup>24</sup>. Özellikle anatomik komşuluk riski bulunan geniş kist benzeri periapikal patolojilerin CBCT görüntüleme ile daha ayrıntılı sonuçlar verdiği tespit edilmiş ve teşhis için önerilmiştir <sup>25</sup>. Yapılan literatür taramasında, rutin olarak kullanılan farklı irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin smear tabakasının kaldırılması, kullanılan kanal patlarının penetrasyonu, irrigasyon solüsyonlarının penetrasyonu, kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması ve post operatif ağrı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ancak irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin periapikal lezyonların iyileşmesi üzerine etkileri araştırılmamıştır <sup>26-29</sup>.

Bu çalışmanın amacı; farklı irrigasyon yöntemleri kullanarak (MDA, PUI, SWEEPS, geleneksel şırınga) büyük periapikal lezyona sahip tek köklü mandibular dişlerde 1 yıllık takip sonucunda iyileşme oranlarının CBCT görüntüleme ile hacimsel olarak karşılaştırılmasıdır. Başlangıç hipotezi; farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin lezyon iyileşmesine etkisi açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmadığı üzerine kurulmuştur.

## **GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Pulpa ve Periapikal Doku Hastalıkları**

#### **Pulpa Dokusu Hastalıkları**

- \*Geri Dönüşümlü pulpa iltihabı (Reversible Pulpitis)
- \*Geri Dönüşümsüz pulpa iltihabı (İrreversible Pulpitis) —
- \*Pulpa Nekrozu

#### **Periapikal Doku Hastalıkları**

- \*Semptomatik Apikal Periodontitis
- \*Asemptomatik Apikal Periodontitis
- \*Akut Apikal Apse
- \*Kronik Periapikal Apse
- \*Kondensing Osteitis<sup>30</sup>

### **2.2. Apikal periodontitis**

Apikal periodontitis periapikal bölgenin inflamatuvar lezyonudur ve mikrobiyal etkenlerin enfekte veya nekrotize olmuş pulpadan periradiküler alana ulaşmalarının sonucunda meydana gelir <sup>31</sup>. Mikrobiyal etkenlere immün yanıt verilmesi sonucunda periapikal bölgede gerçekleşen doku yıkımı ile periapikal lezyonlar oluşur<sup>32</sup>. Meydana gelen bu lezyonların klinikte en çok karşımıza çıkan bulguları periapikal bölgedeki radyölüensilerdir <sup>33</sup>.

#### **Klinik Özellikleri**

##### **2.2.1. Akut Apikal Periodontitis (AAP)**

Periradiküler bölgede perküsyon, palpasyon ve ısırma sonucu ağrılı yanıt gibi klinik semptomların görüldüğü bir enflamasyon olarak tanımlanır <sup>34</sup>. Dişler vitalite testlerine pozitif veya negatif yanıt verebilir. Radyografik değerlendirmede , periapikal bölgede sert doku yıkımı gözlenmezken periodontal ligament aralığında genişleme görülür <sup>35</sup>.

##### **2.2.2. Kronik Apikal Periodontitis (KAP)**

Kronik apikal periodontitis, kök kanalı içindeki mikrobiyal ürünlerin periradiküler bölgeye ulaşarak komşu kemik dokuda harabiyetine neden olan, vücudun immün yanıtının dirençli inflamatuvar etkenlere uyum sağladığı ve alınan radyografik filmde ilgili dişin periradiküler bölgesinde radyölüsent alanla karakterize bir hastalıktır <sup>36</sup>. Hastalıkta klinik semptom gözlenmez <sup>34</sup>. Rezorpsiyon sahası iyi sınırlıdır ve lamina duranın bütünlüğü bozulur, diş vital pulpa testlerine negatif yanıt



verir <sup>37</sup>. Kronik apikal periodontitisli dişin çevresindeki radyolüsent bölge histolojik açıdan kist veya granülom olarak adlandırılır. Ancak geleneksel radyografik görüntülemeler bunları histolojik anlamda teşhis edemez <sup>38</sup>.

### **2.3. Hastalığın Tedavisi ve Lezyon İyileşmesi**

Endodontik tedavi, apikal kemik ve periapikal doku onarımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır <sup>39</sup>. Apikal periodontitis, hastalığa neden olan mikrobiyal floranın apikal bölgeden uzaklaştırılması ile tedavi edilir. İnatçı enfeksiyonların varlığında bölgenin yetersiz kanlanması nedeniyle sistemik antibiyotik uygulamaları ve konak savunması iyileşme için yetersiz olabilmektedir <sup>40</sup>. Kanal tedavisi sonrası bölgede granülasyon dokusu meydana gelir ve periapikal alana gelen makrofajlar nekrotik artıkları ve bakterileri ortamdaki uzaklaştırır. Böylece tam iyileşme ile kemik tamiri ya da kısmi iyileşme olarak adlandırılan bağ dokusu ile iyileşme gerçekleşir <sup>36</sup>.

Yapılan bir çalışmada taşkın dolum ve preoperatif kortikal kemik defekti mevcudiyetinin periapikal doku iyileşmesini olumsuz etkileyebileceği gösterilmiştir <sup>41</sup>.

#### **2.3.1. Kök Kanal Tedavisi (KKT)**

Kök kanal tedavisinin (KKT) amacı, nekrotik artıkları kök kanal kompleksinden temizleyerek periradiküler yapıların onarımını ve ilgili dişin ağızda kalımını sağlamaktır <sup>42</sup>. Günümüzde KKT’de yüksek başarı oranı bildirilmiştir ve bu yüksek başarı oranı toplumun oral sağlık düzeyinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır <sup>43</sup>.

Tek başına mekanik temizlik kök kanallarının bakterilerden tamamen arındırılması için yeterli olmamaktadır <sup>44</sup>. Endodontik tedavide kullanılan dezenfektanların kök kanal kompleksinin karmaşık yapısı ele alındığında tam anlamıyla her alana erişemeyerek uygun temizliği sağlayamadığı bilinmektedir. Ayrıca erişilmesi zor olan söz konusu alanlara yerleşen biyofilmin uzaklaştırılamaması problemi ile karşılaşilmektedir <sup>45,46</sup>. Bunun yanı sıra preparasyon sonrası kök kanalının tam anlamıyla temizlenmesini zorlaştıran ve dolum materyallerinin dentin tübüllerine adaptasyonuna engel olan bir tabaka meydana gelmektedir. Bu tabakaya smear tabakası olarak adlandırılır <sup>47</sup>.

İdeal bir irrigasyonda, kök kanal kompleksinin ulaşlamayan bölgelerine irrigasyon ajanının penetre olması, bu antimikrobiyal ajan ile kök kanalları içerisine yerleşen biyofilm ve smear tabakasının ortadan kaldırılması hedeflenmektedir <sup>48</sup>.

#### **2.4. Kök Kanal Tedavisinde İrrigasyon**

Endodontide irrigasyon mekanik, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç şekilde olmaktadır. Mekanik ve kimyasal irrigasyonda amaç şu şekildedir;

\*debrisi uzaklaştırmak,

\* kanalı ıslatmak,

\*organik ve inorganik dokuyu çözmek ve preparasyon sonrasında oluşan smear tabakası oluşumunu engellemek.

İrrigasyon ajanlarının biyolojik işlevi ise antimikrobiyal etkileriyle ilgilidir. İdeal irrigasyon ajanı; biyofilmdeki anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalara karşı yüksek etkinlikte olmalı, endotoksinleri inaktive etme yeteneği bulunmalı, dokularla temas ettiğinde toksik olmamalı ve anaflaktik reaksiyona neden olma riski düşük olmalıdır <sup>48</sup>.

Günümüzde NaOCl, EDTA, Klorheksidin (CHX), Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ve değişken irrigasyon ajanlarının kombinasyonları klinikte tercih edilmektedir <sup>47</sup>.

##### **2.4.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)**

NaOCl yüksek antibakteriyel etkisi, organik dokuları çözebilme kabiliyeti, dentin penetrasyonunun iyi olması, maliyetinin düşük olması, lubrikant etkisi gibi avantajlarından dolayı klinikte tercih edilmektedir <sup>49</sup>. Yüksek pH(11-12,2) NaOCl' ye geniş antimikrobiyal etkinlik kazandırmaktadır <sup>50</sup>.

NaOCl'nin kök kanal kompleksindeki organik doku çözücü ve antibakteriyel etkisi; NaOCl'nin ısıtılması, mekanik olarak aktive edilmesi ve etkin konsantrasyon oranının yükseltilmesi ile artırılabilir <sup>51</sup>.

##### **2.4.2. EDTA (Etilen diamin tetra asetik asit)**

Etilen diamin tetra asetik asit(EDTA) smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırmak amacıyla kullanılmaktadır <sup>50</sup>. EDTA gibi şelatör ajanlar, Ca<sup>2+</sup> iyonlarının yerine dentin ile birleşerek mineralize dokular üzerinde etki gösterir <sup>52</sup>.

Kuah ve ark, EDTA ve mekanik aktivasyon amacıyla ultrasoniklerin birlikte kullanıldığı 1 dakikalık uygulamanın, kök kanalındaki smear tabakasının ve debrisin uzaklaştırılması için etkili olduğunu göstermiştir <sup>53</sup>.

### 2.4.3. Klorheksidin (CHX)

Klorheksidin (CHX), endodontik bir irrigasyon ajanı ve medikament olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Tat ve kokusunun hastalar tarafından tolere edilebilmesi, antimikrobiyal-antifungal etkisi ve bu etkisini bir süre daha devam ettirebilmesi, biyouyumlu olması ve bakteri lipopolisakkaritlerine etkinliği nedeniyle NaOCl' ye alternatif olarak düşünülmüştür <sup>54</sup>. Klorheksidin düşük konsantrasyonda bakteriyostatik, yüksek konsantrasyonda ise bakteriosidal etkinlik göstermektedir<sup>36</sup>. Yapılan bir çalışmada %2'lik CHX ve %5,25'lik NaOCl solüsyonlarının antimikrobiyal etkinlikleri arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir <sup>55</sup>. Organik doku çözücü etkinliğinin bulunmamasından dolayı tam anlamıyla NaOCl' nin yerini alamamaktadır <sup>56</sup>.

### 2.4.4. Hidrojen peroksit (H2O2)

H2O2 endodontide %3 ile %5 arasında değişkenlik gösteren konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Virüs, bakteri ve mantarlara karşı antimikrobiyal etkinlik göstermektedir. Serbest hidroksil radikalleri ile bakteride DNA ve protein hasarına neden olmaktadır. Antibakteriyel ve doku çözücü etkinliği NaOCl'den daha düşüktür ve NaOCl' nin yerini tutamamaktadır <sup>48</sup>.

## 2.5. Endodontide İrrigasyon Aktivasyonu

Preparasyon ile erişilemeyen isthmus ve lateral kanal gibi temizlenemeyen alanlar debris, mikroorganizmalar ve onların ürünlerinden kaynaklı olarak kök kanal dolum materyalinin sağlıklı bir şekilde penetrasyonunu engeller ve apikal bölgede inflamasyona neden olabilir <sup>57,58</sup>. Dolayısıyla kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için mekanik preparasyona ek olarak irrigasyon ajanları kullanılmalıdır <sup>59</sup>.

Kök kanal preparasyonunun ana amacı; irrigasyon ajanının etkisini artırmak, uygun dezenfeksiyon sağlamaktır. Güncel eğe sistemlerinin gelişmesiyle beraber kök kanal şekillendirmesi güncel yöntemlerde daha düşük ebat ve koniklik açısında gerçekleştirildiğinden kök kanal genişletme süresi kısalmıştır, ve bu irrigasyon solüsyonlarının etkisini azaltmaktadır <sup>60</sup>. Bu sebeple irrigasyon solüsyonlarının daha etkili olabilmeleri için aktive edilmeleri gerekmektedir <sup>61</sup>.

### İrrigasyon Aktivasyon Yöntemleri

Geleneksel irrigasyon teknikleri ile irrigasyon solüsyonu iğne ucundan itibaren en fazla 1-1,5 mm ötesine ulaşabilmektedir. Bu mesafe kök kanal kompleksinin karışık

yapısı düşünüldüğünde yetersiz kalmaktadır. Ulaşılamayan alanların etkin dezenfeksiyonu ve mikroorganizmaların kanaldan temizlenebilmesi için birçok irrigasyon aktivasyon yöntemi tercih edilmektedir <sup>62</sup>.

İdeal bir irrigasyon aktivasyonunda, mekanik temizlik ile ulaşılamayan dezenfeksiyonu zor alanlara kadar ulaşılmalı ancak solüsyonun kök kanal sisteminin dışına taşmasından kaçınılmalıdır <sup>63</sup>. İrrigasyon ajanının penetrasyonunu ve etkinliğini artırmak için birçok irrigasyon aktivasyon yöntemi geliştirilmiştir. Sonik ve ultrasonik aktivasyon ve lazerli aktivasyon yöntemlerinin dışında geleneksel enjektörler ile gerçekleştirilen irrigasyon gibi klasik yöntemler de kullanılmaktadır <sup>11,64</sup>.

### **2.5.1. Manuel Aktivasyon Teknikleri**

#### **2.5.1.1. Geleneksel Şırınga İrrigasyonu (Geleneksel irrigasyon):**

Geleneksel şırınga irrigasyonu endodontinde sık tercih edilen bir yöntemdir. Bu irrigasyon yönteminde değişken çaptaki enjektör uçlarının kök kanalında ileri geri hareketleriyle etkin dezenfeksiyon amaçlanmaktadır. Bu teknikte karşılaşılabilecek temel problem ucu açık olan enjektör iğnesine fazla basınç uygulaması nedeniyle irrigasyon solüsyonunun periapikal bölgeye taşmasıdır. Apikalden taşan NaOCl çevre dokularda ülserasyon ve hemolize sebep olur <sup>65</sup>. Kapalı uçlu ve yandan perfore enjektör ucu irrigasyon ajanının aktivasyonunu artırmak ve apikalden taşma ihtimalini düşürmek için tasarlanmıştır. İrrigasyon aşamasında enjektörün kök kanalı içinde sıkışmamasına önem gösterilmelidir. Bu, solüsyonun periapikal bölgeye taşkınlığını engellerken, preparasyon sonucu oluşan debrisin irrigasyon ajanıyla beraber kanaldan daha rahat uzaklaştırılmasına izin vermektedir <sup>11</sup>.

Geleneksel şırınga irrigasyonunun dezavantajı ise enjektör ucunun çapı nedeniyle irrigasyon solüsyonunun apikal bölgede etkin dezenfeksiyon sağlayamamasıdır <sup>60</sup>.

#### **2.5.1.2. İrrigasyon Fırçaları:**

Fırçalar, kanaldaki debrisi etkili bir şekilde uzaklaştırmak ve irrigasyon ajanının aktivasyonunu sağlamak amacıyla üretilmiş olup; solüsyonun kanala ulaştırılmasında görevli değildir <sup>11</sup>. NaviTip FX (Ultradent Products Inc., Güney Ürdün, UT) ve Endobrush (C&S Microinstruments Ltd., Markham, Ontario, Kanada) en bilinen iki irrigasyon fırça türüdür. Bu fırçalar kanal içi düzensizliklere ulaşarak debrisin çıkarılmasına yardımcı olmaktadır <sup>66</sup>.

### **2.5.1.3. Manuel Dinamik Aktivasyon (MDA):**

Preparasyonu tamamlanan kanallarda kanala uyumlu bir guta perkaya kök kanal çalışma boyunda 2-3 mm gagalama hareketleri yaptırılarak irrigasyon solüsyonunun apikal bölgeye ulaştırıldığı bir yöntemdir. Bu ileri geri yapılan gagalama hareketi ile kanalda basınç farklılıkları oluşturulmakta ve solüsyonun daha çok yüzeyle temas etmesi sonucu dezenfeksiyonun etkinliği arttırılmaktadır. Ekonomik ve ulaşılabilir bir yöntem olması nedeniyle endodontide sıklıkla tercih edilmektedir <sup>11</sup>.

Avantajlarının yanı sıra el gücü gerektirmesinden kaynaklı zorluklar ve zaman kaybı gibi dezavantajları bulunmaktadır. Mevcut dezavantajları pratikte rutin anlamda tercih edilmesini engellemektedir. Bu sebeple solüsyon aktivasyonu amacıyla üretilmiş el gücü gerektirmeyen cihazlar daha çok kullanılmaktadır <sup>67</sup>.

### **2.5.2. Mekanik Aktivasyon Teknikleri**

#### **2.5.2.1. Döner Aletlerle Kullanılan Fırça Aktivasyonu**

Bu yöntemde anguldurvaya takılan mikro fırçalar kullanılarak fırçanın kök kanalı içindeki düzensiz alanlara ulaşması ve debrisin kanaldan uzaklaştırılması sağlanmaktadır<sup>11</sup>. Bu tür aktivasyon yöntemlerinde kullanılan CanalBrush'ın irrigasyon ajanı ile birlikte kullanılması sonucu; modelde simüle edilmiş olan kanallarda ve düzensizliklerinde debrisin etkili bir şekilde kanaldan kaldırıldığı belirtilmiştir <sup>67</sup>.

#### **2.5.2.2. Kök Kanal Preparasyonu Sırasında İrrigasyon Aktivasyonu**

##### **Quantec-E İrrigasyon Sistemi**

Bu sistemde kök kanalının döner aletlerle preparasyonu süresince devamlı irrigasyon hedeflenmektedir. Bu sistem ile solüsyonlarının kanal içindeki kullanım süresi ve miktarının artırılması amaçlanmıştır <sup>68</sup>.

Quantec-E ve geleneksel şırınga irrigasyonu arasında debris ve smear tabakası uzaklaştırma bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır <sup>68,69</sup>.

##### **Self Adjusting File (SAF)**

Bu aktivasyon yönteminde kanal anatomisine adapte olarak kanal duvarlarından minimum ve homojen miktarda dentin dokusu kaldırarak kanalın dezenfeksiyonu hedeflenmektedir <sup>70</sup>. Eğe silindir ve içi boş bir kafes formunda üretildiğinden eğenin iç kısmında herhangi bir solüsyon kaynaklı basınç oluşmamaktadır. Bu eğeler oldukça esnek ve sıkıştırılabilir olarak üretilmiştir.

Kendisine özel RDT başlık ile kullanılan bir eğeden ve içi boş silindirik bir kafes formundaki eğenin içinden devamlı bir solüsyon akışı sağlayan irrigasyon pompasından (VATEA pompası) meydana gelmektedir <sup>71</sup>.

Bu sistem ile yapılan kök kanal preparasyonu ve dezenfeksiyonunun kanallardaki bakteri yükünü azaltmada etkili olduğu ancak ilave irrigasyon aktivasyon yöntemlerine gerek duyulduğu belirtilmektedir <sup>72</sup>.

### **XP-Endo Finisher**

XP-Endo Finisher (FKG, Dentaire SA La Chaux-de-Fonds, İsviçre) kök kanal kompleksinin preparasyon işlemlerinin ardından kullanılan irrigasyon ajanlarının gücünü artırmak için üretilmiş bir eğe sistemidir <sup>73</sup>.

MaxWire teknolojisi ile üretilmiş bir alaşımdan meydana gelmiştir. Şekil hafızasından dolayı oda sıcaklığında düz iken (Martensite-fazında); vücut sıcaklıklarında düz yapısını kaybederek Austenite fazına geçiş yapmaktadır. Bu faz değişikliği ile ulaşılması zor alanlarda etkin dezenfeksiyon sağlamaktadır <sup>74</sup>. Kanal içinde etkinleştirildikten sonra solüsyonda oluşturduğu basınç değişiklikleri ile aktivasyonu sağlayarak bakteri eliminasyonunu gerçekleştirmektedir <sup>75</sup>.

Yapılan çalışmalarda bu aktivasyon yönteminin kullanılması kök kanallarındaki bakteriyel yükü azaltmada etkili bulunmuştur <sup>76,77</sup>.

### **Ardışık Düzenli Basınç Oluşturan Cihazlar**

RinsEndo (Dürr Dental GmbH & Co, Bittigheim-Bissingen, Almanya) ve EndoVac (Discus Dental, Kalkiforniya, ABD) irrigasyon aktivasyonunu geliştirmek amacıyla kök kanal sisteminde ardışık düzenli basınç oluşturarak çalışan iki sistemdir.

RinsEndo sistemi basınç-negatif aspirasyon tekniği ile solvent aktivasyonu sağlar. Irrigasyon ajanı bir enjektör ile kök kanal boşluğuna iletilirken kanül aracılığıyla boşluktaki irrigasyon solüsyonu kanaldan geri toplanır; bu döngü 1 dakika içinde yaklaşık olarak 100 defa gerçekleşmektedir <sup>15</sup>. RinsEndo sisteminde solüsyon (6,2 ml/dk) yaklaşık 1 Hz'lik titreşimlere maruz kalmaktadır <sup>78</sup>. Geleneksel irrigasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında dentin tübüllerine penetrasyonunun başarılı olduğu gözlemlenmiştir <sup>79</sup>.

McGill ve ark. ise yaptıkları bir çalışmada RinsEndo 'nun manuel dinamik aktivasyona karşı bir üstünlüğü olmadığını belirtmiştir <sup>15</sup>.

EndoVac oluşturduğu negatif basınçla irrigasyon solüsyonunu sürekli apikalden aspire ederek aktivasyon sağlayan bir sistemdir <sup>11</sup>. Kök kanal irrigasyonunda bu sistemin tek başına kullanılmasının *Enterococcus faecalis* sayısını azalttığı belirtilmiştir <sup>80</sup>. Başka bir çalışmada geleneksel şırınga irrigasyonu ile EndoVac sistemi apikal bölgeden smear tabakasını uzaklaştırma açısından karşılaştırılmış ve EndoVac daha başarılı bulunmuştur <sup>81</sup>. Bu çalışmaların aksine Yılmaz ve ark. EndoVac ve RinsEndo aktivasyon sistemlerinin smear tabakasını uzaklaştırma yeteneklerini manuel dinamik aktivasyon, NaviTip FX, Canal Brush, sonik aktivasyon ve geleneksel şırınga irrigasyon yöntemi ile karşılaştırdıkları çalışmada daha etkin olmadıklarını bildirmişlerdir <sup>82</sup>.

### **2.5.3. Sonik ve Ultrasonik Aktivasyon Sistemleri**

#### **2.5.3.1. Sonik Aktivasyon Teknikleri**

Endodontide sonik sistemler ilk olarak 1985 yılında Tornstad ve ark tarafından önerilmiştir <sup>64</sup>. Bu sistemler 1-6 kHz aralığındaki frekansta döngüsel hareket yapmaksızın, yatay yönde verilen enerji ile çalışmaktadırlar <sup>83</sup>.

Günümüzde endodontide sonik aktivasyon yapan EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, ABD), Vibringe (Vibringe B.V. Corp., Amsterdam, Hollanda) ve EDDY (VDW, Münih, Almanya) gibi farklı sistemler bulunmaktadır.

EndoActivatör farklı boyutlarda polimer uçlardan oluşan sonik aktivasyon cihazıdır<sup>84</sup>. EndoActivator sisteminde sonik enerji sonucu ileri ve geri hareketlerden kaynaklı bir hidrodinamik aktivasyon meydana gelir ve solüsyonun ulaşamayan alanlara penetre olması hedeflenir <sup>11</sup>. Kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra kanal içinde rahat hareket edebilen polimer uç kullanımının dezenfeksiyon etkinliğini artırdığı belirtilmiştir <sup>85</sup>.

Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda), irrigasyon solüsyonunu kanala manuel olarak ileterek sonik enerjiyle(2-3 kHz) birleştirerek aktivasyon sağlayan bir sistemdir <sup>78</sup>. Vibringe aktivasyon sistemi, pasif ultrasonik aktivasyon ve geleneksel şırınga irrigasyonunun kanaldan debris uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada; Vibringe aktivasyon yönteminin pasif ultrasonik aktivasyondan daha az, geleneksel şırınga irrigasyonundan ise daha etkin olduğu bulunmuştur <sup>78</sup>.

Diğer bir sonik irrigasyon aktivasyon cihazı olan Eddy (VDW, Münih, Almanya) ise 6 KHz frekansta çalışan herhangi bir kesiciliğe sahip olmayan tek kullanımlık polimer bir uca sahip olan cihazdır. Yapılan bir çalışmada Eddy'nin pasif ultrasonik aktivasyonla(PUI) smear tabakasını uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmış ve benzer sonuçlar alındığı belirtilmiştir <sup>86</sup>. Yine başka bir çalışmada Conde ve ark. organik dokuların uzaklaştırılmasında EndoActivator ve Eddy etkinliğini karşılaştırmışlar ve bu iki cihazın da organik doku kaldırmada etkili olduğunu ancak ikisi arasında anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir <sup>87</sup>. Farklı aktivasyon yöntemlerinin irrigasyon solüsyonunun dentin tübüllerine penetrasyon etkinliklerinin karşılaştırıldıkları çalışmada; Eddy'nin geleneksel şırınga irrigasyonundan daha etkin olduğu ancak PUI kadar etkili olmadığı tespit edilmiştir <sup>88</sup>.

Kök kanallarında kullanımları sonucu mikrobiyal yükün azaltılmasında ise PUI'ye üstünlüğü yapılan bir çalışma ile gösterilmiştir <sup>89</sup>. Eddy organik doku çözme etkisinin PUI'den daha başarılı olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur <sup>87,90</sup>.

#### **2.5.3.2. Ultrasonik Aktivasyon Teknikleri**

Endodontide ultrasonikler, 1957'de Richman tarafından tanıtılmış ve günümüzde irrigasyon aktivasyonunda sıklıkla tercih edilmektedir <sup>91</sup>. Bu cihazlar 25-30 kHz frekanslarında kullanılmaktadırlar. Kanal içinde konumlandırılan ultrasonik ucu boyunca “node” ve “anti-node” alanları meydana getirerek yatay salınım mekanizması ile etki gösterirler <sup>92</sup>. Literatürde iki çeşit ultrasonik irrigasyon yöntemi tanımlanmıştır. Birincisi, irrigasyon ve enstürmantasyonun kombine ve eş zamanlı olarak uygulanmasıyla aktivasyon sağlar. İkincisinde ise enstürmantasyon yapılmadan madde kaybı kontrol altına alınmıştır. Bu yöntem pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) olarak bilinmektedir. Birinci sistemde madde kaybının kontrol edilememesi ve kullanım sonrası kanal morfolojik yapısında değişiklikler oluşturması nedeniyle söz konusu yöntem klinikte yaygın olarak kullanılmamaktadır <sup>92</sup>.

PUI ile irrigasyon altın standart olarak kabul edilmektedir <sup>90</sup>. Günümüzde en yaygın kullanılan aktivasyon sistemlerinden biri olan PUI, hidrodinamik aktivasyon sağlayarak bir akustik akış oluşturmada ve ürettiği kabarcıklarla kavitasyon etkisini artırarak dezenfeksiyona katkı sağlamaktadır. Teknik uygulanırken küçük çaplı uçlar kök



kanal duvarlarına temas etmemeli ve kanal içinde apikal bölgeye yakın konumda kullanılmalıdır <sup>61</sup>.

Kullanılan ultrasonik ucun çapının küçük olması ve kanal içinde rahatça salınım yapabilmesinin aktivasyonu artırdığı düşünülmekte ve bu yüzden #20 çapından daha büyük boyutta uçların kullanılması PUI'nin kullanım prensipleri arasında yer almamaktadır <sup>93</sup>.

PUI, ultrasonik cihazın kendisinden devamlı bir solüsyon ile sağlanan ultrasonik aktivasyon ve şırınga ile kanala solüsyon gönderilerek sağlanan aralıklı ultrasonik aktivasyon şeklinde uygulanabilir <sup>93</sup>. Her iki uygulamanın da temizlik yeterliliğinin değerlendirildiği çalışmada benzer kapasitede oldukları bildirilmiştir <sup>94</sup>.

Ultrasonik cihazlarla aktive edilmesi sonucu sıcaklığı artan sodyum hipokloritin daha temiz bir kök kanal sistemi oluşturduğu düşünülmektedir <sup>95</sup>.

PUI'nin konvansiyonel şırınga irrigasyon yöntemine kıyasla biyofilm, debris ve doku artığı uzaklaştırma etkinliğinin daha fazla olduğu bildirilmiştir <sup>85</sup>. Ultrasonik ve sonik sistemlerinin debris uzaklaştırma kapasitelerinin değerlendirildiği çalışmalarda ultrasonik sistemlerin daha başarılı olduğu gösterilmiştir <sup>96,97</sup>.

PUI, konvansiyonel şırınga irrigasyonu ve Photon Induced Photoacoustic Streaming (PIPS) sistemlerinin apikalden debris ekstrüzyon miktarlarını araştıran bir çalışmada; PUI, PIPS ve geleneksel şırınga irrigasyonu arasında anlamlı fark bulunmadığı bildirilmiştir <sup>98</sup>.

#### **2.5.4. Lazer Destekli Aktivasyon**

Endodontide kök kanallarından smear tabakasının ve oluşan debrisin uzaklaştırılmasıyla beraber kök kanal solüsyonlarının aktivasyonunu sağlamak amacıyla lazerlerin kullanımı tercih edilmektedir <sup>99</sup>. Solüsyonların lazer destekli aktivasyonlarındaki mekanizma; kendisine özel fiber uçtan yayılan ısıнын solüsyonla teması sonrası buhar oluşumuna neden olması ve bu oluşan buhar kabarcıklarının genişleyerek patlaması sonucu solüsyonunun aktivasyonuna neden olması esasına dayanmaktadır <sup>100</sup>.

Endodontide irrigasyon solüsyonlarının lazer destekli aktivasyonu amacıyla Er:YAG, Nd:YAG, Cr:YSGG, Er, CO2, Argon, Diyot lazerler tercih edilmiştir <sup>101</sup>.

Er:YAG lazerlerin sert dokularda mevcut olan suya afiniteleri olduğu için su tarafından emilerek dokulara çekilirler ve dokularda oluşturdukları basınç dokuların parçalanmasına neden olur<sup>102</sup>. Güncel Er: YAG irrigasyon protokolünde fiber uç, giriş kavitesinde veya kanala yerleştirilmeden kanalın hemen üzerinde konumlandırılarak 10-20 mJ gücünde düşük darbe enerjisi ve kısa darbe uzunluğu (50 µs) ile kullanılmaktadır<sup>20</sup>. Bir çalışmada apikal bölgede oluşan debrisin PUI, manuel dinamik aktivasyon ve Er:YAG lazer destekli aktivasyonu ile kök kanalından uzaklaştırılması incelenmiş ve Er:YAG lazer destekli aktivasyonunun diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu belirtilmiştir<sup>103</sup>.

Lazerler, yüksek enerjilerde kullanımları ve neden oldukları yüksek ısı sebebiyle dokular üzerinde yıkıcı değişikliklere neden olabilmektedir<sup>104</sup>.

Lazer ve doku arasındaki biyofiziksel olaylar, absorbe edilen lazer ışınının fotomekanik ve fototermal etkileşimlerine göre şekillenir. Fotokimyasal etki, lazer ışınının ışığa duyarlı yapılar tarafından emilmesinin ardından oluşan kimyasal reaksiyonun bir neticesidir. Fototermal etki ise lazer enerjisinin ısısı dokuya zarar verebilecek seviyeye ulaştığında ortaya çıkar. Termal genleşmeler son derece hızlı gerçekleşerek akustik dalgalara ve dokuda yıkımlara neden olabilir<sup>105</sup>.

Son araştırmalara bakıldığında’’Foton İndüklenmiş Fotoakustik Dalgalanma’’ (PIPS) ve SWEEPS (Şok dalgası ile geliştirilmiş emisyon foto-akustik akım) adında Er:YAG lazerin yeniden tasarlanması sonucunda konik ve radyal bir uçla çalışan yöntemler geliştirilmiştir. PIPS terimi ise, Enrico Divito (2006) tarafından tanıtilen bir kısaltma şeklidir<sup>106</sup>.

Lazer ucunun kökün apikal kısmında konumlandırılabilmesi için belirli bir kanal genişletmesine ihtiyaç duyulan geleneksel lazer destekli irrigasyon (LAI) tekniğinin aksine, PIPS ve SWEEPS irrigasyon yöntemlerinde özel fiber ucun sadece giriş kavitesine yerleştirilmesi yeterlidir<sup>107</sup>.

PIPS, solüsyonları aktive etmek için daha düşük enerji seviyelerini (20 mJ) kullanarak dokular üzerindeki olumsuz termal etkileri indirgemeyi amaçlar<sup>108</sup>. Bu teknikte özel radyal fiber uç, kök kanalı boyunca değil kanal orifisinin hemen üzerinde konumlandırılır ve sesten daha hızlı hareket eden hızlı bir şok dalgası oluşturarak kök kanalı boyunca üç boyutlu solüsyon hareketine neden olarak aktivasyon sağlar<sup>109</sup>.

Kök kanal tedavisinde PIPS ile irrigasyon aktivasyonunu değerlendirebilmek amacıyla 2010 yılında bir çalışma yapılmıştır. Er:YAG lazer (Fidelis III, Fotona) kullanılan çalışmada 20 mJ ve 15 Hz' de değerlerinde EDTA solüsyonu aktive edilmiş ve geleneksel şırınga irrigasyonuna göre smear tabakasını kaldırmada daha başarılı bulunmuştur <sup>20</sup>. 70 adet mandibular premolar diş kullanılarak geleneksel şırınga irrigasyonu ile PIPS yöntemini karşılaştıran başka bir çalışmada ise kök kanallarındaki bakteriyel yükü azaltmada PIPS daha başarılı bulunmuştur <sup>110</sup>. Bu çalışmayı destekleyen başka bir araştırmada PIPS aktivasyonu ile *E. faecalis* büyümesinin inhibe edildiği gösterilmiştir <sup>111</sup>.

PIPS yöntemi ile fiber ucun kanal içinde değil yalnızca koronal pulpa odasında konumlandırılması, daha güvenli bir aktivasyon sağlanmıştır <sup>112</sup>.

PIPS kök kanal anatomisinin korunmasını sağlamakla beraber kısa atım süresi ve özel fiber uç tasarımı sayesinde, irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesi için gereken enerjiyi oluştururken, dentinin ablasyonuna neden olacak enerji seviyesinin altındaki seviyede bir enerji üretir <sup>113</sup>.

PIPS tekniğinde kök kanallarında etkin bir dezenfeksiyon yapılabilmesi için irrigasyon solüsyonunun 30 saniye boyunca aktive edilmesi ve ardından çözeltinin dentinle reaksiyona girebilmesi amacıyla dinlenme fazına geçmesi gerekmektedir <sup>114</sup>.

Kanal içinde irrigasyon solüsyonun yetersiz ve az miktarda kullanılması, lazer ucunun kök kanalında yanlış konumlandırılması veya lazerin yüksek enerjide kullanılması termal hasara neden olabilir <sup>115</sup>. Kanalda sürekli solüsyon bulundurma ve özel ucu doğru konumlandırılarak uygun enerji değerlerinde kullanılması PIPS aktivasyon yönteminden verim alabilmek adına önemlidir <sup>116</sup>.

Şok dalgası ile geliştirilmiş emisyon foto-akustik akım (SWEEPS), PIPS tekniğinin etkinliğini artırmak için geliştirilmiş bir Er:YAG lazer modelidir. Çift lazer atım darbesi, SWEEPS modunu PIPS modundan ayıran en önemli farktır. Irrigasyon solüsyonuna belirli sürede iletilen iki ardışık lazer atımının sonucunda, birinci lazer ışınının etkisi ile oluşan kabarcıklar daha hızlı çökerek fotoakustik şok dalgasının kök kanalının ulaşamayan dar kısımlara ulaşmasını sağlar <sup>117,118</sup>.

Buhar kabarcıklarının salınım süresi, pulpa odasının fiziksel özelliklerine ve kök kanalının anatomik yapısı gibi birçok değişkene bağlı olduğundan SWEEPS darbe çiftlerinin arasındaki ideal zaman gecikmesi uygulama esnasında tam olarak

saptanamamaktadır. Bu sınırlamanın üstesinden gelmek için optimum aralığı olan 200-650  $\mu$ s'yi otomatik olarak ayarlayan AutoSWEEPS modu geliştirilmiştir. Bu modda, atımlar arasındaki gecikmeler bu aralıkta tekrarlanır ve her bir döngüde ideal süreye ulaşılarak yüksek irrigasyon aktivasyonu sağlanmaktadır <sup>119</sup>. AutoSWEEPS yönteminin, kök kanalı içinde oluşturduğu basınç miktarı ve dentin tübüllerine irrigasyon ajanlarının penetrasyonunu sağlama konusunda standart tek atım SSP (super short pulse, 50 $\mu$ s atım süresi) yönteminden daha etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, bir laboratuvar ortamında değerlendirildiğinde, AutoSWEEPS modunun debris uzaklaştırma oranının, SSP modundan yaklaşık üç kat daha fazla olduğu gösterilmiştir <sup>119</sup>.

Geleneksel şırınga irrigasyonu, pasif ultrasonik irrigasyon ve SWEEPS aktivasyon yönteminin kırık alet varlığında kanaldan smear tabakası ve debris uzaklaştırma etkinliklerine bakan bir çalışmada PUI ve SWEEPS aktivasyon sistemi başarılı bulunmuştur <sup>120</sup>. Peters ve arkadaşları, SWEEPS ve PIPS aktivasyon yöntemlerinde kullanılan lazer kaynakları ile yaptıkları bir çalışmada bu aktivasyon tekniğinin *Enterococcus faecalis* eliminasyonunda etkili olduğunu belirtmiştir <sup>110</sup>.

Gündoğar ve arkadaşları SWEEPS, PIPS, ultrasonik ve sonik aktivasyon, manuel dinamik aktivasyon sistemlerinin postoperatif ağrı üzerindeki etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada; lazer destekli irrigasyon aktivasyon sistemlerinde daha düşük ağrı skoru gözlemlemişlerdir <sup>121</sup>.

SWEEPS'in önerilen irrigasyon protokolü; kök kanallarının genişletilmesinin ardından her biri 30 saniye süren SWEEPS tarafından etkinleştirilen %17 EDTA ile iki döngü, devamında SWEEPS ile 30 saniye süreyle aktive edilen distile suyla kanalların durulanması, ardından her biri 30 saniye boyunca SWEEPS tarafından aktive edilen %5 NaOCl ile üç döngü ve en az 30 sn dinlenme fazı olarak tanımlanmıştır <sup>122</sup>.

#### **2.5.5. GentleWave Sistemi**

GentleWave Sistemi (Sonendo, Inc, Laguna Hills, CA), kök kanallarını aşırı genişletmeye gerek kalmadan kök kanal kompleksini dezenfekte etmenin güncel bir yolu olarak geliştirilmiştir. GentleWave Sistemi, kök kanalının anatomik yapısından bağımsız olarak tüm kanal sistemini dezenfekte etmek için gelişmiş sıvı dinamiği, akustik ve doku artıklarını temizleme kapasitesine sahip multisonik ses dalgaları teknolojisini kullanır <sup>123</sup>.

GentleWave sisteme başlatıldıktan sonra, kök kanal sisteminde kavitasyon kuvveti oluşturan optimize edilmiş bir sıvı aktivasyonu meydana gelir. Dentin tübüllerinden karmaşık anatomik yapılara kadar uzanan temizlenmesi zor bölgelere akustik enerji dalgası iletilir <sup>124</sup>. Bir çalışmada GentleWave aktivasyon sisteminin büyük periapikal lezyona sahip dişlerin iyileşmesinde başarı oranının %97,7 olduğu bildirilmiştir <sup>125</sup>.

## **2.6. Endodontik Tedavinin Başarısızlık Sebepleri**

Mikrobiyolojik faktörler, koronal sızıntı ve iatrojenik faktörler kanal tedavisinin başarısını etkilemektedir. KKT’de yetersiz preparasyon ve dezenfeksiyon veya koronal restorasyonlarda sızıntının olması, tedavi sonrası mikroorganizma varlığının sebeplerindendir <sup>126</sup>. Başarısız KKT vakalarında kök kanallarından en sık izole edilen bakteri *Enterococcus faecalis*’tir <sup>127</sup>. KKT başarısızlığında rol oynayan diğer etkenlerden biri de koronal ve apikal bölgede meydana gelebilecek mikrosızıntılardır. Tedavi sonrası daimi veya geçici dolgunun düşmesi veya kırılması, dişteki mevcut çatlak ve kırık hatları, sekonder çürükler ve apikal bölgedeki yetersiz dolum ve preparasyon hataları tedavi başarı oranını düşürür <sup>128</sup>.

Vertikal kök kırığı, post uygulamasına bağlı komplikasyonlar, bulunamayan kanallar, taşkın kanal dolumları, kanal transportasyonları, perforasyonlar, basamak oluşumu, kanalda kırık alet mevcudiyeti gibi sebepler başarısızlığa neden olabilen diğer faktörlerdir <sup>129</sup>.

## **2.7. Endodontik Tedavi Başarısının Değerlendirilmesi**

Avrupa Endodonti Derneği (European Society of Endodontology-ESE) iyileşme ve hastalığı 3 şekilde tanımlamıştır <sup>130</sup>:

### **Tam İyileşme**

Ağrı, şişlik, fistül ağzı ve fonksiyonda kayıp olmaması, kökü çevreleyen periodontal ligament (PDL) aralığının normal olması, klinik semptomların olmaması, radyolojik olarak lezyon boyutlarının azalmış veya değişmemiş olması tam iyileşme olarak değerlendirilmektedir.

### **Tamamlanmayan İyileşme**

Klinik semptomların bulunmaması ve radyolojik değerlendirmede lezyon boyutunun azalmış veya aynı kalması tamamlanmayan iyileşme olarak değerlendirilmektedir.

## **Hastalık**

İlgili dişte belirti ve semptomların mevcudiyeti, tedavi sonrası yeni lezyonun meydana gelmesi ya da var olan lezyonun boyutlarında artış meydana gelmesi veya 4 yıl içerisinde yapılan radyolojik değerlendirmelerde lezyon boyutunda değişiklik olmaması, var olan kök rezorpsiyonun hala devam ediyor olması hastalık olarak değerlendirilmektedir.

Tanımlanan bu başlıklar içinden sadece tam iyileşme başarılı olarak tanımlanmıştır <sup>130</sup>.

### **2.7.1. Klinik Değerlendirme**

Kök kanal tedavisinin başarısını değerlendirmek için ilgili dişte şu kriterler aranmaktadır <sup>131</sup>:

- İnatçı semptomların olmaması
- Perküsyon ve palpasyon hassasiyetinin olmaması
- Tekrarlayan fistül ve şişlik olmaması
- Tamir edilemeyen kök fraktürlerinin olmaması
- Aşırı mobilite olmaması
- İlerleyeci periodontal yıkım olmaması
- Dişin fonksiyonunda yetersizlik olmaması

### **2.7.2. Radyolojik Değerlendirme**

Kök kanal tedavisinin başarısını radyolojik olarak değerlendirmek için ilgili dişte aşağıdaki kriterler aranmalıdır <sup>34</sup>:

- Periapikal lezyonun iyileşmesi veya önceden var olan lezyonun boyutunda artış görülmemesi
- Kökte internal veya eksternal rezorbsiyon bulunmaması
- Yeni oluşan lamina dura formasyonunda eksiklik gözlenmemesi
- PDL aralık genişliğinin 2 mm'yi geçmemesi
- Periradiküler bölgede önceden var olmayan yeni radyolüsent alanların oluşmaması
- Kök kanal dolumunda boşlukların olmaması

### 2.7.3. Periapikal İndeksler

Periapikal patolojileri ve anatomik yapıları sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmek için skorlamalar aracılığıyla sayısal verilere ulaşılmasını sağlayan indeksler geliştirilmiştir <sup>132-134</sup>.

Ørstavik ve ark. <sup>135</sup> periapikal lezyonların takibinde kullanılmak üzere Periapikal İndeks Skorum Sistemi (PAI) geliştirmiştir. Bu skorum tekniğinde, 1-5 arasında bir skala oluşturulmuş ve periapikal değişiklikler değerlendirilmiştir.

Estrela ve ark. <sup>136</sup> periapikal lezyonların takibinde CBCT'nin avantajlarından faydalanabilmek amacıyla CBCT-PAI'yi tanıtmışlardır. PAI ve CBCT-PAI ölçekleri ile apikal patolojinin boyutları ve kemik kaybı hem 2D hem de 3D incelemeye imkan vermektedir.

Venskutonis ve ark. <sup>137</sup> CBCT yönteminden faydalanarak endodontik tedavinin kalitesini, periapikal lezyonu ve çevre dokuların değerlendirilmesine olanak veren Periapikal ve Endodontik Durum İndeksini (PEDI) geliştirmişlerdir.

### 2.8. Görüntüleme Yöntemleri

Radyoloji bilimi, x-ışınlarının buluşundan günümüze kadar hasta radyasyon maruziyetini azaltarak radyografilerden sağlanan diagnostik bilgilerin kalitesini artırmak için devamlı olarak gelişmektedir. Bu nedenle birçok görüntüleme sistemi geliştirilmiştir <sup>138</sup>.

İntraoral radyografiler (periapikal, okluzal ve bitewing radyografiler), sefalometrik ve panoramik radyografiler diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan görüntüleme yöntemleridir <sup>139</sup>.

Kök kanal tedavisi öncesi, anatominin radyolojik açıdan detaylıca değerlendirilmesi tedavinin başarısı için oldukça önemlidir. Ancak, geleneksel radyografilerdeki görüntü sadece iki boyutlu olduğu için bu görüntüleme yöntemleri ile tam ve yeterli bir morfolojik değerlendirme yapılamayabilir. Bu nedenle kök kanal anatomisini daha iyi inceleyebilmek amacıyla üç boyutlu görüntüleme tekniklerinden yararlanılmaktadır <sup>140</sup>.

İlgili bölgenin hacim verileri hakkında yorum yapabilmek için bilgisayarlı tomografi (CT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG), konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) gibi 3 ayrı boyutta değerlendirme yapmaya olanak sağlayan

görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç vardır. Bu yöntemlerden baş boyun bölgesinin anatomik yapısının ve patolojik oluşumların değerlendirilmesinde yararlanılmaktadır ayrıca bu yöntemler günümüzde tanı ve tedavi planlamalarında altın standart olarak kabul edilmektedir <sup>141</sup>.

### **2.8.1. Üç Boyutlu Görüntüleme Yöntemleri**

#### **2.8.1.1. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)**

MRG, radyasyon içermeyen ve yumuşak dokuların değerlendirilebilmesine olanak sağlayan invaziv olmayan bir görüntüleme tekniğidir <sup>142</sup>. MRG yönteminden periapikal lezyonların, periapikal kistlerin ve granülomların ayırıcı teşhisinde faydalanılabilir. Yumuşak doku rezolüsyonu iyi olduğu için TME disk yapısının ve konumunun, tükürük ve lenf bezlerinin, yağ dokularının, neoplazik oluşumların incelenmesinde tercih edilebilmektedir <sup>143</sup>. MRG yönteminde görüntü için incelenmek istenen alana radyo dalgaları gönderilerek hidrojen atomlarından yararlanılmaktadır <sup>144</sup>.

#### **2.8.1.2. Ultrasonografi (USG)**

USG, yüksek frekanslı ses dalgalarından faydalanılan gerçek zamanlı bir görüntüleme yöntemidir. USG, periapikal bölgedeki radyolusent alanları değerlendirmek için kullanılabilir. Her dokunun kendine ait karakteristik akustik bir özelliği vardır ve USG' den gelen ses dalgaları bu yüzden farklı şekilde yansıtılır. USG ile periapikal lezyonların boyutu, yapısı ve vaskülarizasyonu gibi özellikler gözlemlenebilir <sup>145</sup>.

#### **2.8.1.3. Bilgisayarlı Tomografi (BT)**

CT cihazı 1963 yılında tanıtılmış, kesitsel verilerin bilgisayar ortamına aktararak hedef dokunun görüntülenmesine yardımcı olan bir görüntüleme tekniğidir. Hedef yapının farklı açılardan elde edilen birçok iki boyutlu görüntüsünün bilgisayar ortamına aktarılmasıyla anatomik bölgenin üç boyutlu yapısına ulaşılmaya çalışılır. Bu görüntüleme yönteminde yelpaze formundaki ışın demetlerinin kullanılması yüksek doz radyasyona neden olmaktadır <sup>146</sup>.

#### **2.8.1.4. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (CBCT)**

Yelpaze şeklindeki ışın demetlerinin dezavantajlarından dolayı yerine koni formunda bir ışın demetinin tercih edildiği CBCT teknolojisi; daha kısa süreli tarama zamanı, yüksek uzaysal çözünürlük ve daha düşük radyasyon dozu gibi avantajlara



sahiptir <sup>147</sup>. Bu görüntüleme yönteminin diş hekimliğinde kullanılmaya başlanması ise 1987 yılında olmuştur <sup>148</sup>.

CBCT görüntüleme yönteminde koni formundaki iyonize radyasyon kaynağı, hedef bölgenin merkezine yönlendirilir. 360° dönebilen ışın kaynağı ve dedektör, merkezde bulunan bir dayanak noktası çevresinde 180° ve/veya 360° bir rotasyon yapar. Bu esnada birçok ardışık düzlemsel görüntü elde edilir. Elde edilen bu ham verilerin hepsi bir görüntü datası oluşturur ve yazılım programlarıyla üç boyutlu verilere dönüştürülerek koronal, sagittal ve aksiyal düzlemde değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlar <sup>149</sup>.

BT’de her kesit için ayrı bir tarama ve yapılandırma işlemi gerekirken <sup>150</sup>, CBCT yönteminde hedef dokunun görüntüsüne tek bir rotasyon hareketi ve sonrasındaki yapılandırma ile ulaşılabilir <sup>151</sup>.

FOV (field of view); hedef dokunun ebatları ile uyumlu bir şekilde bilgisayar ortamına yansıyan görüntü boyutudur. FOV; dedektörün boyutuna, kolimasyona ve projeksiyon geometrisi gibi değişkenlere bağlıdır <sup>152</sup>.

CBCT yönteminde, FOV 'un boyutlarına göre görüntüleme için dört farklı kategori bulunmaktadır <sup>149</sup>:

- Lokelize (FOV  $\leq$  5 cm): Dental arkın bir bölümü veya lokalize alanlar incelenebilmektedir.
- Dentoalveolar (FOV= 5-10 cm): Alt ve üst çene arkları ve arklar arası bölge incelenebilmektedir.
- Maksillofasiyal (FOV= 10-15 cm): Çene ucu ile nasion arasında kalan tüm kafa kemikleri incelenebilmektedir.
- Kraniofasiyal (FOV  $\geq$  15 cm): Mandibula alt sınırından verteks noktasına kadar kraniofasiyal bölgenin çoğu incelenebilmektedir.

Görüntülerin yapı taşı olan vokseller çözünürlüğü belirleyen yapılardır ve voksellerin izotropik yapıda olması dental yapıların ve patolojilerin incelenmesinde etkin bir çözünürlük sağlar <sup>153</sup>. Küçük vokseller boyutları ile daha dar görüntüleme alanlarında çözünürlük daha yüksek olacaktır <sup>154</sup>.

#### **CBCT’nin Avantajları**

- Tarama süresi BT’den daha azdır.

- Hareketli veya sabit protezlerin ve metal restorasyonların oluşturduğu artefaktlar azaltılmıştır.

- Sert dokuların görüntülenme kalitesi iyidir.
- Değişken düzlemlerdeki ölçümlerde hata payı azaltılmıştır.
- Karakteristik izotropik voksel boyutu sayesinde yüksek çözünürlük sağlar.
- Radyasyon dozu BT' ye göre azaltılmıştır.
- Bilgisayarlı tomografilerle karşılaştırıldıklarında boyut olarak ve maliyet açısından oldukça avantajlı cihazlardır <sup>155,156</sup>.

#### **CBCT'nin Dezavantajları**

- 2 boyutlu filmlere göre maliyet ve radyasyon dozu daha fazladır.
- Yumuşak doku görüntülemesi yetersizdir.
- Detektörün boyutu görüntü alanını kısıtlar.
- Büyük FOV alanında radyasyon dozu artar ve netlik azalır.
- Görüntülerin değerlendirilmesi bilgi ve deneyim gerektirir <sup>157,158</sup>.

#### **Endodontide CBCT'nin Kullanımı**

**Periapikal Patolojiler:** Periapikal patolojilerin teşhisi ve doğru bir şekilde değerlendirilmesi, tedavi planı ve dişin prognozu açısından önem arz etmektedir <sup>159</sup>. İki boyutlu görüntüleme yöntemlerinde yeni ortaya çıkan periapikal lezyonlar erken dönemde tam anlamıyla tespit edilememektedir <sup>160</sup>. Yapılan bir çalışmada periapikal lezyonların teşhisinde CBCT kullanımının periapikal ve panoramik radyografilerden daha başarılı olduğu bildirilmiştir <sup>160</sup>. Bunu destekleyen başka bir çalışmada CBCT kullanımının 0.8 mm' den daha büyük lezyonlarda daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir <sup>161</sup>.

**Kök Kanal Anatomisinin Değerlendirilmesi:** Kök kanallarının bulunması, dezenfeksiyonu ve şekillendirilmesinde zorluk yaşanabilen C tipi kanallarda ve kanal yenilemelerinde CBCT kullanımı endodontik tedaviyi kolaylaştırabilmektedir <sup>162</sup>. Yine aynı şekilde ekstra ve aksesuar kanalların tespitinde, dens invaginatus, palatogingival oluklar ve eğimli köklerin varlığında da CBCT yönteminden yararlanılabilmektedir <sup>163,164</sup>.

**Endodontik Cerrahi Öncesi Değerlendirme:** CBCT, endodontik cerrahi öncesi kökün uzunluğu, konumu ve operasyon sahasının anatomik yapılara olan uzaklığını belirlemede yararlı bir yöntem olmakla beraber; aynı şekilde kemiğin

yapısının incelenerek cerrahi işlemin kolaylaştırılmasında etkin rol oynayabilmektedir<sup>165</sup>.

**Komplikasyonların Teşhisi:** Apikal bölgeden NaOCl taşmalarında ve parestezi gibi komplikasyonlarda CBCT kullanımı ile daha sağlıklı değerlendirmeler yapılabilmektedir<sup>166,167</sup>.

**Dental Travmaların Değerlendirilmesi:** Periapikal radyografiler herhangi bir travma sonucunda meydana gelen kırıkları değerlendirmede yetersiz kalabilmektedir. Ekstraoral bir görüntüleme yöntemi olan CBCT metodu sayesinde ağız içinden birden fazla periapikal radyografi alınmasına gerek kalmaz<sup>168</sup>. CBCT'nin horizontal ve vertikal kök kırıklarında periapikal radyografilerden daha hassas değerlendirmeye olanak sağladığı bildirilmiştir<sup>168,169</sup>. Cohenca ve ark.<sup>170</sup> dental travma geçiren hastalardan CBCT cihazı ile görüntü alarak geleneksel radyografi ile görüntülenemeyen kortikal kemik kırıklarını teşhis edebilmişlerdir.

**Rezorbsiyonlar:** Yapılan çalışmalarda geleneksel radyografi yöntemleri ile tespit edilmesi zor olan internal ve eksternal rezorpsiyonların teşhis ve tedavisinde CBCT kullanımının başarılı olduğu gösterilmiştir<sup>171,172</sup>.

### 2.8.2. Periapikal Lezyon Alanı ve Hacmi

Endodontik tedavi sonrası tedavinin başarılı olup olmadığını değerlendirmek için klinik muayene ile birlikte radyolojik görüntülerden faydalanılır<sup>173</sup>. Periapikal görüntüleme endodontik tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilmektedir<sup>174</sup>.

Periapikal patolojilerin ve hacimlerindeki değişikliklerin CBCT ile değerlendirilmesi 2D radyografilere kıyasla daha başarılıdır<sup>175</sup>. CBCT, periapikal lezyonların hacimsel verilerini ortaya koyabildiği için kök kanal tedavisinden sonra lezyon boyutlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir. Araştırmacılar insan maksillasından CBCT ile elden edilen görüntülerin hacimsel ölçümlerinin doğru ve güvenilir olduğunu bildirmişleridir<sup>176</sup>. Bunu destekler bir şekilde Alhowalia ve arkadaşları<sup>177</sup>, CBCT görüntüleme ile bir modelde yapay olarak oluşturulmuş boşlukların hacmini doğru şekilde ölçmeyi başarmışlardır.

Periapikal lezyonların KKT sonrası değişimlerinin periapikal film ve CBCT ile hacim ölçümleri yapılarak değerlendirildiği bir çalışmada CBCT ile lezyonların değerlendirilmesi periapikal filme göre daha başarılı bulunmuştur<sup>175</sup>. ITK-SNAP

(Ulusal Sağlık Enstitüleri, ABD Ulusal Biyomedikal Görüntüleme ve Biyomühendislik Enstitüsü, ABD Ulusal Tıp Kütüphanesi, Pensilvanya ve Kuzey Karolina Üniversiteleri ve bağımsız bir kuruluş tarafından geliştirilen GNU Genel Kamu Lisansı kapsamında ücretsiz yazılım) kullanılarak periapikal lezyonları 3D inceleyen bir çalışmada, 2D parametrelerinde ölçüme olanak veren OsiriX software (Pixmeo, Bernex, Switzerland) yazılımına karşı lezyonlar üzerinde daha başarılı ölçümler yapıldığı bildirilmiştir <sup>178</sup>.

Periapikal patolojinin alan ve hacimsel ölçümleri çeşitli bilgisayar yazılımları yardımıyla yapılabilmektedir <sup>179,180</sup>.

### **2.9. Periapikal Lezyonların Takip Süresi**

Bir araştırmada tedavi sonucu başarısızlıkların ilk 2 yıl içinde gerçekleştiği bildirilmiştir <sup>5</sup>.

Yapılan başka bir çalışmada cerrahisiz olarak KKT yapılan geniş lezyonlu anterior dişlerin büyük bir kısmının iyileşme süreçlerinin 2 yıl içerisinde tamamlandığı rapor edilmiştir <sup>181</sup>. Ancak başka bir çalışmada KKT sonrası iyileşmenin 1.-12. aylar içinde olduğu gözlemlenmiştir <sup>182</sup>. Bununla paralel başka bir çalışmada yine iyileşmenin ilk 1 yıl içinde olduğu rapor edilmiştir <sup>183</sup>. Başka bir çalışmada ise apikal periodontitis tanısı konulan 50 dişe KKT yapılmış ve 1 yıl içinde iyileşmeler rapor edilmiştir <sup>184</sup>. Bu nedenle takip süresini 1 yıl olarak tercih eden birçok çalışma mevcuttur <sup>185,186</sup>.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Kasım 2021-Şubat 2023 tarihleri arasında RTEÜ Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi (RTEÜ) Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 2023/35 karar numarası ile onay alınmıştır. Çalışma için örneklem temini ve tedaviye yönelik klinik işlemler, RTEÜ Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda kliniğinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya RTEÜ Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda kronik apikal periodontitis tanısı konulan, endodontik tedavi gerektiren, PAI (periapikal index skor) skoru 3 ve üzeri olan mandibular tek köklü dişler dahil edildi.

Etki büyüklüğünün hesaplanmasında G Power 3.0.10 (University Kiel, Germany) programı kullanıldı. Etki büyüklüğü Verma, Yadav (1) çalışmasındaki kontrol grubu ile lazer grubu arasındaki ki kare analiz verileri baz alınarak hesaplandı. 0.51 d cohen değerindeki bir etki büyüklüğünün anlamlılık için yeterli olduğu tespit edildi. 0.05 tip 1 hata ile, %95 güç ile her bir çalışma grubu için 14 olmak üzere toplam 4 grup için en az 56 örneğin gerekli olduğu belirlendi.

#### 3.1. Vaka Seçimi

Hastaların dahil edilme kriterleri:

- 18-65 yaş arasında olan kadın/erkek hastalar
- Endodonti Onam Formu'nu ve Çalışma Katılım Formu'nu imzalayan
- Kronik apikal periodontitis tanısı konulmuş, primer endodontik tedavi gerektiren, PAI (periapikal index skor) skoru 3 ve üzeri olan mandibular tek köklü dişler
- Kronik apikal periodontitis tanısı konulmuş, retreatment gerektiren, PAI (periapikal index skor) skoru 3 ve üzeri olan mandibular tek köklü dişler
- İyi oral hijyene sahip olan hastalar

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri ise şu şekildedir:

- Sistemik hastalıkları bulunan hastalar (diyabet, hipertansiyon, kronik karaciğer hastalığı, pıhtılaşma bozuklukları)
- Kemik metabolizması hastalığı ve/veya kemik metabolizmasını etkileyecek ilaç (Steroid, bifosfonat gibi) kullanan hastalar

- İmmünsüpresif, ve radyoterapi öyküsü bulunan hastalar,
- Hamile olan hastalar
- Mobilitesi 2 ve üzeri olan dişler
- Periodontal cep derinliği 5 mm ve üzerinde olan dişler
- Generalize kronik periodontitis hastaları
- İnternal ve eksternal rezorpsiyonu olan dişler
- Vertikal ve horizontal kök kırığı bulunan dişlere sahip hastalar çalışma

dışında bırakıldı.

- Perküsyon, palpasyon ve fistül bulunan dişler



Dahil edilme kriterlerini karşılayan hastalara çalışma hakkında bilgi verildikten sonra aydınlatılmış onam formu imzalatıldı. Hastalar; MDA (Grup 1), PUI ile aktivasyon (Grup 2), Auto SWEEPS (Grup 3) olmak üzere randomize olarak 3 çalışma ve kontrol grubuna (geleneksel şırınga irrigasyonu) (Grup 4) ayrıldı.

Çalışma kriterlerini karşılayan hastalardan işlem öncesi CBCT (Planmeca Romexis, Helsinki, Finlandiya) görüntüleme istenerek periapikal lezyon büyüklükleri, anatomik noktalara olan yakınlığı, dişin anatomik varyasyonları hakkında bilgi edinildi. CBCT, görüntüleme alanı (FOV) 595 (5.0 cm) mm, ENDO modu kullanılarak, 85 µm; 6.3 mA;90 kV; 8.7 s ve 450.3 mGycm<sup>2</sup> olacak şekilde çekildi.

Tedavi öncesi lezyon hacimleri, CBCT görüntüleri üzerinden mm<sup>3</sup> cinsinde ölçüldü (ITK SNAP). 3-6-9-12 ay aralıklarla kontrol takipleri yapıldı. 12. ay sonrasında ise sonrasında lezyon hacim değişim yüzdeleri hesaplandı. Gruplar arası veriler istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

### **3.2. Kanal Tedavisi Protokolü**

Tüm prosedürler deneyimli tek bir operatör tarafından gerçekleştirildi. Rubberdam ile dişlerin izole edilmesinin ardından endodontik giriş kavitesi steril bir elmas rond frez ile su soğutması altında açıldı. Daha sonra kanallara ilk olarak #10-15 K-tipi el eğeleri (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) yerleştirilerek Root ZX mini elektronik apeks bulucu (J. Morita Co., Tokyo, Japonya) ile 0 noktasının belirlenmesinin ardından çalışma boyu bu noktadan 0.5 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Ayrıca röntgen alınarak radyografik olarak da kanal boyu doğrulandı. Radyografik görüntü ile apex cihazı verileri arasında uyumsuzluk gözlemlendiğinde apex bulucu doğru kabul edildi. Başlangıç apikal çapı 15 K- tip eğe ile belirlendikten sonra 3 boy büyük eğeye kadar, değişken koniklik açısına sahip ProTaper Next X1(17/.04), X2(25/.06) ve X3(30/.07) (PTN; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) eğeleri ile üreticinin talimatları doğrultusunda 300 rpm / 2- 5.2 Ncm rotasyon modunda tork kontrollü bir endodontik motor (SybronEndo, Glendora, CA, ABD) kullanılarak kök kanalları çalışma boyutunda genişletildi. Bu eğelerle yapılan genişletmelerden sonra #30 K-tipi eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) için apeks daha geniş ise ve eğe çalışma boyuna pasif olarak ulaşıyorsa, X4(40/.06) ve X5(50/.06) eğeler (PTN; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile preparasyon sonlandırıldı. Her bir kullanılan eğe arasında irrigasyon solüsyonu olarak 2 mL (mililitre) %2,5 NaOCl

(Microvem AF, İstanbul, Türkiye), 30 gauge yandan perforé irrigasyon iğnesi (Kerr Hawe Sa, Bioggio, İsviçre) ile kullanılarak preparasyon tamamlandı. Şekillendirmenin tamamlanmasının ardından son yıkama prosedürü her gruba karşılık gelen irrigasyon protokolüne göre yapılmıştır.

### **3.2.1. İrrigasyon Solüsyonlarının Aktivasyonu**

#### **Grup 1 (MDA)**

Bu gruba dâhil edilen dişlerin kemomekanik preparasyonları tamamlandıktan sonra kanaldan daha az konikliğe sahip olan ve apikal çap ile uyumlu bir gutaperka kon, çalışma boyunun 1 mm gerisine konumlandırıldı. Daha sonra 2 mm koronal-apikal yönde ileri geri hareket ettirilerek dk'da 100 vuruş olacak şekilde 60 saniye boyunca irrigasyon solüsyonları (2 ml %17 EDTA ve 3 ml %2.5 NaOCl, 1'er dakika) aktive edildi.

#### **Grup 2 (PUI ile aktivasyon)**

Bu grupta ultrasonik uçlar (mod:E, setting ayarı:6) (DTE, Guilin Woodpecker Co., Guilin, Guangxi, Çin) ve ultrasonik cihaz (DTE S6 Led, Guilin Woodpecker Co., Guilin, Guangxi, Çin) kullanılarak solüsyonlar aktive edildi(Şekil 1).

Master apikal eğeden bir boy düşük ebatta bir ultrasonik uç (mod:E, setting ayarı:6) (DTE, Guilin Woodpecker Co., Guilin, Guangxi, Çin) çalışma boyunun 2 mm gerisinde duvarlara temas ettirilmeden kullanıldı. Ultrasonik cihaz (DTE, Guilin Woodpecker Co., Guilin, Guangxi, Çin) ile 20 saniye süren ve 1 ml %17 EDTA kullanımını içeren döngüler halinde toplam üç kez etkinleştirildi. Daha sonra NaOCl ve EDTA kimyasal etkileşimini engellemek için kanallar distile su ile yıkandı ve 20 saniye aktive edildi. Ardından 1 ml %2.5 NaOCl solüsyonu yukarıda açıklandığı gibi 20'şer saniyeden toplamda 1 dakika süreyle aktive edildi ve irrigasyon tamamlandı.





**Şekil 1.** Ultrasonik cihaz (DTE, Guilin Woodpecker Co., Guilin, Guangxi, Çin)

### **Grup 3 (SWEEPS)**

Bu grupta, irrigasyon aktivasyonu için Fotona marka Er:YAG lazer cihazı(Lightwalker, Fotona, Ljubljana, Slovenia) 8,5 mm uzunluğunda ve 600 µm çapında konik fiber uç ile (SWEEPS 600, Fotona) kullanıldı (Şekil 3) (Şekil 3). Cihaz, 0,3 W, 20 mJ, 15 Hz ayarlarında sürekli olarak değişen iki ultra kısa mikro atım süresine (25 µs) sahip AutoSWEEPS moduna ayarlandı. 30 gauge yandan perfore irrigasyon iğnesi (Kerr Hawe Sa, Bioggio, İsviçre) çalışma boyundan 1 mm kısa olarak yerleştirildi ve fiber uç rezervuarın merkezine, kanalların hemen üstünde konumlandırıldı ve bu pozisyonda sabitlendi. Kök kanallarında her biri 30 saniye süren SWEEPS tarafından etkinleştirilen %17 EDTA ile iki döngü irrigasyon aktivasyonu yapıldı ve devamında SWEEPS ile 30 saniye süreyle aktive edilen distile suyla kanallar durulandı. Her biri 30 saniye süren, SWEEPS tarafından aktive edilen %2.5 NaOCl ile üç döngü aktivasyon yapıldıktan sonra en az 30 saniyelik dinlenme fazı ile irrigasyon tamamlandı <sup>122</sup>.



Şekil 2.Çalışmada kullanılan Er:YAG lazer (Lightwalker, Fotona, Ljubljana, Slovenya)



Şekil 3.SWEEPS 600, Fotona

### **Kontrol Grubu: Geleneksel Şırınga İrrigasyonu**

Bu grupta kök kanallarının final irrigasyonu için geleneksel şırınga yöntemi kullanıldı. Bu amaçla 30 gauge yandan perfore irrigasyon iğnesinden (Kerr Hawe Sa, Bioggio, İsviçre) yararlanıldı. Final irrigasyonunda 30 gauge yandan perfore enjektör ucu, çalışma boyundan 1mm kısa olacak şekilde yerleştirildi ve kök kanallarının sırasıyla 1dk/2.5 mL %17'lik EDTA ile yıkanmasının ardından distile su ile durulandı. Ardından 1dk/2.5 mL %2,5'lik NaOCl ile son yıkama yapıldı. Bir dakikalık her döngü süresince sabit ve düşük bir basınçta, enjektör ucu ile aşağı-yukarı yönde 1-2 mm'lik hareketler yapılarak solüsyonların aktivasyonu sağlandı. Solüsyonlar 1 dakika süresince aktif olarak yapılan yıkamanın ardından kanal içerisinde 1 dakika bekletilerek pasif irrigasyon işlemi gerçekleştirildi.

### **3.2.2. Kök Kanallarının Doldurulması ve Üst Restorasyon**

Tüm gruptaki dişler tek seansta doldurularak kanal tedavileri sonlandırıldı.

Final irrigasyonları sonrası kanalların 25/.06 kağıt konlarla (DiaDent, Heungdeok-gu, Kore) kurutulmasının ardından, ADSeal (Meta Biomed, Cheongju, Güney Kore) marka kanal patı ve PTN eğesi ile uyumlu gutaperka kullanılarak soğuk lateral kompaksiyon yöntemi ile apeksin 0.5 mm gerisinde dolduruldu. Lateral kondenzasyon #25 spreader (Denco, Shenzhen, Çin) ile yapıldı. Yan kon olarak ise 20/.02 gutaperka (Zhongjin Medikal, Tianjin, Çin) kullanıldı. Akışkan kompozit dolgu maddesi (Prevest Dentpro, Jammu, Hindistan) ile kaide uygulandıktan sonra daimi üst restorasyon Palfique Estelite kompozit rezin materyali (Tokuyama Dental Co., Tokyo, Japonya) ile bitirildi. Okluzal kapanışın kontrol edilmesinin ardından tedaviler tamamlandı.

### **3.3. Radyografik Yöntem**

Tedavileri tamamlanan dişlerden Myray Film Tutucu (NDental, Imola, İtalya) kullanılarak paralel teknikle 2 boyutlu periapikal radyografiler alınarak kök kanal dolumu ve restorasyon kalitesi değerlendirildi. Görüntüler 70 kV, 8 mA, 0,100 sn ekspoz değerlerinde, 2 nolu fosfor plak (Dürr Dental AG, Stuttgart, Almanya) kullanılarak TM Vistascan (Dürr Dental AG, Stuttgart, Almanya) yazılımı ile bilgisayar ortamına aktarıldı ve RTEÜ Diş Hekimliği Fakültesi dijital arşivinde muhafaza edildi.

12. ay sonunda lezyon hacimlerinin 3 boyutlu değerlendirilmesi Planmeca Promax 3D Classic cihazı (Planmeca Romexis, Helsinki, Finlandiya) kullanılarak yapıldı. Görüntüler CBCT görüntüleme alanı (FOV) 595 (5.0 cm) mm, ENDO modu kullanılarak, 85 µm; 6.3 mA;90 kV; 8.7 s ve 450.3 mGycm<sup>2</sup> olacak şekilde çekildi. Elde edilen görüntüler oral radyoloji bölümü dijital arşivinde muhafaza edildi.

### **3.4. Periapikal Lezyon Hacim Ölçümü**

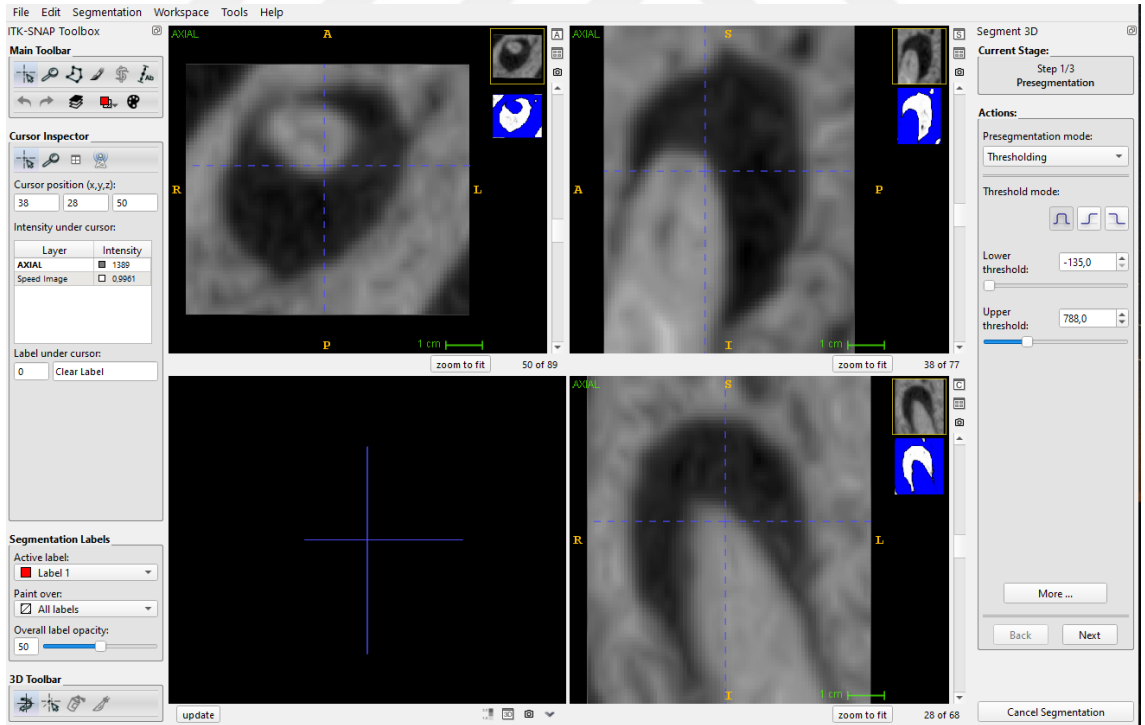
3D lezyon hacim hesaplaması ITK SNAP (Ulusal Sağlık Enstitüleri, ABD Ulusal Biyomedikal Görüntüleme ve Biyoenerji ihtiyacı Enstitüsü, ABD Ulusal Tıp Kütüphanesi, Pennsylvania ve Kuzey Carolina Üniversiteleri ve bağımsız bir

geliştirici grubu tarafından geliştirilen GNU Genel Kamu Lisansı altındaki ücretsiz yazılım) kullanılarak çalışmadan bağımsız deneyimli bir oral maksillofasiyal radyoloji uzmanı tarafından yapıldı.

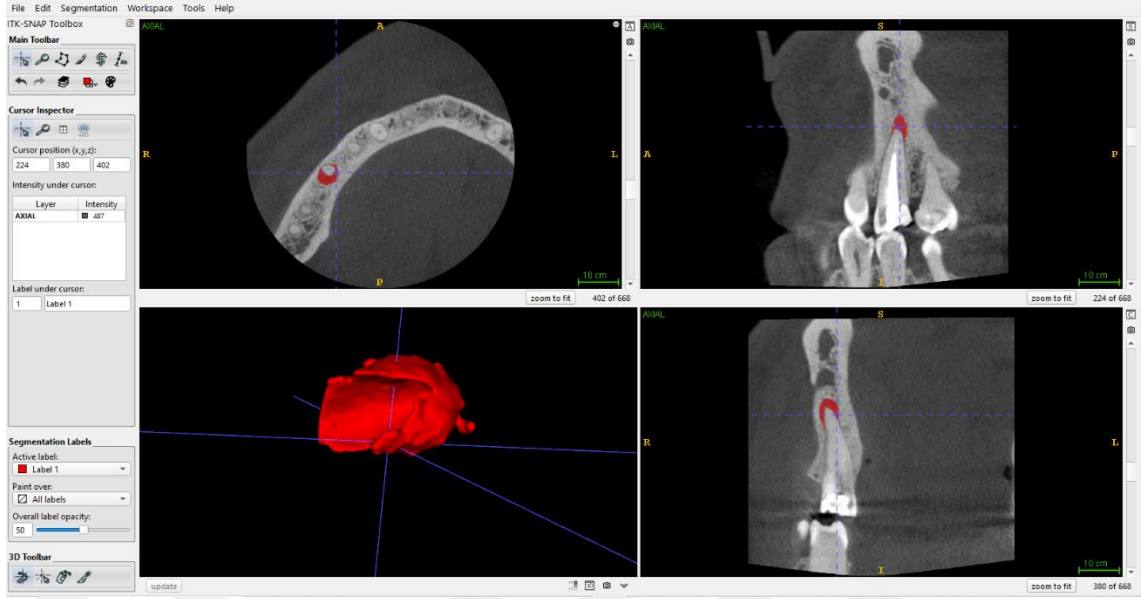
DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) formatındaki yüksek çözünürlükteki görüntüler kullanılarak lezyonların alan segmentasyonu ve hacim hesaplaması yapıldı. ITK-SNAP sagittal, aksiyal ve koronal görüntülerin eş zamanlı görüntülenmesine izin vermektedir (Şekil 4). İncelenmek istenen yüksek çözünürlüklü görüntülerden 3D segmentasyon ile istenmeyen kısımlar kesildi. Lezyonun hacmine özgü sınırları gri renk skalası ile belirlendi. Belirlenen hacim sınırları baloncuklar (bubbles) tarafından otomatik olarak dolduruldu. Gerekğinde lezyon hacim ölçümlerinin bu aşamasında, tek tek küçük eklemelere veya çıkarmalara izin veren manuel düzeltme uygulandı. Örneğin, trabeküler kemiğin de lezyon gibi algılandığı durumlarda veya radyoopak cisimlerin program tarafından kemik olarak değerlendirildiği anlarda silme ve ekleme seçenekleri ile alan sınırları netleştirildi (Şekil 5). 3 ayrı kesitte baloncuklar ile eş zamanlı olarak içi doldurulan alan operatöre lezyonun 3D görüntüsünü sağlamaktadır (Şekil 6). Gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra 3D görüntünün hacim verileri mm<sup>3</sup>'e dönüştürüldü. Her hastanın tomografi görüntülerinden elde edilen hacim verileri kendi içlerinde preoperatif ve postoperatif olarak kaydedildi.



**Şekil 4.** Hastanın lezyonunun işlem öncesi tomografi görüntüsünde ITK SNAP programı ile 3 ayrı kesitte görüntülenmesi



**Şekil 5.** Lezyonun 3D segmantasyonu ve thresholding ile sınırlarının belirlenmesi



**Şekil 6.** Hastanın lezyonunun ITK SNAP programında 3 ayrı kesitte boyanması ve 3D görüntüsünün elde edilmesi

Lezyon hacim değişikliklerinin değerlendirilmesinde ve sınıflandırılmasında %20 ve üstünde olan değişiklikler anlamlı kabul edildi. Lezyon hacim verilerindeki değişiklikler “Lezyon yok”, “Lezyon boyutu azaldı”, “Lezyon hacim değişikliği belirsiz”, “Lezyon boyutu arttı” olmak üzere 4 ayrı kategoride sınıflandırıldı.

### 3.5. İstatistiksel Analiz

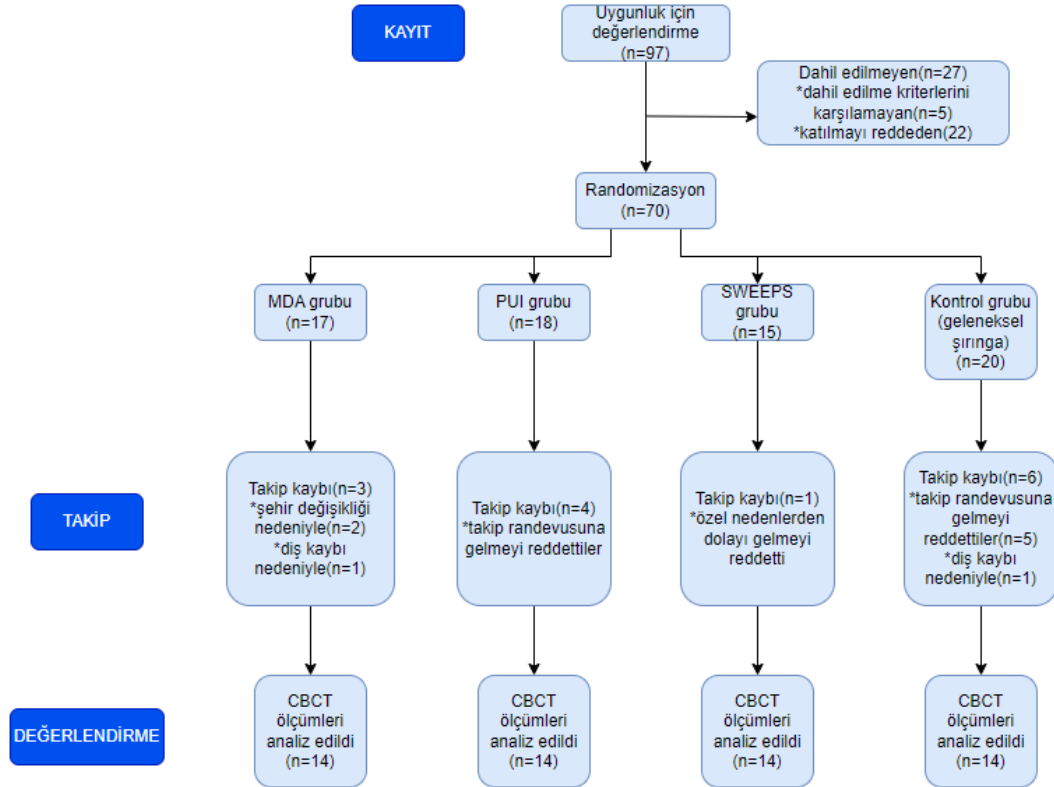
İstatistiksel analizin ilk adımı olarak normallik varsayımı Shapiro Wilk testi ile kontrol edildi. Normallik varsayımı karşılandığı durumda bağımlı iki grup ortalamaları arasındaki farkın incelenmesi için Wilcoxon İşaret Sıra testi uygulandı. Normallik varsayımının karşılandığı bağımsız üç ve daha fazla grubun ortalamaları arasındaki farkı incelenmesi için Anova testi; normal dağılım varsayımı sağlanmadığı durumlarda ise Kruskal Wallis testi yapıldı. Farkı yaratan grup ya da grupların belirlenmesi için Post Hoc Bonferroni testi uygulandı. Analizler IBM SPSS 25 programında gerçekleştirildi. Çalışma grupları ile cinsiyetler arasındaki ilişkilerin incelenmesi için Pearson Ki Kare testi uygulandı. Çalışma gruplarına göre yaş ortalamalarının arasındaki farkların incelenmesi için Kruskal Wallis testi uygulandı. Farklı zamanlar ve çalışma gruplarından elde edilen lezyon hacim ölçümleri ile yaşlar arasındaki ilişkilerin kontrolü için Spearman Korelasyonları kullanıldı. Farklı ölçüm zamanları

için çalışma gruplarına göre lezyon hacim ölçümlerinin karşılaştırılmasında varsayımlar kontrol edildi, Anova ve Kruskal Wallis testleri uygulandı. Farkı yaratan grup ya da grupların incelenmesi için Bonferroni testleri gerçekleştirildi. Çalışma gruplarında farklı ölçüm zamanlarına göre lezyon hacim ölçümlerinin karşılaştırılmasında varsayımlar kontrol edildi ve Wilcoxon İşaret Sıra testleri kullanıldı.



#### 4.BULGULAR

Değerlendirmeye alınan 97 hastadan, katılmayı reddeden (22 hasta) ve dahil edilme kriterlerine uymayan (5 hasta) toplam 27 hasta çalışma dışı bırakıldı. Geriye kalan 70 hastadan ise toplam 14 hasta çeşitli nedenlerden dolayı (diş çekimi, şehir değişikliği vb.) takip aşamasında çalışmadan ayrılmıştır. 12 aylık takip dönemi ile birlikte toplamda 56 adet hasta yeniden değerlendirmeye alındı. Sonuç olarak 56 dış istatistiksel olarak analiz edildi (Şekil 7). 56 katılımcının yaş ortalaması 37,7' idi. Bunların ise %60,7 oranla çoğunluğunu erkekler oluşturmaktadır. Katılımcıların demografik özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri tabloda verilmiştir (Tablo 1).



Şekil 7. Çalışmaya ait akış diyagram



**Tablo 1.** Katılımcıların demografik özelliklerine göre dağılımları

|          |    |         |          | n        | %              |        |
|----------|----|---------|----------|----------|----------------|--------|
| Cinsiyet |    | Kadın   |          | 22       | 39,3           |        |
|          |    | Erkek   |          | 34       | 60,7           |        |
|          | n  | Minimum | Maksimum | Ortalama | Standart Sapma | Medyan |
| Yaş      | 56 | 18      | 64       | 37,768   | 13,919         | 34,5   |

Çalışma gruplarına göre yaş ortalamalarının arasındaki farkların incelenmesi için Kruskal Wallis testi uygulandı. Analiz sonucunda çalışma gruplarına göre yaşların dağılımının homojen olup, tüm gruplarda benzer olduğu tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ) (Tablo 2).

**Tablo 2.** Çalışma gruplarına göre yaşların karşılaştırılması

| Çalışma Grupları | n  | Ortalama | Standart Sapma | Sıra Ortalaması | Test İstatistiği | p     |
|------------------|----|----------|----------------|-----------------|------------------|-------|
| MDA              | 14 | 34,071   | 14,457         | 23,64           | 2,214            | 0,529 |
| PUI              | 14 | 38,071   | 13,390         | 29,57           |                  |       |
| SWEEPS           | 14 | 41,929   | 15,901         | 32,64           |                  |       |
| Kontrol          | 14 | 37,000   | 12,019         | 28,14           |                  |       |

Tablo 3’ te her bir tedavi grubunun işlem öncesi ve işlem sonrası zamanlarına göre lezyon hacimlerinin tanımlayıcı verileri ortaya konmuştur (Tablo 3).

**Tablo 3** Tedavi gruplarına göre lezyon hacim ölçümlerinin dağılımları

| Çalışma Grupları | Zaman           | N  | Minimum | Maksimum | Ortalama | Standart Sapma | Medyan  |
|------------------|-----------------|----|---------|----------|----------|----------------|---------|
| MDA              | Preop.          | 14 | 144,22  | 238,12   | 193,936  | 29,441         | 193,676 |
|                  | Postop.         | 14 | 0,00    | 237,03   | 41,727   | 66,473         | 18,397  |
|                  | Değişim yüzdesi | 14 | 14,00   | 100,00   | 80,429   | 28,294         | 91,000  |
| PUI              | Preop.          | 14 | 96,42   | 232,44   | 158,343  | 40,275         | 157,626 |
|                  | Postop.         | 14 | 0,00    | 58,19    | 22,813   | 15,930         | 19,107  |
|                  | Değişim yüzdesi | 14 | 72,00   | 100,00   | 85,429   | 8,635          | 88,000  |
| SWEEPS           | Preop.          | 14 | 146,66  | 305,45   | 210,465  | 47,381         | 197,000 |
|                  | Postop.         | 14 | 0,00    | 220,64   | 28,962   | 56,315         | 15,464  |
|                  | Değişim yüzdesi | 14 | 8,00    | 100,00   | 86,929   | 23,332         | 91,000  |
| Kontrol          | Preop.          | 14 | 93,13   | 241,94   | 172,200  | 41,707         | 174,717 |
|                  | Postop.         | 14 | 0,00    | 201,11   | 49,646   | 76,794         | 15,162  |
|                  | Değişim yüzdesi | 14 | 3,00    | 100,00   | 74,571   | 36,515         | 90,500  |

(Preop. ve postop: mm<sup>3</sup>, Değişim: %)

Tedavi gruplarında farklı değerlendirme zamanlarına göre lezyon hacim ölçümlerinin karşılaştırılmasında varsayımlar kontrol edildi ve Wilcoxon İşaret Sıra testleri kullanıldı. Analizler sonucunda tüm gruplarda, tedavi öncesi ve tedavi sonrası lezyon hacmi ölçümlerinin arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş olup ( $p<0,05$ ), tedavi öncesi lezyon hacim ortalamaları tedavi sonrası lezyon hacim ortalamalarından tüm gruplarda anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Tablo 4).

**Tablo 4.** Grup içi lezyon hacim ölçüm değerleri

| Çalışma Grupları | Zaman   | Ortalama | Standart Sapma | Sıra Ortalaması | Test İstatistiği | p      |
|------------------|---------|----------|----------------|-----------------|------------------|--------|
| MDA              | Preop.  | 193,936  | 29,441         | 8,00            | -3,233           | 0,001* |
|                  | Postop. | 41,727   | 66,473         | 1,00            |                  |        |
| PUI              | Preop.  | 158,343  | 40,275         | 7,50            | -3,296           | 0,001* |
|                  | Postop. | 22,813   | 15,93          | 0,00            |                  |        |
| SWEEPS           | Preop.  | 210,465  | 47,381         | 7,50            | -3,296           | 0,001* |
|                  | Postop. | 28,962   | 56,315         | 0,00            |                  |        |
| Kontrol          | Preop.  | 172,2    | 41,707         | 7,50            | -3,296           | 0,001* |
|                  | Postop. | 49,646   | 76,794         | 0,00            |                  |        |

\* $p<0,05$

Farklı ölçüm zamanları için çalışma gruplarına göre lezyon hacim ölçümlerinin karşılaştırılmasında varsayımlar kontrol edildi ve gerekli istatistiksel analizler yapıldı. Gruplar arasında lezyon iyileşmesi hacimsel olarak (%) değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir ( $p>0,05$ ) (Tablo 5). PUI ve SWEEPS gruplarının ortalamalarında diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmiştir ( $p<0,05$ ) (Tablo 5). SWEEPS grubunun işlem öncesi lezyon hacim ortalaması ( $210,4 \text{ mm}^3$ ), PUI grubunun lezyon hacim ortalamasından ( $158,3 \text{ mm}^3$ ) yüksektir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,006$ ) (Tablo 5). Ancak, gruplar arasında lezyon iyileşmesi hacimsel olarak (%) değerlendirildiğinde, istatistiksel olarak anlamlı fark elde edilmemiştir.

**Tablo 5.** Gruplar arası lezyon hacim değişim yüzdelerinin karşılaştırılması

| Zaman                      | Çalışma Grupları | Ortalama      | Standart Sapma | Sıra Ortalaması | Test İstatistiği | p            |
|----------------------------|------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|--------------|
| <b>Preop.</b>              | MDA              | 193,936       | 29,441         |                 | 4,603            | 0,006*       |
|                            | PUI              | 158,343       | 40,275         |                 |                  |              |
|                            | SWEEPS           | 210,465       | 47,381         |                 |                  |              |
|                            | Kontrol          | 172,200       | 41,707         |                 |                  |              |
| <b>Postop.</b>             | MDA              | 41,727        | 66,473         | 30,07           | 0,794**          | 0,851        |
|                            | PUI              | 22,813        | 15,930         | 30,71           |                  |              |
|                            | SWEEPS           | 28,962        | 56,315         | 26,14           |                  |              |
|                            | Kontrol          | 49,646        | 76,794         | 27,07           |                  |              |
| <b>Değişim Yüzdesi (%)</b> | MDA              | <b>80,429</b> | 28,294         | 29,25           | 2,855**          | <b>0,414</b> |
|                            | PUI              | <b>85,429</b> | 8,635          | 23,00           |                  |              |
|                            | SWEEPS           | <b>86,929</b> | 23,332         | 33,29           |                  |              |
|                            | Kontrol          | <b>74,571</b> | 36,515         | 28,46           |                  |              |

\* $p<0,05$  ve \*\*Kruskal Wallis testi

CBCT ile yapılan lezyon hacim ölçümlerinde hata payı %20 olarak kabul edildi ve buna göre geleneksel şırınga yönteminde 3 hasta %20'nin altında hacim değişikliği göstererek en fazla belirsiz değişim gösteren grup olmuştur. AutoSWEEPS ile tedavi edilen dişlerin 4 tanesinde tedavi sonrası tam iyileşme gözlemlenmiştir. Bunların yanı sıra grupların hiçbirinde tedavi sonrası lezyonlarda büyüme tespit edilmemiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** Tedavi sonrası lezyon hacim değişimlerinin sayısal verileri

| Gruplar<br>(n=4)     | Lezyon<br>gözlemlenmedi | Lezyon<br>boyutu<br>azaldı | Lezyon<br>hacim<br>değişikliği<br>belirsiz | Lezyon<br>boyutu<br>arttı | Total |
|----------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|-------|
| MDA                  | 3                       | 9                          | 2                                          | 0                         | 14    |
| PUI                  | 1                       | 13                         | 0                                          | 0                         | 14    |
| AutoSWEEPS           | 4                       | 9                          | 1                                          | 0                         | 14    |
| Geleneksel<br>Yöntem | 3                       | 8                          | 3                                          | 0                         | 14    |
| Total                | 11                      | 39                         | 6                                          | 0                         | 56    |

## 5.TARTIŞMA

Kök kanal sisteminden canlı ve nekrotik pulpa dokusu kalıntılarının, mikroorganizmaların ve mikrobiyal toksinlerin uzaklaştırılması başarılı bir endodontik tedavi için esastır <sup>187</sup>.

Kök kanal ortamında bulunan mikroorganizma ve mikroorganizma ürünleri; lateral kanal ve isthmus gibi erişilemeyen alanlarda kök kanal dolum ajanlarının ve irrigasyon solüsyonlarının bu bölgelere ulaşmasına engel olarak periradiküler dokularda inflamasyona neden olabilirler <sup>4</sup>. Erişilmesi zor alanlar, pulpa ve periodonsiyum arasında bakteri ve bakteri ürünleri açısından karşılıklı geçiş yolu oluşturmaktadır <sup>5</sup>.

Bu nedenle kök kanallarındaki enfeksiyon odaklarını etkin olarak uzaklaştırabilmek için kök kanal preparasyonu etkin irrigasyonla kombine olarak gerçekleştirilmelidir <sup>6</sup>. Literatürde aktivasyon yöntemlerinin debris kaldırma, antimikrobiyal ve efektif aktivasyon etkinliklerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma mevcut olmasına rağmen, aktivasyon yöntemlerinin büyük apikal lezyonların iyileşmeleri üzerindeki etkisini araştıran çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmada, farklı aktivasyon yöntemlerinin apikal periodontitisli dişlerde var olan lezyon iyileşmeleri üzerindeki etkisi incelendi.

Bu çalışmada katılımcıların yaş ortalaması 37,7'dir. Bunların %39,3'ü kadın hastayken %60,7'si erkek hastadır. Çalışma gruplarına göre cinsiyetlerin ve yaşların dağılımının homojen olduğu görülmüştür. Çalışmanın bulgularına göre endodontik tedavi tüm gruplarda yaşlardan bağımsız olarak başarılı bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Bu bulgular endodontik tedavinin prognozu ile hastaların yaşları arasında bir korelasyon olmadığını belirten birçok çalışmanın sonuçları ile tutarlıdır <sup>188,189</sup>. Bu çalışmaların aksine yaş ve prognoz arasında bir ilişki olduğunu savunan çalışmalar mevcuttur <sup>190,191</sup>.

Günümüzde mevcut birçok çalışmada tek veya çok seansta tedavi edilen vakaların lezyon iyileşmelerinin benzer olması <sup>192</sup>, azaltılmış randevu sayısı, hekime bağlı hata ihtimalinin azalması, seanslar arası bakteriyel sızıntı ihtimalinin ortadan kalkması gibi nedenlerle bu çalışmada kanal tedavileri tek seansta tamamlanmıştır <sup>193</sup>.

Tek köklü dişlerin kök kanal anatomilerinin irrigasyon protokolleri arasındaki farkı gösterecek kadar zorlayıcı olmadığı düşünülebilir. Ancak, mikro-CT kullanan çalışmalar da dahil olmak üzere birçok çalışmada, tek köklü dişlerin kök kanal yapısının özellikle oval şekilli olmasından dolayı apikal kısımda karmaşık olduğu gösterilmiştir <sup>45,194</sup>.

Apikal periodontitis tanısı konulan dişlerin iyileşmesini tek köklü kanallar üzerinden değerlendiren birçok çalışma mevcuttur <sup>195,196</sup>.

Kök kanal eğriliği, istmusların anatomik farklılıkları, tedavi süresi, uygulama hataları, çalışma boylarına sağlıklı ulaşılabilmesi gibi sebeplerden dolayı çok köklü dişlerin standardize edilerek değerlendirilmesi tek köklü dişlere göre daha zordur. Bu nedenle bu çalışmada tek köklü dişlerin seçilmesine karar verilmiştir. Bu, tedavi prosedürünün mümkün olduğunca standardize edilmesini sağlamıştır. Çalışmalarda sistemik hastalıkların (diyabet, hipertansiyon, pıhtılaşma bozuklukları, kronik karaciğer rahatsızlıkları) endodontik tedavi başarısını olumsuz etkilediği belirtilmiştir <sup>197</sup>. Yaşlılarda sistemik hastalık insidansının artması nedeniyle bu çalışmada yaş için üst sınır 65 olarak belirlenmiştir <sup>198</sup>.

Bir endodontik irrigasyon solüsyonu seçmek söz konusu olduğunda, NaOCl akla gelen ilk seçenek olmaktadır <sup>7</sup>. NaOCl, bakterisidal özelliklere sahip olması ve organik doku çözmesi nedeniyle kök kanal tedavisinde sıklıkla tercih edilmektedir <sup>199,200</sup>. Özellikle yüksek pH (11-12,2) NaOCl' ye geniş antimikrobiyal etkinlik kazandırmaktadır <sup>50</sup>. EDTA, smear tabakasının inorganik kısmını etkili bir şekilde kaldırabildiği için final irrigasyonunda NaOCl ile birlikte kullanılması önerilen başka bir solüsyondur <sup>201,202</sup>. Bu çalışmada etkinlikleri çalışmalarla kanıtlanan bu irrigasyon solüsyonları tercih edildi.

Bu çalışmada, dezenfeksiyona ilişkin in vitro araştırmalarda ve periapikal iyileşmeye ilişkin in vivo çalışmalarda iyi bir başarı oranına sahip olduğundan, geleneksel şırınga irrigasyonu grubu pozitif kontrol grubu olarak dahil edilmiştir. Köpek premolar dişlerinde yapılan bir çalışmada, şırınga irrigasyonunun apikal periodontitisin iyileşmesi üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir <sup>203</sup>. Bu çalışmayı destekler nitelikte kanin dişler üzerinde in vitro olarak yapılan başka bir araştırma, şırınga irrigasyonunun debris kaldırmada etkin olduğunu belirtmiştir <sup>94</sup>. Liang ve ark.

<sup>195</sup> yaptıkları çalışmada geleneksel şırınga ile irrigasyon grubunu kontrol grubu olarak tercih etmiştir.

Bunların aksine, Hülsmann ve ark. <sup>204</sup> kanal düzensizliklerinde ve oval şekilli kanallarda, şırınga irrigasyonundan sonra büyük miktarlarda debris kaldığını belirtmiştir. Bunu destekleyen başka bir çalışmada ise konvansiyonel enjektör irrigasyonunun düzensiz alanların dezenfeksiyonunda yeterli olmadığı tespit edilmiştir <sup>205</sup>.

MDA yönteminin uygulanmasının basit, ekonomik ve solüsyonun apikale ulaşmasına yardımcı olduğu gösterilmiştir <sup>206</sup>. MDA yönteminin kök kanal sisteminden etkin debris kaldırdığını ve irrigasyon aktivasyonunu sağlayarak dezenfeksiyona yardımcı olduğu çalışmalarda gösterilmiştir <sup>207,208</sup>. Bu çalışmada MDA, avantajları göz önünde bulundurularak test grubu olarak dahil edildi.

PUI aktivasyon sistemleri; kavitasyon etkisi, solüsyon sıcaklık artışı ile etkin dezenfeksiyon sağlaması ve kanal düzensizliklerine yüksek erişebilirlik gibi avantajları göz önünde bulundurularak bu çalışmaya dahil edilmiştir<sup>94</sup>.

Literatüre bakıldığında irrigasyon solüsyonlarının lazer destekli aktivasyonunda Er:YAG lazerlerin endodontide kullanımlarıyla ilgili diğer lazer türlerine üstünlükleri olduğu görülmektedir <sup>19,104</sup>. Yapılan bir çalışmada apikal bölgedeki debrisin Er:YAG lazer destekli aktivasyon ile kök kanalından uzaklaştırılması başarılı bulunmuştur <sup>103</sup>.

Çift lazer atım kullanılması ile SWEEPS teknolojisi tanıtılmıştır <sup>118</sup>. İki ardışık lazer atımının sonucunda, birinci lazer ışınının etkisi ile oluşan kabarcıklar; ikinci atımla daha hızlı çökerek fotoakustik şok dalgasının kök kanalının ulaşamayan dar kısımlara ulaşmasını sağlar <sup>117</sup>. AutoSWEEPS modu, döngüler sırasında değişen kavite çap ve kanal genişliği koşullarını eşleştirerek optimum koşullara yaklaşan atımlar meydana getirmektedir. Böylece operatörün özel fiber ucu kök kanalının merkezinde konumlandırma ihtiyacını ortadan kaldırır <sup>209</sup>. Er:YAG lazer kullanarak solüsyon aktivasyonu sağlayan AutoSWEEPS teknolojinin etkin bir şekilde kanallardan debris kaldırdığını bildiren güncel çalışmalar mevcuttur <sup>120,210</sup>. SWEEPS teknolojinin PIPS yöntemi ve X-SWEEPS modu ile aynı lazer tipini kullanması ve bu aktivasyon yöntemlerine göre daha ileri bir teknoloji olarak tanıtılması nedeniyle çalışmaya bu aktivasyon yöntemi dahil edilmiştir.



Apikal periodontitisli dişlerin tedavi sonrası takip süreleri çalışmalarda farklılık göstermekle beraber birçok çalışmada 1 yıllık takip süresi tercih edilmiştir<sup>184,185</sup>. Yapılan bir çalışmada, 12 yaşındaki bir erkek çocuğun mandibular tek köklü dişinde iyileşmenin tedaviden 3 ay sonra başladığı ve 1 yıl içinde tamamlandığı gösterilmiştir<sup>182</sup>. Bununla paralel olarak başka bir çalışmada Çalışkan ve ark.<sup>181</sup> geniş apeksli kist benzeri büyük bir lezyona sahip dişin iyileşmesinin ilk 1 yıl içinde olduğunu rapor etmiştir. Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularak bu çalışmada takip süresi 1 yıl olarak belirlendi.

Kök kanal kompleksi ve periapikal patolojiler, radyografik görüntüleme ve bunların dikkatlice değerlendirilmesi ile anlaşılabilir. Ancak geleneksel radyografilerdeki görüntünün iki boyutlu olması gözlemci açısından dezavantaj oluşturmakta ve bazı detayları gözden kaçırmaya neden olabilmektedir<sup>140</sup>. Periapikal görüntüleme ile lezyonların sağlıklı teşhis edilemediğini bildiren çalışmalar yapılmıştır<sup>211,212</sup>. Periapikal lezyonların incelendiği başka bir çalışmada CBCT ile görüntüleme sonucunda yapılan değerlendirmeler geleneksel 2D görüntülemeye üstün bulunmuştur<sup>213</sup>. Yüksek radyasyon CBCT'nin kullanımıyla ilgili en büyük endişedir ve bu da onu çalışma için olası bir sınırlama haline getirir. Ancak, CBCT görüntüleme nedeniyle alınan radyasyon dozu, yıllık sınır doz limitinden çok daha düşük bulunmuştur<sup>214</sup>. Maksiller dişlerde yapılan bir çalışmada ise CBCT görüntüleme ile maksiller molar dişlerde periapikal görüntülemeye göre daha çok lezyon teşhisi koyulabildiği gösterilmiştir<sup>215</sup>. Bu nedenle kök kanal anatomisinin yapısını daha iyi anlayabilmek adına üç boyutlu görüntüleme tekniklerinden yararlanılmaktadır<sup>140</sup>. Avantajlarından faydalanmak adına bu çalışmada periapikal lezyonların CBCT ile görüntülenmesi tercih edilmiştir.

Periapikal indekslerin kullanılması periapikal patolojileri ve anatomik yapıları etkin bir şekilde değerlendirebilmek için önemlidir<sup>132,133</sup>. Ørstavik ve ark.<sup>135</sup> periapikal lezyonların takibinde kullanılmak üzere Periapikal İndeks Skoru Sistemi (PAI) geliştirmiştir. Bu skorlama tekniğinde, 1-5 arasında bir skala oluşturulmuş ve periapikal değişiklikler değerlendirilmiştir. PAI skoru farklı inflamasyon düzeylerinin değerlendirilmesine izin verir ve çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır<sup>216</sup>. Yapılan çalışmalarda PAI skorunun 2 ve/veya daha altında olduğu vakalarda iyileşme yüzdeleri daha başarılı bulunmuştur<sup>217,218</sup>. Bununla

birlikte, PAI skorunun 2 ve daha altında olduğu durumlar küçük bir defekti ve hafif inflamasyonu tanımlamaktadır <sup>219</sup>. Bu çalışmaya, apikal bölgedeki lezyonları daha iyi analiz edebilmek adına daha şiddetli inflamasyon ve kemik defektlerinin gözlemlendiği, PAI skoru 3 ve üstü olan dişler dahil edildi.

In vitro çalışmalarda CBCT ile hacimsel ölçümlerin yüksek güvenilirlik göstermesine rağmen, hata payının %18'e kadar çıkabildiği gösterilmiştir <sup>220,221</sup>. Yapılan bir çalışmada periapikal lezyonların boyutlarındaki değerlendirmeler %20 ve üstü hacim verilerinde yapılmıştır <sup>195</sup>. Bu yüzden bu çalışmada, lezyon hacim değişikliklerinin değerlendirilmesinde %20 ve üstünde olan değişiklikler anlamlı kabul edildi.

Bu çalışmada tüm gruplarda tedavi öncesi lezyon hacim ortalamaları tedavi sonrası lezyon hacim ortalamalarından yüksek olduğu ve anlamlı bir şekilde küçüldüğü ve endodontik tedavinin her yaş grubunda başarılı sonuç verdiği tespit edilmiştir. Apikal periodontitis tanısı koyulan 56 dişin 50 tanesinde lezyonlar tamamen iyileşmiş veya küçülmüştür ( başarı oranı %89,2). 6 dişin ise lezyon boyutları arasındaki yüzdesel değişim belirgin değildi. Belirgin olmayan değişimler en çok kontrol grubu (Geleneksel şırınga)' nda 3 vakada gözlemlenmiştir. PUI grubundaki tüm lezyonlar küçülmüştür. SWEEPS grubunda ise 4 dişte lezyon gözlemlenmemiştir. Yapılan bir çalışmada işlem öncesi ve 2 yıl sonraki takip seansında CBCT görüntüleri alınan 77 maksiller dişin periapikal lezyonlarının kök kanal tedavisi sonucundaki hacimsel değişiklikleri ITK SNAP uygulaması ile analiz edilmiştir. Kök kanal tedavisinin başarı oranı %20 hata payı göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve %82,2 olarak bulunmuştur <sup>41</sup>. CBCT ile periapikal radyografileri lezyon teşhisi açısından kıyaslayan çalışmalar mevcuttur <sup>160,222</sup>. Bu çalışmalara göre periapikal radyografiler var olan lezyonları olduğundan daha küçük göstermektedir. Bizim çalışmamızda lezyonları CBCT ile görüntülememiz endodontik tedavi başarı oranını düşürmüş olabilir. Yapılan bir çalışmada KKT yapılan geniş lezyonlu anterior dişlerin büyük bir kısmının iyileşme süreçlerinin 2 yıl içerisinde tamamlandığı bildirilmiştir <sup>181</sup>. Çalışmamızda takip süresinin 1 yıl olduğu göz önüne alındığında takip süreleri arttıkça lezyon hacimlerinde daha belirgin düşüşler görülmesi olasıdır.

Geleneksel şırınga ve PUI ile aktivasyon yöntemlerinin tek köklü dişlerde lezyon iyileşmesine etkisini inceleyen araştırmacılar iki grubun da lezyon hacim değerlerini düşürdüğünü bulmuştur <sup>195</sup>.

Mevcut çalışmadaki lezyon iyileşme yüzdeleri hacimsel olarak SWEEPS, (%86,9) > PUI, (%85,4) > MDA, (%80,4) > Geleneksel şırınga, (%74,5) olarak bulunmuştur. Ultrasonik ve geleneksel şırınga irrigasyonunu kıyaslayan bir çalışmada 6-12. aylarda lezyon değişimleri periapikal filmler üzerinden değerlendirilmiş iki grup arasında istatistiksel anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir <sup>223</sup>. Mevcut çalışmada bahsedilen çalışmayı destekler nitelikte; farklı aktivasyon yöntemleri ile tedavi edilen gruplarda lezyon iyileşmeleri açısından istatistiksel anlamlı farklar bulunamamıştır. Bir sistematik derleme çalışmasının analiz verilerine göre KKT' de irrigasyon solüsyonlarının aktive edilmesinin koronal, orta ve apikal üçlüde smear tabakasını ve kanallarda bulunan debris uzaklaştırmada etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla beraber irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu apikal 1mm kısımda etkin olmasına rağmen bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır <sup>224</sup>.

Aktivasyon yöntemlerinin apikal periodontitisli dişlerin iyileşmesi üzerindeki etkisini inceleyen klinik çalışmaların yetersizliği nedeniyle; aktivasyon yöntemlerinin etkinlikleri kendi içlerinde in vitro çalışmalarla kıyaslanmıştır. Er:YAG (2940 nm) lazer ile PUI yöntemini karşılaştıran bir çalışmada iki grup arasında debris uzaklaştırma etkinliği arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır <sup>225</sup>. Bunu destekler nitelikteki başka bir çalışmada ER:YAG (2940 nm) lazer ve PUI yöntemi arasında debris uzaklaştırma etkinlikleri açısından anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir <sup>226</sup>. Bu iki yöntemin antimikrobiyal etkinliklerini araştıran bir çalışmada ise lazer aktivasyon ve PUI yöntemlerinin arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır <sup>227</sup>. Akyüz ve ark. tek köklü maksiller dişlerde yaptıkları çalışmada lazer grubunun (2940 nm) smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğini, PUI ve geleneksel yöntemle göre üstün bulmuşlardır. Ancak aralarındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuçlar bu çalışmada kullanılan Er:YAG (2940 nm) lazer ve PUI grubunun istatistiksel verileri ile tutarlıdır <sup>14</sup>. Bu çalışmaların aksine literatürde Er:YAG (2940 nm) lazer kullanılan SWEEPS yönteminin PUI grubuna göre smear ve debris uzaklaştırma açısından üstün olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır. SWEEPS ile geleneksel şırınganın debris uzaklaştırma etkinliklerinin karşılaştırıldığı

bir çalışmada SWEEPS yöntemi daha üstün bulunmuştur <sup>210</sup>. Mandibular dişlerin kıvrımlı meziobukkal kanallarından smear tabakasının ve debrisin uzaklaştırılmasını inceleyen in vitro bir çalışmada SWEEPS yöntemi ve PUI yöntemleri geleneksel yöntemle göre üstün bulunmuştur ( $p<0,001$ ) <sup>120</sup>. Bu çalışmaya kurvatürlü kanalların dahil edilmemesi, SWEEPS teknolojisinin diğer yöntemlere olan üstünlüğünü göstermesinde bir kısıtlılığa neden olmuş olabilir. Bir çalışmada araştırmacılar, kanal yenileme işlemlerinde kök duvarlarında kalan kök kanal dolum materyallerini değerlendirerek aktivasyon gruplarının kurvatürlü kanallardaki etkinliklerini karşılaştırmış ve SWEEPS ile aktivasyonun PUI yöntemine göre daha etkin bir kök kanal temizliği yaptığı sonucuna ulaşmışlardır <sup>228</sup>. Bu çalışmalar gruplara dahil edilen dişlerin anatomik yapılarının çalışma sonuçlarını etkileyebileceğini göstermektedir.

Bu çalışmadaki sonuçlara göre SWEEPS ve kontrol grubu lezyon değişimleri arasında yüzdesel bir farklılık (%86,9 > %74,5) bulunmuştur. Bu sonuçlar istatistiksel bir anlam taşımamaktadır. Yapılan çalışmalardan birinde SWEEPS, PUI ve geleneksel şırınga yöntemlerinin smear ve debrisi uzaklaştırmadaki etkinlikleri kıyaslanmış ve SWEEPS ve PUI yöntemlerinin geleneksel şırıngaya göre istatistiksel anlamlı olarak daha üstün oldukları görülmüştür <sup>120</sup>. Diğer bir çalışmada ise SWEEPS ve geleneksel şırınga yöntemlerinin mandibular dişlerdeki isthmuslardan debris kaldırma etkinlikleri karşılaştırılmış ve SWEEPS yöntemi istatistiksel anlamlı olarak daha üstün bulunmuştur <sup>210</sup>. Bahsedilen çalışmalarda SWEEPS' in üstün bulunmasının nedeni örnek seçimi ve irrigasyon solüsyonuna belirli sürede iletilen iki ardışık lazer atımının şok dalgası oluşturması ve solüsyonun daha geniş yüzeylere ulaşmasını sağlaması olabilir <sup>209</sup>. Bu çalışmaların aksine, yapılan bir çalışmada Er:YAG lazer ile geleneksel şırınga irrigasyonunun smear tabakasını uzaklaştırma ve *E.feacalis* üzerindeki etkileri incelenmiş ve aralarında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir <sup>229</sup>. Anlamlı fark gözlemlenmemesinin sebebi Er:YAG lazer grubunda geleneksel şırınga grubuna göre daha düşük hacimde irrigasyon solüsyonu kullanılması olabilir. Bu çalışma ile tutarlı Er:YAG (2940 nm) lazer ve geleneksel şırınga grubunun smear uzaklaştırma etkinliklerini in vitro karşılaştıran bir çalışmada ise lazer ve geleneksel şırınga grubu arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır <sup>230</sup>. Lazer ve geleneksel şırınga grubu arasında anlamlı bir fark gözlemlenmemesinin nedeni; geleneksel şırınga grubunda irigasyon solüsyonlarının kök kanallarında daha uzun etki süresinde bulunması olabilir.

Çalışmamızda ise Er:YAG (2940 nm) lazerin kullanıldığı SWEEPS grubu yüzdesel değerler açısından geleneksel şırınga grubuna üstün bulunsa da bu iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Bu çalışmada istatistiksel fark bulunmamasına rağmen, MDA grubundaki lezyon değişimi %80,4 ortalama ile PUI ve SWEEPS gruplarının gerisinde kalırken kontrol grubundan (%74,5) daha başarılı bulunmuştur.

MDA ve PUI gruplarının dahil olduğu bir çalışmada aktivasyon yöntemlerinin molar dişlerin kök kanallarındaki isthmuslardan debris uzaklaştırma etkinlikleri karşılaştırılmış ve PUI, MDA yöntemine göre üstün bulunmuştur <sup>231</sup>. Bu aktivasyon yöntemlerinin smear kaldırma etkinliklerinin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ise PUI yönteminin daha başarılı smear tabakası uzaklaştırdığı sonucuna varılmıştır <sup>232</sup>. Yapılan bir çalışmada MDA, geleneksel şırınga ve PUI irrigasyon etkinlikleri karşılaştırılmış ve MDA, şırıngaya göre kök kanallarından daha etkin bir şekilde debris kaldırırken; PUI grubunun gerisinde kalmıştır <sup>207</sup>. Geleneksel şırınga ve PUI ile aktivasyon yöntemlerinin tek köklü dişlerde lezyon iyileşmesine etkisini inceleyen araştırmacılar; iki grubun da lezyon hacim değerlerini düşürdüğünü bulmuştur <sup>195</sup>. Bu çalışmadan elde edilen verilere göre PUI grubunun lezyon değişim yüzdesi kontrol grubunun (geleneksel şırınga) lezyon değişim yüzdesinden daha yüksek bulunmuştur. Bir çalışmada PUI yönteminin kök kanallarından geleneksel yöntemle göre daha iyi CaOH uzaklaştırdığı gözlemlenmiştir <sup>233</sup>. Bu çalışmada iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da; PUI yönteminin hidrodinamik aktivasyon ve oluşturduğu kabarcıklarla kavitasyon etkisi yaratmasının, geleneksel yöntemle üstünlük sağlama konusunda bir etken olduğu düşünülebilir <sup>92</sup>. Başka bir derleme çalışmasında ultrasonik aktivasyon, hem klinik hem de in vitro çalışmaların sistematik analizlerine dayalı olarak pulpa dokusu artıklarının ve debrisin uzaklaştırılmasında şırınga irrigasyonundan daha etkili bulunmuştur <sup>234</sup>. Bu çalışmaların aksine PUI ve geleneksel şırınga yönteminin etkinlikleri arasında anlamlı fark bulamayan ve çalışmamızla tutarlı çalışmalar yapılmıştır <sup>195,234</sup>. Caputa ve ark.<sup>234</sup> yaptıkları çalışmada ultrasonik aktivasyonun periapikal doku iyileşmesinde geleneksel şırıngaya karşı bir üstünlüğü olmadığı sonucuna varmıştır. Sonuçlar arasındaki bu farklılıklar; istatistiksel güç analizi ve örneklem büyüklüğü, geliştirilmiş aktivasyonun istatistiksel açıdan anlamlı derecede daha üstün bir iyileşmeye neden olmayabileceği ve

çalışmalarda kullanılan irrigasyon protokollerindeki değişiklikler gibi çeşitli nedenlerle ilişkilendirilebilir.

Periapikal lezyon boyutu ile dişin prognozu arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır. Bir çalışmada, 5 mm’ den büyük lezyonlarda, daha küçük lezyonlara kıyasla daha yüksek başarısızlık oranı olduğu belirtilmiştir <sup>235</sup>. Bunu destekler nitelikteki başka bir çalışmada Çalışkan ve ark. lezyon çapı 5 mm’ den küçük olan dişlerde, 5 mm’ den büyük olan dişlere göre daha yüksek başarı oranı saptandığını bildirmişlerdir <sup>236</sup>. Bu çalışmada SWEEPS grubunun işlem öncesi lezyon hacim değerleri PUI grubuna göre daha yüksek olmasına rağmen lezyon hacim değişimleri arasında anlamlı fark gözlemlenmemiştir.

Yeterli irrigasyonu sağlamak için belirli bir miktarda kök kanalı genişletmenin gerekli olduğu düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada, daha büyük bir apikal çapın daha iyi apikal dezenfeksiyona izin verdiği ve kök kanallarında irrigasyon solüsyonunun daha geniş yüzey alanlarına ulaşmasını sağlayarak aktivasyonu arttırdığı bildirilmiştir <sup>237</sup>. Başka bir çalışmada ise etkin irrigasyonun dar kanallardan olumsuz etkilendiği sonucuna varılmıştır <sup>238</sup>.

Mevcut çalışmada farklı irrigasyon aktivasyon tekniklerinin lezyon iyileşmesine etkisi açısından gruplar arasında anlamlı fark bulunmadığı üzerine kurulan hipotez kabul edilmiştir. Bu çalışmada irrigasyon aktivasyon yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamasının nedeni, yeterli şekillendirme yapılması nedeniyle geleneksel enjektör ucunun ve ultrasonik ucun çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde yerleştirilmesine imkân vermesi ve böylece solüsyonun apikal alana ulaşmasına izin vermesi olabilir. Bunun yanı sıra iyi doldurulmuş kök kanalları ve doğru bir hermetik tıkanmanın, mikrobiyal ve kimyasal kontaminasyona engel olarak apikal peridodontitise sahip lezyonlu dişlerin iyileşmesinde önemli birer etken olduğu düşünülebilir.

Bu çalışmada bazı limitasyonlar mevcuttur:

- Bu çalışma RTEÜ Diş Hekimliği Fakültesi popülasyonunu temsil etmektedir. Çalışmanın tek merkezli olması ve örneklem büyüklüğünün sınırlı olması sonuçların genellenebilmesinde bir kısıtlılıktır.
- Çalışmanın takip süresinin 1 yıl olarak belirlenmesi, lezyon değişimleri ile ilgili uzun vadede kesin kanıtlar elde etmemizi sınırlamış olabilir.

- Çok köklü dişler ve tedavi açısından daha zorlu kök kanal anatomisine sahip vakaların tercih edilmemesi, aktivasyon yöntemlerinin etkinliklerini daha sağlıklı değerlendirmemize engel oluşturmuş olabilir.

- Farklı hastaların farklı iyileşme potansiyelleri ve genetik faktörler lezyon değişimlerini etkilemiş olabilir.

## **6. SONUÇ VE ÖNERİLER**

- Bu çalışmanın sonuçlarına göre; 4 aktivasyon yöntemi arasında en fazla lezyon hacim değişimi yaratan grup %86,9 ile SWEEPS grubudur.

- En düşük lezyon hacim değişimi yaratan grup ise %74,5 ile geleneksel şırınga grubudur.

- Ancak gruplar arasında 1 yıllık takip süresince lezyon değişim yüzdeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

- İrrigasyon aktivasyon yönteminden çok iyi doldurulmuş kök kanallarının ve doğru bir hermetik tıkanmanın lezyon iyileşmeleri üzerinde daha fazla etkin olduğu düşünülebilir.

- PUI ve AutoSWEEPS tekniklerinin, isthmus alanları gibi karmaşık kök kanal sistemlerinde daha iyi bir performansa sahip olmaları ve çok köklü dişlerdeki aktivasyon üstünlüklerini diğer yöntemlere göre daha belirgin göstermeleri beklenebilir.

- Sonuçlar arasında daha sağlıklı karşılaştırmalar yapabilmek için yüksek örneklem büyüklüğünde uzun takip süreli, randomize klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

## KAYNAKÇA

1. Basrani BJA. Irrigation in endodontic treatment. 2011;104.
2. Krema Z, Trfas E, Ellabib M, Cogliati M. Oral carriage of candidiasis in patients with oral dental diseases: predisposing factors, species and their antifungal susceptibility patterns. 2018.
3. Sundqvist G, Johansson E, Sjögren UJ. Prevalence of black-pigmented bacteroides species in root canal infections. 1989;15(1):13-19.
4. Ricucci D, Siqueira Jr JF. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. 2010;36(8):1277-1288.
5. Seltzer S, Bender I, Smith J, Freedman I, Nazimov HJ. Oral Medicine, Oral Pathology. Endodontic failures—an analysis based on clinical, roentgenographic, and histologic findings: part I. 1967;23(4):500-516.
6. de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca NJ. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an in vitro study. 2010;36(7):1216-1221.
7. Zehnder MJ. Root canal irrigants. 2006;32(5):389-398.
8. Yamada RS, Armos A, Goldman MJ. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating. 1983;9:137-142.
9. Calt S, Serper AJ. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. 2002;28(1):17-19.
10. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *Journal of endodontics*. 1987;13(4):147-157.
11. Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. 2009;35(6):791-804.
12. Boutsoukis C, Lambrianidis T, Kastrinakis EJ. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a computational fluid dynamics study. 2009;42(2):144-155.



13. Perez R, Neves A, Belladonna F, et al. Impact of needle insertion depth on the removal of hard-tissue debris. 2017;50(6):560-568.
14. Akyuz Ekim SN, Erdemir AJMr, technique. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: an in vitro study. 2015;78(3):230-239.
15. McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YLJlej. 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. 2008;41(7):602-608.
16. Klyn SL, Kirkpatrick TC, Rutledge REJJoe. In vitro comparisons of debris removal of the EndoActivator™ System, the F File™, ultrasonic irrigation, and NaOCl irrigation alone after hand-rotary instrumentation in human Mandibular molars. 2010;36(8):1367-1371.
17. ROY\* R, AHMAD\* M, Crum LJlej. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. 1994;27(4):197-207.
18. Gutknecht N, Moritz A, Conrads G, Sievert T, Lampert FJJoclm, surgery. Bactericidal effect of the Nd: YAG laser in in vitro root canals. 1996;14(2):77-80.
19. Yasuda Y, Kawamorita T, Yamaguchi H, Saito TJP, surgery I. Bactericidal effect of Nd: YAG and Er: YAG lasers in experimentally infected curved root canals. 2010;28(S2):S-75-S-78.
20. DiVito E, Peters OA, Olivi GJLims. Effectiveness of the erbium: YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. 2012;27(2):273-280.
21. Blanken J, De Moor RJG, Meire M, Verdaasdonk RJLiS, Medicine MTOJotASfL, Surgery. Laser induced explosive vapor and cavitation resulting in effective irrigation of the root canal. Part 1: a visualization study. 2009;41(7):514-519.
22. Jezeršek M, Lukač N, Lukač MJLiS, Medicine. Measurement of simulated debris removal rates in an artificial root canal to optimize laser-activated irrigation parameters. 2021;53(3):411-417.

23. Kosarieh E, Bolhari B, Pirayvatlou SS, et al. Effect of Er: YAG laser irradiation using SWEEPS and PIPS technique on dye penetration depth after root canal preparation. 2021;33:102136.
24. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Brazilian dental journal*. 2012;23:179-191.
25. Davies A, Patel S, Foschi F, Andiappan M, Mitchell P, Mannocci FJIEJ. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically retreated teeth–part 2: a 1 year post-treatment follow-up. 2016;49(7):623-635.
26. Erkan E, Gündoğar M, Uslu G, Özyürek TJO. Postoperative pain after SWEEPS, PIPS, sonic and ultrasonic-assisted irrigation activation techniques: a randomized clinical trial. 2022:1-9.
27. Koruk D, Basmacı F, Kırmızı D, Aksoy UJP, Photomedicine,, Surgery L. The impact of laser-activated and conventional irrigation techniques on sealer penetration into dentinal tubules. 2022;40(8):565-572.
28. Galler K, Grubmüller V, Schlichting R, et al. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. 2019;52(8):1210-1217.
29. Kırmızı D, Aksoy U, Orhan KJP, Photomedicine,, Surgery L. Efficacy of laser-activated irrigation and conventional techniques in calcium hydroxide removal from simulated internal resorption cavities: Micro-CT study. 2021;39(10):674-681.
30. Hargreaves KM. *Cohen's pathways of the pulp*: Elsevier; 2016.
31. Torabinejad M, Cymerman JJ, Frankson M, Lemon RR, Maggio JD, Schilder HJJoE. Effectiveness of various medications on postoperative pain following complete instrumentation. 1994;20(7):345-354.
32. Nair PRJCRiOB, Medicine. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. 2004;15(6):348-381.
33. Nair PRJJoe. Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions. 1987;13(1):29-39.
34. Berman LH, Hargreaves KM. *Cohen's pathways of the pulp-e-book*: Elsevier Health Sciences; 2020.

35. Khan AA, Hargreaves KMJTPoOP. Dental Pain. 2007;15:75-90.
36. Hargreaves KJMEHS. Berman LH Cohen's Pathways of the Pulp. 2015.
37. Chandra BS, Gopikrishna V. ENDODONTIC PRACTICE: Wolters Kluwer India; 2014.
38. Nair P, Ingle J, Bakland L, Baumgartner JJIseteHBDI. Non-microbial endodontic disease. 2008;309.
39. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Gonçalves M, Tanomaru JMJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. Detection of periapical lesion development by conventional radiography or computed tomography. 2008;106(1):e56-e61.
40. Haapasalo M, Udnæs T, Endal UJEt. Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post-treatment. 2003;6(1):29-56.
41. Saini A, Nangia D, Sharma S, et al. Outcome and associated predictors for nonsurgical management of large cyst-like periapical lesions: A CBCT-based prospective cohort study. 2023;56(2):146-163.
42. Olcay K, Ataoglu H, Belli SJJoe. Evaluation of related factors in the failure of endodontically treated teeth: a cross-sectional study. 2018;44(1):38-45.
43. Tzimpoulas NE, Alisafis MG, Tzanetakis GN, Kontakiotis EGJJoE. A prospective study of the extraction and retention incidence of endodontically treated teeth with uncertain prognosis after endodontic referral. 2012;38(10):1326-1329.
44. Skoglund A, Tronstad L. Pulpal changes in replanted and autotransplanted immature teeth of dogs. *Journal of Endodontics*. 1981;7(7):309-316.
45. Wu M-K, R'oris A, Barkis D, Wesselink PRJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. 2000;89(6):739-743.
46. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel JJJoe. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. 2002;28(3):211-216.
47. Darcey J, Jawad S, Taylor C, Roudsari RV, Hunter MJDu. Modern endodontic principles part 4: irrigation. 2016;43(1):20-33.

48. Basrani B, Haapasalo MJEt. Update on endodontic irrigating solutions. 2012;27(1):74-102.
49. Diogenes A, Henry MA, Teixeira FB, Hargreaves KMJEt. An update on clinical regenerative endodontics. 2013;28(1):2-23.
50. Mohammadi Z, Shalavi S, Jafarzadeh HJEjod. Ethylenediaminetetraacetic acid in endodontics. 2013;7(S 01):S135-S142.
51. Sreekha A, Rashmi K, Hegde J, Lekha S, Rupali K, Reshmi GJTJoIPS. An in vitro evaluation of passive ultrasonic agitation of different irrigants on smear layer removal after post space preparation: a scanning electron microscopic study. 2013;13(3):240-246.
52. Seidberg BH, Schilder HJOS, Oral Medicine, Oral Pathology. An evaluation of EDTA in endodontics. 1974;37(4):609-620.
53. Kuah H-G, Lui J-N, Tseng PS, Chen N-NJJoe. The effect of EDTA with and without ultrasonics on removal of the smear layer. 2009;35(3):393-396.
54. Mohammadi Z, Abbott PJJej. The properties and applications of chlorhexidine in endodontics. 2009;42(4):288-302.
55. Sen BH, Turk BTJEPT. An update on chlorhexidine in endodontics. 2009;3(2).
56. Küçük M, Kermeoğlu F, Kalender AJAoHSR. Endodontide kullanılan güncel irrigasyon solüsyonları, sistem ve cihazları. 2016;5(1):29-37.
57. Vertucci FJJOs, oral medicine, oral pathology. Root canal anatomy of the human permanent teeth. 1984;58(5):589-599.
58. Wu M, Van der Sluis L, Wesselink PJIEJ. A preliminary study of the percentage of gutta-percha-filled area in the apical canal filled with vertically compacted warm gutta-percha. 2002;35(6):527-535.
59. da Silva Limoeiro AG, Dos Santos AHB, De Martin AS, et al. Micro-computed tomographic evaluation of 2 nickel-titanium instrument systems in shaping root canals. 2016;42(3):496-499.
60. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao YJDC. Irrigation in endodontics. 2010;54(2):291-312.
61. Souza CC, Bueno CE, Kato AS, Limoeiro AG, Fontana CE, Pelegri RAJJoCDJ. Efficacy of passive ultrasonic irrigation, continuous ultrasonic

- irrigation versus irrigation with reciprocating activation device in penetration into main and simulated lateral canals. 2019;22(2):155.
62. Susila A, Minu JJEej. Activated irrigation vs. conventional non-activated irrigation in endodontics–A systematic review. 2019;4(3):96.
  63. Vidas J, Snjaric D, Braut A, et al. Comparison of apical irrigant solution extrusion among conventional and laser-activated endodontic irrigation. 2020;35(1):205-211.
  64. Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca PJDt. Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. 1985;1(2):69-76.
  65. Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HMA, Cohen S, Catherine J-H, Bukiet FJJoe. Sodium hypochlorite accident: a systematic review. 2017;43(1):16-24.
  66. Keir DM, Senia ES, Montgomery SJJoe. Effectiveness of a brush in removing postinstrumentation canal debris. 1990;16(7):323-327.
  67. Pasricha SK, Makkar S, Gupta PJJoc, JCDR dr. Pressure alteration techniques in endodontics-a review of literature. 2015;9(3):ZE01.
  68. Setlock J, Fayad MI, BeGole E, Bruzick MJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. Evaluation of canal cleanliness and smear layer removal after the use of the Quantec-E irrigation system and syringe: a comparative scanning electron microscope study. 2003;96(5):614-617.
  69. Walters MJ, Baumgartner JC, Marshall JGJJoE. Efficacy of irrigation with rotary instrumentation. 2002;28(12):837-839.
  70. Kaya E, Elbay M, Yiğit DJEJoPD. a micro-computed tomographic study. 2017;18:105.
  71. Metzger ZJJocdJ. The self-adjusting file (SAF) system: An evidence-based update. 2014;17(5):401.
  72. Neves M, Rôças I, Siqueira Jr JJlej. Clinical antibacterial effectiveness of the self-adjusting file system. 2014;47(4):356-365.
  73. FD SJLCdFS. The XP Endo Finisher File Brochure. 2016.
  74. Silva E, Belladonna F, Zuolo A, et al. Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. 2018;51(1):86-91.

75. Aksel H, Küçükkaya Eren S, Askerbeyli Örs S, Serper A, Ocak M, Çelik HJJeJ. Micro-CT evaluation of the removal of root fillings using the ProTaper Universal Retreatment system supplemented by the XP-Endo Finisher file. 2019;52(7):1070-1076.
76. Azim AA, Aksel H, Zhuang T, Mashtare T, Babu JP, Huang GT-JJJoe. Efficacy of 4 irrigation protocols in killing bacteria colonized in dentinal tubules examined by a novel confocal laser scanning microscope analysis. 2016;42(6):928-934.
77. Kolli S, Balasubramanian SK, Kittappa K, Mahalaxmi SJAEEJ. Efficacy of XP-endo Finisher files in endodontics. 2018;44(1):71-72.
78. Rödiger T, Sedghi M, Konietzschke F, Lange K, Ziebolz D, Hülsmann MJIEJ. Efficacy of syringe irrigation, RinsEndo® and passive ultrasonic irrigation in removing debris from irregularities in root canals with different apical sizes. 2010;43(7):581-589.
79. Hauser V, Braun A, Frentzen MJJeJ. Penetration depth of a dye marker into dentine using a novel hydrodynamic system (RinsEndo®). 2007;40(8):644-652.
80. Miranda R, Santos E, Souto R, Gusman H, Colombo AJJeJ. Ex vivo antimicrobial efficacy of the E ndo V ac® system plus photodynamic therapy associated with calcium hydroxide against intracanal E nterococcus faecalis. 2013;46(6):499-505.
81. Ahmetoglu F, Keles A, Yalcin M, Simsek NJEjod. Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study. 2014;8(01):053-057.
82. Yılmaz M, Yılmaz S, Dumanı A, Kuden C, Yoldas OJNjocp. Effects of seven different irrigation techniques on debris and the smear layer: a scanning electron microscopy study. 2017;20(3):328-334.
83. Merino A, Estevez R, de Gregorio C, Cohenca NJJeJ. The effect of different taper preparations on the ability of sonic and passive ultrasonic irrigation to reach the working length in curved canals. 2013;46(5):427-433.
84. Desai P, Himel VJJoe. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. 2009;35(4):545-549.

85. Ahmad M, Ford TRP, Crum LAJJoE. Ultrasonic debridement of root canals: an insight into the mechanisms involved. 1987;13(3):93-101.
86. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein SJCoI. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. 2017;21(9):2681-2687.
87. Conde A, Estevez R, Loroño G, Valencia de Pablo O, Rossi-Fedele G, Cisneros RJJeJ. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. 2017;50(10):976-982.
88. Salas H, Castrejon A, Fuentes D, Luque A, Luque EJJoC, Dentistry E. Evaluation of the penetration of CHX 2% on dentinal tubules using Conventional Irrigation, Sonic Irrigation (EDDY) and Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) techniques: An in vitro study. 2021;13(1):e37.
89. Neuhaus KW, Liebi M, Stauffacher S, Eick S, Lussi AJJoe. Antibacterial efficacy of a new sonic irrigation device for root canal disinfection. 2016;42(12):1799-1803.
90. Donnermeyer D, Wyrsh H, Bürklein S, Schäfer EJJoe. Removal of calcium hydroxide from artificial grooves in straight root canals: sonic activation using EDDY versus passive ultrasonic irrigation and XPendo Finisher. 2019;45(3):322-326.
91. Richman MJJJDm. The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. 1957;12:12-18.
92. Mozo S, Llena C, Forner LJMo, patologia oral y cirugía bucal. Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. 2012;17(3):e512.
93. Van der Sluis L, Versluis M, Wu M, Wesselink PJJeJ. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. 2007;40(6):415-426.
94. Van der Sluis L, Gambarini G, Wu M, Wesselink PJJeJ. The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. 2006;39(6):472-476.

95. Briseño M B, Wirth R, Hamm G, Standhartfnger WJDT. Efficacy of different irrigation methods and concentrations of root canal irrigation solutions on bacteria in the root canal. 1992;8(1):6-11.
96. Stamos DE, Sadeghi EM, Haasch GC, Gerstein HJJoe. An in vitro comparison study to quantitate the debridement ability of hand, sonic, and ultrasonic instrumentation. 1987;13(9):434-440.
97. Sabins RA, Johnson JD, Hellstein JWJJoe. A comparison of the cleaning efficacy of short-term sonic and ultrasonic passive irrigation after hand instrumentation in molar root canals. 2003;29(10):674-678.
98. Ince Yusufoglu S, Keskin NB, Saricam E, Bozkurt DAJAEJ. Comparison of apical debris extrusion using EDDY, passive ultrasonic activation and photon-initiated photoacoustic streaming irrigation activation devices. 2020;46(3):400-404.
99. De Moor RJ, Meire M, Goharkhay K, Moritz A, Vanobbergen JJJoe. Efficacy of ultrasonic versus laser-activated irrigation to remove artificially placed dentin debris plugs. 2010;36(9):1580-1583.
100. Doğanay Yıldız E, Dincer B, Fidan MEJAOS. Effect of different laser-assisted irrigation activation techniques on apical debris extrusion. 2020;78(5):332-336.
101. EKİM ŞA, ERDEMİR AJAÜDHFD. ENDODONTİDE İRRİGASYON AKTİVASYON YÖNTEMLERİ. 2015;25:98-104.
102. Lee B-S, Lin C-P, Hung Y-L, Lan W-HJP, Therapy L. Structural changes of Er: YAG laser-irradiated human dentin. 2004;22(4):330-334.
103. De Groot S, Verhaagen B, Versluis M, Wu MK, Wesselink P, Van Der Sluis LJJej. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. 2009;42(12):1077-1083.
104. Keleş A, Arslan H, Kamalak A, Akçay M, Sousa-Neto MD, Versiani MAJJoe. Removal of filling materials from oval-shaped canals using laser irradiation: a micro-computed tomographic study. 2015;41(2):219-224.
105. Cavalcanti TM, Almeida-Barros RQd, Catão MHCdV, Feitosa APA, Lins RDAUJAbdd. Knowledge of the physical properties and interaction of laser with biological tissue in dentistry. 2011;86:955-960.



106. Olivi G, De Moor R, DiVito EJSB, Publishing CACSI. *Lasers in Endodontics*. 2016.
107. Golob BS, Olivi G, Vrabec M, El Feghali R, Parker S, Benedicenti SJJoE. Efficacy of photon-induced photoacoustic streaming in the reduction of *Enterococcus faecalis* within the root canal: different settings and different sodium hypochlorite concentrations. 2017;43(10):1730-1735.
108. DiVito E, Lloyd AJDt. ER: YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. 2012;31(11):122, 124-127.
109. Olivi G, DiVito EJLHA. Photoacoustic endodontics using PIPS™: experimental background and clinical protocol. 2012;1(3).
110. Peters OA, Bardsley S, Fong J, Pandher G, DiVito EJJoe. Disinfection of root canals with photon-initiated photoacoustic streaming. 2011;37(7):1008-1012.
111. Jaramillo D, Aprecio R, Angelov N, DiVito E, McClammy TJEP. Efficacy of photon induced photoacoustic streaming (PIPS) on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: A pilot study. 2012;5(3):28-32.
112. Ordinola-Zapata R, Bramante C, Aprecio R, Handysides R, Jaramillo DJIej. Biofilm removal by 6% sodium hypochlorite activated by different irrigation techniques. 2014;47(7):659-666.
113. Shi L, Qinghua L, Qiming P, et al. The ablation threshold of Er: YAG laser and Er, Cr: YSGG laser in dental dentin. 2010;5(16):2128-2135.
114. Macedo R, Wesselink P, Zaccheo F, Fanali D, Van Der Sluis LJJej. Reaction rate of NaOCl in contact with bovine dentine: effect of activation, exposure time, concentration and pH. 2010;43(12):1108-1115.
115. Deleu E, Meire MA, De Moor RJJLims. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. 2015;30(2):831-835.
116. Olivi G, DiVito EE. Advanced Laser-Activated Irrigation: PIPS™ Technique and Clinical Protocols. *Lasers in Endodontics*: Springer; 2016:219-291.
117. Mancini M, Cerroni L, Palopoli P, et al. FESEM evaluation of smear layer removal from conservatively shaped canals: laser activated irrigation (PIPS

- and SWEEPS) compared to sonic and passive ultrasonic activation—an ex vivo study. 2021;21(1):1-10.
118. Lukac N, Muc BT, Jezersek M, Lukac MJLHA. Photoacoustic endodontics using the novel SWEEPS Er: YAG laser modality. 2017;1:1-7.
  119. Lukač M, Olivi G, Constantin M, Lukač N, Jezeršek MJLiS, Medicine. Determination of Optimal Separation Times for Dual-Pulse SWEEPS Laser-Assisted Irrigation in Different Endodontic Access Cavities. 2021;53(7):998-1004.
  120. Vatanpour M, Toursavadkouhi S, Sajjad SJP, therapy p. Comparison of three irrigation methods: SWEEPS, ultrasonic, and traditional irrigation, in smear layer and debris removal abilities in the root canal, beyond the fractured instrument. 2022;37:102707.
  121. Erkan E, Gündoğar M, Uslu G, Özyürek T. Postoperative pain after SWEEPS, PIPS, sonic and ultrasonic-assisted irrigation activation techniques: a randomized clinical trial. *Odontology*. 2022/10/01 2022;110(4):786-794.
  122. Panthangi S, Vishwaja U, Reddy CLC, Babu MB, Podili SJIIJoC, Endodontics. Novel sweeps technology in endodontics—A review. 2021;6(3):134-142.
  123. Sigurdsson A, Garland RW, Le KT, Woo SMJJoe. 12-month healing rates after endodontic therapy using the novel GentleWave system: a prospective multicenter clinical study. 2016;42(7):1040-1048.
  124. Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, et al. Apical pressure created during irrigation with the GentleWave™ system compared to conventional syringe irrigation. 2016;20(7):1525-1534.
  125. Sigurdsson A, Garland RW, Le KT, Rassoulia SAJJoe. Healing of periapical lesions after endodontic treatment with the GentleWave procedure: a prospective multicenter clinical study. 2018;44(3):510-517.
  126. Fabricius L, Dahlén G, Sundqvist G, Happonen RP, Möller ÅJJEjoos. Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth. 2006;114(4):278-285.
  127. Rôças IN, Siqueira Jr JF, Santos KRJJoe. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. 2004;30(5):315-320.

128. Ricucci D, Siqueira Jr JFJJoe. Recurrent apical periodontitis and late endodontic treatment failure related to coronal leakage: a case report. 2011;37(8):1171-1175.
129. Ruddle CJJDCoNA. Micro-endodontic nonsurgical retreatment. 1997;41(3):429-454.
130. journal ESoEJle. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. 2006;39(12):921-930.
131. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala KJle. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—part 1. Effects of study characteristics on probability of success. 2007;40(12):921-939.
132. Ridao-Sacie C, Segura-Egea J, Fernández-Palacín A, Bullón-Fernández P, Ríos-Santos JJle. Radiological assessment of periapical status using the periapical index: comparison of periapical radiography and digital panoramic radiography. 2007;40(6):433-440.
133. Chugal NM, Clive JM, Spångberg LSJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: effect of biologic and diagnostic variables. 2001;91(3):342-352.
134. Strindberg LZJAOS. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors-an analytical study based on radiographic and clinical follow-up examination. 1956;14:1-175.
135. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HMJDT. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. 1986;2(1):20-34.
136. Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JR, Pécora JDJJoe. A new periapical index based on cone beam computed tomography. 2008;34(11):1325-1331.
137. Venskutonis T, Plotino G, Tocci L, Gambarini G, Maminskas J, Juodzbaly GJJJoe. Periapical and endodontic status scale based on periapical bone lesions and endodontic treatment quality evaluation using cone-beam computed tomography. 2015;41(2):190-196.
138. Svanaes D, Møystad A, Larheim TJCr. Approximal caries depth assessment with storage phosphor versus film radiography. 2000;34(6):448-453.

139. Sigurdsson AJEep, periodontitis toa. Clinical manifestations and diagnosis. 2019;211-236.
140. Berman D. L & Hargreaves KM. Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult: Elsevier Health Sciences; 2015.
141. White SC, Pharoah MJE. Oral radiology: principles and interpretation. St. Louis, MO: Mosby. 2009;6:70-73.
142. Karamifar K, Tondari A, Saghiri MAJEEJ. Endodontic periapical lesion: An overview on the etiology, diagnosis and current treatment Modalities. 2020;5(2):54.
143. Ozbek S, Orhan K, Öztürkmen ZJTKJOMRST. Manyetik rezonans görüntülemenin diş hekimliğindeki yeri, önemi ve manyetik rezonans görüntülerinin yorumlanması. 2016;2:33-36.
144. Topsakal KG, Korkmaz YNJSDJ. Ortodontide üç boyutlu görüntüleme sistemleri: Literatür derlemesi. 2018;5(2):186-193.
145. Prince CN, Annapurna CS, Sivaraj S, Ali IJOp, sciences b. Ultrasound imaging in the diagnosis of periapical lesions. 2012;4(Suppl 2):S369.
146. White SCJHp. Cone-beam imaging in dentistry. 2008;95(5):628-637.
147. Jaju PP, Jaju SP. Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging science in dentistry*. Dec 2015;45(4):263-265.
148. Arai Y, Hashimoto K, Iwai K, Shinoda KJSH. Fundamental efficiency of limited cone-beam X-ray CT (3DX multi image micro CT) for practical use. 2000;40(2):145-154.
149. Scarfe WC, Angelopoulos C. *Maxillofacial cone beam computed tomography: principles, techniques and clinical applications*: Springer; 2018.
150. Kau CH, Božić M, English J, et al. Cone-beam computed tomography of the maxillofacial region—an update. 2009;5(4):366-380.
151. Frederiksen NJOr. Specialized radiographic techniques. 1994:266-290.
152. Ludlow JB, Davies-Ludlow L, Brooks S, Howerton WJDr. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. 2006;35(4):219-226.
153. Özer SGYJGÜDHFD. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi'nin endodontide uygulama alanları. 2010;27(3):207-217.

154. Üreyen Kaya B, Keçeci AD, Yaran AJEÜDHFD. Endodontide Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografinin Uygulama Alanları. 2012;33(1):21-31.
155. Scarfe WC, Farman AGJDCoNA. What is cone-beam CT and how does it work? 2008;52(4):707-730.
156. Harorlı A, Akgül M, Yılmaz B, et al. Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi. 1. baskı İstanbul; Nobel Tıp Kitapevleri Tic. 2014:484-500.
157. Nkenke E, Zachow S, Benz M, et al. Fusion of computed tomography data and optical 3D images of the dentition for streak artefact correction in the simulation of orthognathic surgery. 2004;33(4):226-232.
158. Carter L, Farman AG, Geist J, et al. American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology executive opinion statement on performing and interpreting diagnostic cone beam computed tomography. 2008;106(4):561-562.
159. Soğur E, Baksı BG, Gröndahl H-G, Şen BHJJoE. Pixel intensity and fractal dimension of periapical lesions visually indiscernible in radiographs. 2013;39(1):16-19.
160. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JRJJoe. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. 2008;34(3):273-279.
161. Tsai P, Torabinejad M, Rice D, Azevedo BJJoe. Accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in detecting small periapical lesions. 2012;38(7):965-970.
162. Kottoor J, Velmurugan N, Ballal S, Roy AJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. Four-rooted maxillary first molar having C-shaped palatal root canal morphology evaluated using cone-beam computerized tomography: a case report. 2011;111(5):e41-e45.
163. Abella F, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Roig MJIEJ. Managing severe curvature of radix entomolaris: three-dimensional analysis with cone beam computed tomography. 2011;44(9):876-885.
164. Keleş A, Çakıcı FJIEJ. Endodontic treatment of a maxillary lateral incisor with vital pulp, periradicular lesion and type III dens invaginatus: a case report. 2010;43(7):608-614.

165. Tsurumachi T, Honda KJJej. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. 2007;40(3):224-232.
166. Behrents K, Speer M, Noujeim MJJej. Sodium hypochlorite accident with evaluation by cone beam computed tomography. 2012;45(5):492-498.
167. Gambarini G, Plotino G, Grande N, et al. Differential diagnosis of endodontic-related inferior alveolar nerve paraesthesia with cone beam computed tomography: a case report. 2011;44(2):176-181.
168. Kamburoglu K, Barenboim S, Arıtürk T, Kaffe IJDR. Quantitative measurements obtained by micro-computed tomography and confocal laser scanning microscopy. 2008;37(7):385-391.
169. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PRJJoe. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. 2009;35(5):719-722.
170. Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JMJD. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 1: traumatic injuries. 2007;23(2):95-104.
171. Estevez R, Aranguren J, Escorial A, et al. Invasive cervical resorption Class III in a maxillary central incisor: diagnosis and follow-up by means of cone-beam computed tomography. 2010;36(12):2012-2014.
172. Bhuva B, Barnes J, Patel SJJej. The use of limited cone beam computed tomography in the diagnosis and management of a case of perforating internal root resorption. 2011;44(8):777-786.
173. Strindberg LZ. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors-an analytical study based on radiographic and clinical follow-up examination. *Acta Odontol Scand*. 1956;14:1-175.
174. RS BJRe. Giriş prosedürleri. 2008;4:28-35.
175. van der Borden WG, Wang X, Wu M-K, Shemesh HJJJoe. Area and 3-dimensional volumetric changes of periapical lesions after root canal treatments. 2013;39(10):1245-1249.
176. Mischkowski RA, Pulsfort R, Ritter L, et al. Geometric accuracy of a newly developed cone-beam device for maxillofacial imaging. 2007;104(4):551-559.

177. Ahlowalia M, Patel S, Anwar H, et al. Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions. 2013;46(6):538-546.
178. Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, Setzer FCJJoE. A comparison of 2-and 3-dimensional healing assessment after endodontic surgery using cone-beam computed tomographic volumes or periapical radiographs. 2017;43(7):1072-1079.
179. Dhamija R, Tewari S, Sangwan P, Duhan J, Mittal SJJoe. Impact of platelet-rich plasma in the healing of through-and-through periapical lesions using 2-dimensional and 3-dimensional evaluation: a randomized controlled trial. 2020;46(9):1167-1184.
180. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon T-C, Lee C-Y, Kim EJJoe. Influence of size and volume of periapical lesions on the outcome of endodontic microsurgery: 3-dimensional analysis using cone-beam computed tomography. 2016;42(8):1196-1201.
181. Çalışkan MJJej. Prognosis of large cyst-like periapical lesions following nonsurgical root canal treatment: a clinical review. 2004;37(6):408-416.
182. Öztan MJJej. Endodontic treatment of teeth associated with a large periapical lesion. 2002;35(1):73-78.
183. Çalışkan MK, Türkün MJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. Periapical repair and apical closure of a pulpless tooth using calcium hydroxide. 1997;84(6):683-687.
184. Waltimo T, Trope M, Haapasalo M, Ørstavik DJJoe. Clinical efficacy of treatment procedures in endodontic infection control and one year follow-up of periapical healing. 2005;31(12):863-866.
185. Dorasani G, Madhusudhana K, Chinni SKJJoCD. Clinical and radiographic evaluation of single-visit and multi-visit endodontic treatment of teeth with periapical pathology: An in vivo study. 2013;16(6):484.
186. Penesis VA, Fitzgerald PI, Fayad MI, Wenckus CS, BeGole EA, Johnson BRJJoe. Outcome of one-visit and two-visit endodontic treatment of necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized controlled trial with one-year evaluation. 2008;34(3):251-257.

187. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PJIEJ. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. 2004;37(9):607-612.
188. Ng YL, Mann V, Gulabivala KJlej. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. 2011;44(7):583-609.
189. Hoskinson SE, Ng Y-L, Hoskinson AE, Moles DR, Gulabivala KJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. 2002;93(6):705-715.
190. Amaratunga NdSJJoo, surgery m. The relation of age to the immobilization period required for healing of mandibular fractures. 1987;45(2):111-113.
191. Grove GLJAoDR. Age-related differences in healing of superficial skin wounds in humans. 1982;272:381-385.
192. Molander A, Warfvinge J, Reit C, Kvist TJJoe. Clinical and radiographic evaluation of one-and two-visit endodontic treatment of asymptomatic necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized clinical trial. 2007;33(10):1145-1148.
193. Wong AW, Zhang C, Chu C-hJC, cosmetic, dentistry i. A systematic review of nonsurgical single-visit versus multiple-visit endodontic treatment. 2014;45-56.
194. Peters OAJJoe. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. 2004;30(8):559-567.
195. Liang Y-H, Jiang L-M, Jiang L, et al. Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: a randomized controlled trial. 2013;39(10):1218-1225.
196. Herrera D, Martinho F, de-Jesus-Soares A, et al. Clinical efficacy of EDTA ultrasonic activation in the reduction of endotoxins and cultivable bacteria. 2017;50(10):933-940.



197. Segura-Egea JJ, Martín-González J, Castellanos-Cosano LJIEJ. Endodontic medicine: connections between apical periodontitis and systemic diseases. 2015;48(10):933-951.
198. Imura N, Kato A, Hata GI, Uemura M, Toda T, Weine FJIEJ. A comparison of the relative efficacies of four hand and rotary instrumentation techniques during endodontic retreatment. 2000;33(4):361-366.
199. Gutarts R, Nusstein J, Reader A, Beck MJJoE. In vivo debridement efficacy of ultrasonic irrigation following hand-rotary instrumentation in human mandibular molars. 2005;31(3):166-170.
200. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder MJJoe. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. 2005;31(9):669-671.
201. Lui J-N, Kuah H-G, Chen N-NJJoe. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. 2007;33(4):472-475.
202. Carvalho AS, Camargo CHR, Valera MC, Camargo SEA, Mancini MNGJJJoe. Smear layer removal by auxiliary chemical substances in biomechanical preparation: a scanning electron microscope study. 2008;34(11):1396-1400.
203. Cohenca N, Romualdo PC, da Silva LAB, et al. Tissue response to root canal irrigation systems in dogs' teeth with apical periodontitis. 2015;19:1147-1156.
204. Hülsmann M, Hahn WJIEj. Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. 2000;33(3):186-193.
205. Carver K, Nusstein J, Reader A, Beck MJJoe. In vivo antibacterial efficacy of ultrasound after hand and rotary instrumentation in human mandibular molars. 2007;33(9):1038-1043.
206. Bronnec F, Bouillaguet S, Machtou PJIEj. Ex vivo assessment of irrigant penetration and renewal during the final irrigation regimen. 2010;43(8):663-672.
207. Jiang L-M, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LWJJJoe. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. 2012;38(6):838-841.
208. Machtou PJEICdotrcs. Manual dynamic activation (MDA) technique. 2015:149-155.

209. Ivanusic T, Lukac M, Lukac N, Jezersek MJJL. SSP/SWEEPS endodontics with the SkyPulse Er: YAG dental laser. 2019;2019(1):1-10.
210. Rödiger T, Westbomke V, Haupt F, Münster M, Baxter SJCOI. Effect of preparation size on the removal of accumulated hard-tissue debris from the mesial root canal system of mandibular molars using SWEEPS technology. 2023;1-10.
211. Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Gröndahl K, Gröndahl H-GJOS, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology,, Endodontology. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. 2007;103(1):114-119.
212. Bender IJJoe. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. 1982;8(4):161-170.
213. Cheung G, Wei W, McGrath CJJej. Agreement between periapical radiographs and cone-beam computed tomography for assessment of periapical status of root filled molar teeth. 2013;46(10):889-895.
214. Kase KRJHp. Radiation protection principles of NCRP. 2004;87(3):251-257.
215. Low KM, Dula K, Bürgin W, von Arx TJJoe. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. 2008;34(5):557-562.
216. Best S, Ammons CL, Karunanayake GA, Saemundsson SR, Tawil PZJJoe. Outcome assessment of teeth with necrotic pulps and apical periodontitis treated with long-term calcium hydroxide. 2021;47(1):11-18.
217. Ørstavik D, Qvist V, Stoltze KJEjoos. A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. 2004;112(3):224-230.
218. Marquis VL, Dao T, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman SJJoe. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase III: initial treatment. 2006;32(4):299-306.
219. Wu MK, Shemesh H, Wesselink PJJej. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. 2009;42(8):656-666.

220. Chang P, Liang K, Lim J, Chung M, Chien LJDR. A comparison of the thresholding strategies of micro-CT for periodontal bone loss: a pilot study. 2013;42(2):66925194.
221. Kamburoğlu K, Kiliç C, Özen T, Horasan SJDR. Accuracy of chemically created periapical lesion measurements using limited cone beam computed tomography. 2010;39(2):95-99.
222. de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, et al. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study—phase 4: initial treatment. 2008;34(3):258-263.
223. Tang Z, Wang H, Jiang SJB-mM, Engineering. Clinical study of single-visit root canal treatment with a nickel-titanium (Ni-Ti) rotary instrument combined with different ultrasonic irrigation solutions for elderly patients with chronic apical periodontitis. 2015;26(s1):S311-S318.
224. Virdee S, Seymour D, Farnell D, Bhamra G, Bhakta SJlej. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. 2018;51(6):605-621.
225. Verstraeten J, Jacquet W, De Moor RJ, Meire MJLims. Hard tissue debris removal from the mesial root canal system of mandibular molars with ultrasonically and laser-activated irrigation: a micro-computed tomography study. 2017;32:1965-1970.
226. Deleu E, Meire MA, De Moor RJLims. Efficacy of laser-based irrigant activation methods in removing debris from simulated root canal irregularities. 2015;30:831-835.
227. Cheng X, Xiang D, He W, et al. Bactericidal effect of Er: YAG laser-activated sodium hypochlorite irrigation against biofilms of *Enterococcus faecalis* isolate from canal of root-filled teeth with periapical lesions. 2017;35(7):386-392.
228. Bago I, Plotino G, Katić M, et al. Effect of a novel laser-initiated photoacoustic activation of a solvent or sodium hypochlorite in the removal of filling remnants after retreatment of curved root canals. 2021;36:102535.
229. Zhu X, Yin X, Chang JW, et al. Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided

- irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study. 2013;31(8):371-377.
230. Turkel E, Onay EO, Ungor MJP, surgery I. Comparison of three final irrigation activation techniques: effects on canal cleanness, smear layer removal, and dentinal tubule penetration of two root canal sealers. 2017;35(12):672-681.
  231. Gadaalay S, Hariramani S, Dhore P, Kale A, Agrawal M, Doshi SJE. Comparative evaluation of efficacy of three different irrigation activation systems in debridement of root canal isthmus: An in vitro study. 2017;29(1):39-39.
  232. Saber SE-D, Hashem AARJJoe. Efficacy of different final irrigation activation techniques on smear layer removal. 2011;37(9):1272-1275.
  233. Arslan H, Akcay M, Capar I, Saygili G, Gok T, Ertas HJJej. An in vitro comparison of irrigation using photon-initiated photoacoustic streaming, ultrasonic, sonic and needle techniques in removing calcium hydroxide. 2015;48(3):246-251.
  234. Căpută PE, Retsas A, Kuijk L, de Paz LEC, Boutsoukis CJJoe. Ultrasonic irrigant activation during root canal treatment: a systematic review. 2019;45(1):31-44. e13.
  235. Peñarrocha M, Martí E, García B, Gay CJJoo, surgery m. Relationship of periapical lesion radiologic size, apical resection, and retrograde filling with the prognosis of periapical surgery. 2007;65(8):1526-1529.
  236. Çahşkan M, Şen BJDT. Endodontic treatment of teeth with apical periodontitis using calcium hydroxide: a long-term study. 1996;12(5):215-221.
  237. Huang TY, Gulabivala K, Ng YLJej. A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. 2008;41(1):60-71.
  238. Hsieh Y, Gau C, Kung Wu S, Shen E, Hsu P, Fu EJej. Dynamic recording of irrigating fluid distribution in root canals using thermal image analysis. 2007;40(1):11-17.

## EKLER

### EK-1. Etik Kurul Onayı

 **T.C.**  
**RECEP TAYYİP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı



Sayı : 40465587-050.01.04-699  
Konu : Etik Kurul

16.05.2023

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Banu ARICIOĞLU

“Büyük Periapikal Kist Benzeri Lezyonların İyileşmesine Farklı İrrigasyon-Aktivasyon Tekniklerinin Etkisinin KİBT Taramaları ile İncelenmesi” isimli ve 2023/35 karar numaralı çalışma ile ilgili “Büyük Periapikal Lezyonların İyileşmesine Farklı İrrigasyon-Aktivasyon Tekniklerinin Etkisinin KİBT Taramaları ile İncelenmesi” isim değişikliği talebiniz etik kurulumuz yönergesine göre 25.04.2023 tarihinde yapılmış olduğu toplantıda incelenmiş olup bilimsel ve etik yönden uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini saygılarımla rica ederim.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KIVRAK  
Başkan

Fener Mah. Zihni Derin Yerleşkesi 53100 Rize / TÜRKİYE  
Telefon No : +90 (464) 223 61 26 Faks No : +90 (464) 223 53 76  
e-Posta : İnternet Adresi : <http://www.erdogan.edu.tr/>  
Kep Adresi:

Bilgi için : BURAK HANKAYA  
Bilgisayar İşletmeni

### EK-2. Power Analiz

### Güç Analizi

Etki büyüklüğünün hesaplanmasında G Power 3.0.10 (University Kiel, Germany) programı kullanıldı. Etki büyüklüğü Verma, Yadav (1) çalışmasındaki kontrol grubu ile lazer grubu arasındaki ki kare analiz verileri baz alınarak hesaplanmıştır. 0.51 d cohen değerindeki bir etki büyüklüğünün anlamlılık için yeterli olduğu tespit edildi. 0.05 tip 1 hata ile, %95 güç ile her bir çalışma grubu için 14 olmak üzere toplam 4 grup için en az 56 örneğin gerekliliği hesaplandı.

Verma A, Yadav R-K, Tikku A-P, Chandra A, Verma P, Bharti R, et al. A randomized controlled trial of endodontic treatment using ultrasonic irrigation and laser activated irrigation to evaluate healing in chronic apical periodontitis. Journal of Clinical Experimental Dentistry. 2020;12(9):e821.

