



**T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**KANAL PATI AKTİVASYON YÖNTEMLERİNİN FARKLI
KÖK KANAL DOLUM TEKNİKLERİ İLE BİRLİKTE
UYGULANDIĞINDA DENTİN PENETRASYONU VE
BAĞLANTI DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ:
CLSM DEĞERLENDİRMESİ**

Arş. Gör. Seda TAN İPEK

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

OCAK 2020

BOLU



**T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**KANAL PATI AKTİVASYON YÖNTEMLERİNİN FARKLI
KÖK KANAL DOLUM TEKNİKLERİ İLE BİRLİKTE
UYGULANDIĞINDA DENTİN PENETRASYONU VE
BAĞLANTI DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ:
CLSM DEĞERLENDİRMESİ**

Arş. Grv. Seda TAN İPEK

TEZ DANIŐMANI : Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÖZKOÇAK

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

OCAK 2020

BOLU

ÖZET

KANAL PATI AKTİVASYON YÖNTEMLERİNİN FARKLI KÖK KANAL DOLUM TEKNİKLERİ İLE BİRLİKTE UYGULANDIĞINDA DENTİN PENETRASYONU VE BAĞLANTI DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ: CLSM DEĞERLENDİRMESİ

Bu çalışmanın amacı; üç farklı kanal patı aktivasyon yöntemi kullanılarak farklı dolum teknikleri ile yapılan kanal dolgularındaki dentin tübülü penetrasyon seviyelerinin ve bağlanma dayanımlarının incelenmesi ve bu iki parametre arasındaki korelasyonun değerlendirilmesidir.

Çalışmamızda 176 adet üst çene kesici diş kullanıldı. Tüm dişlerin kron kısımları uzaklaştırılarak 15 mm'lik standart kökler elde edildi. Kök kanalları ProTaper Next nikel titanyum döner eğeler ile X4 numaralı eğeye kadar genişletildi. Kullanılan kanal patı aktivasyon yöntemine göre 4 farklı grup oluşturuldu: (1. Aktivasyon yok (kontrol), 2. Manuel dinamik aktivasyon (MDA), 3. Sonik aktivasyon (EDDY) ve 4. Pasif Ultrasonik aktivasyon (PUA)). Daha sonra her bir grup kullanılacak obtürasyon tekniğine göre 4 alt gruba ayrıldı: A. Soğuk lateral kondensasyon, B. Tek kon, C. Güta-Perka olmadan sadece pat, D. Devamlı ısı ile obtürasyon (Elements) (n=11 her grup için). Kök kanal doluları tamamlandıktan sonra her bir örnekten koronal-orta-apikal olmak üzere 1 mm kalınlığında 3'er kesit elde edildi. Önce konfokal lazer taramalı mikroskop ile kesitlerin dentin tübülü penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliği değerlendirildi ve daha sonra aynı kesitler bağlanma dayanımı değerlerini incelemek üzere push-out bağlanma testine tabi tutuldu. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi için tek yönlü varyans analizi, çoklu karşılaştırmalar için Kruskal Wallis testi, değişkenler arasındaki korelasyon için Spearman testi kullanıldı.

Çalışmamızdan elde edilen veriler değerlendirildiğinde; soğuk lateral kondensasyon ile doldurulan gruplarda karşılaştırılan hiçbir pat aktivasyon yöntemi penetrasyon yüzdesinde istatistiksel olarak bir değişiklik oluşturmadı ($p>0,05$). PUA ve EDDY'nin pat penetrasyon alanı ve derinliğinde azalmaya yol açtığı ancak sadece PUA ile meydana gelen azalmanın istatistiksel bir fark yarattığı gözlemlendi.

($p \leq 0,05$). Bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında ise yine PUA ve EDDY'nin bu değerleri azalttığı MDA'nın ise arttırdığı ancak bu değişimlerin de istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi ($p > 0,05$). Tek kon tekniği ile doldurulan gruplarda; pat aktivasyonu ile penetrasyon yüzdesi değerlerinde anlamlı bir değişiklik elde edilmedi. Penetrasyon alanı, penetrasyon derinliği ve bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında sadece manuel dinamik aktivasyon ile bu değerlerin anlamlı bir artışı gözlemlenirken ($p \leq 0,05$) diğer aktivasyon yöntemlerinin oluşturdukları değişiklikler istatistiksel bir fark oluşturmamıştır ($p > 0,05$). Sadece pat ile doldurulan gruplarda EDDY grubu en yüksek penetrasyon değerlerini (yüzde-alan ve derinlik) gösterdi ancak hiçbir grup arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p > 0,05$). Ayrıca; tüm aktivasyon gruplarının bağlanma değerlerini azalttığı ancak sadece PUA ile aktive edilen grupta istatistiksel olarak bir fark oluştuğu görüldü ($p > 0,05$). Devamlı ısı ile obtürasyon tekniği kullanılarak doldurulan kanallarda ise hiçbir pat aktivasyon yönteminin penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliğinde istatistiksel açıdan anlamlı bir fark oluşturmadığı görüldü ($p > 0,05$). Bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında PUA ve EDDY'nin bu değerleri düşürdüğü ve bu azalmanın istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu gözlemlendi ($p \leq 0,05$).

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde; kök kanalı dentin tübül penetrasyonu (penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliği) ve bağlanma dayanımı değerlerinin kanal patı aktivasyon yöntemlerinden değişen oranlarda etkilendiği söylenebilir. Ayrıca bu etki, farklı kök kanal dolun teknikleri uygulandığında farklı sonuçlar gösterebilmektedir. İlave ekipman gerektirmeyen, basit ve ucuz bir yöntem olan manuel dinamik aktivasyon özellikle tek kon tekniğinde tübül penetrasyon değerlerini ve bağlanma dayanımı değerlerini arttırabildiği için tercih edilebilir. Özellikle devamlı ısı ile obtürasyon tekniğinde soğutma suyundan yoksun olarak kullanılan sonik ve ultrasonik sistemler çalışmamızda olduğu gibi frekans değerleri ve aktivasyon süreleri arttırıldığında bağlanma dayanımı değerlerini düşürebilmektedir. Bağlanma dayanımı değerleri, kök kanal dolun tekniğine bağlı olarak değişmekle birlikte dentin tübülü penetrasyon değerlerinden bağımsızdır.

Anahtar kelimeler: bağlanma dayanımı, konfokal lazer taramalı mikroskop, pat aktivasyonu, pat penetrasyonu, sonik aktivasyon, ultrasonik aktivasyon



ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SEALER ACTIVATION METHODS ON DENTIN PENETRATION AND BOND STRENGTH WHEN APPLIED WITH DIFFERENT ROOT CANAL FILLING TECHNIQUES: CLSM EVALUATION

The aims of this study were to evaluate the effect of three different root canal sealer activation methods on dentin tubule penetration values and bond strength in root canals filled using different root canal filling techniques and to investigate the correlation between them.

176 maxiller central incisors were used in our study. The standard root lengths of 15 mm were created by removing the crowns of all dental specimens. Root canals were prepared to file X4 with ProTaper Next nikel titanium rotary files. Firstly, all samples divided into 4 equal groups according to the sealer activation method, one of which was the control group: (1. No activation (control), 2. Manual dynamic activation (MDA), 3. Sonic activation (EDDY) and 4. Passive Ultrasonic activation (PUA)). Subsequently, each group was divided into 4 subgroups according to the obturation technique: A. Lateral condensation, B. Single cone, C. Sealer without gutta-percha, D. Continuous wave of obturation (Elements) (n=11 for each group). After the root canal obturation was completed, 3 sections of 1mm thickness were obtained for each sample, coronal-middle-apical. First, the dentin tubule penetration percentage, area and depth of the sections were evaluated by confocal laser scanning microscope and then the same sections were subjected to push-out test to examine the bond strength values. One-way ANOVA tests were used for statistical analysis of data, for multiple comparisons Kruskal Wallis test was used and Spearman test was used for correlation between variables.

When the data obtained in our study were evaluated; There was no statistically significant change in the penetration percentages of any sealer activation methods compared to the groups filled with lateral condensation ($p > 0.05$). It was observed that PUA and EDDY caused decrease in sealer penetration area and depth, but only PUA decrease caused a statistical difference ($p \leq 0.05$). When the bond strength values were examined, it was seen that PUA and EDDY

decreased these values and MDA increased, but these changes were not statistically significant ($p > 0.05$). In groups filled with single cone technique; no significant change in penetration percentage values could be obtained with sealer activation. When the penetration area, penetration depth and bond strength values were examined, only a significant increase of these values could be observed by manual dynamic activation ($p \leq 0.05$), but the changes caused by other activation methods did not create a statistical difference ($p > 0.05$). EDDY group showed the highest penetration values only in the sealer-filled groups, but no statistical difference was found between any of the groups ($p > 0.05$). Also; it was observed that all activation groups decreased the bond values but there was a statistically significant difference only in the PUA activated group ($p > 0.05$). In the root canals filled with continuous wave obturation technique, no sealer activation method showed a statistically significant difference in penetration percentage, area and depth. When the bond strength values were examined, it was observed that PUA and EDDY decreased these values and this decrease made a statistically significant difference.

Considering the limitations of this study it can be said that the sealer activation methods effect root canal dentin tubule penetration (percentage, area and depth of penetration) and bond strength values in varying rates. In addition, this effect may show different results when different root canal filling techniques are applied. Manual dynamic activation, which is a simple and inexpensive method that does not require additional equipment, can be preferred, especially in the single-cone technique since it can increase tubular penetration values and bond strength values. In warm gutta-percha technique, sonic and ultrasonic systems can reduce the bond strength values when used with increasing frequency and activation times. Although the bond strength values vary depending on the root canal filling technique, they are independent from dentin tubule penetration values

Key words: bond strength, confocal laser scanning microscope, sealer activation, sealer penetration, sonic activation, ultrasonic activation

TEŞEKKÜR

Uzmanlık öğrenimim süresince bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve yüreklendiren, ihtiyaç duyduğum her konuda yardımını ve desteğini esirgemeyen, değerli hocam ve tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÖZKOÇAK'a,

Lisans eğitimimin yanısıra uzmanlık eğitimimde de bilgi ve deneyimlerinden faydalanma imkanı bulduğum değerli hocam Doç. Dr. Hakan GÖKTÜRK'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Zeliha UĞUR AYDIN'a,

Konfokal lazer taramalı mikroskop ile gerçekleştirilen görüntülemelerdeki katkılarından dolayı Öğretim Görevlisi Dr. Çağrı ÇAMSARI'ya, görüntülerin birleştirilmesi aşamasında yardımlarından dolayı mesai arkadaşım Arş. Grv. İrem Cansu KARA'ya ve Stj. Dt. İzzet GÜLBİZ'e,

İstatistiksel analizlerdeki yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Osman DEMİR'e,

Uzmanlık öğrenimime başladığım günden bu yana çalışma ortamımı ve yaşadığım şehri güzelleştiren gerçek dostlarıma,

Tüm eğitim yaşamım boyunca beni yürekten destekleyen, büyük bir özen ve ilgi ile her daim yanımda olan çok kıymetli anneme ve babama, sevgili kardeşlerim Eda ve Mehmet'e

Sabrına ve anlayışına her zaman minnettar olacağım, desteğini her daim yanımda hissettiğim sevgili eşim Öner İPEK'e,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|-------------|
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT | vii |
| TEŞEKKÜR | ix |
| İÇİNDEKİLER | x |
| TABLolar | xiii |
| ŞEKİLLER | xiv |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | xvi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER | 6 |
| 2.1 Obturasyonda Zamanlama..... | 6 |
| 2.2 Kök Kanal Dolgu-Kor Malzemeleri..... | 9 |
| 2.2.1 Gümüş konlar..... | 9 |
| 2.2.2 Güta-perka konlar | 9 |
| 2.2.3 Resilon | 12 |
| 2.2.4 Pro-points (C-points) | 13 |
| 2.3 Kök Kanal Dolgu Patları | 14 |
| 2.3.1 Çinko-oksit öjenol içerikli patlar | 16 |
| 2.3.2 Polimer yapısında kök kanal patları..... | 17 |
| 2.3.2.1 Epoksi rezin esaslı patlar..... | 18 |
| 2.3.2.2 Metakrilat rezin içerikli patlar..... | 19 |
| 2.3.2.3 Polivinil (poliketon) polimer içerikli patlar | 21 |
| 2.3.2.4 Silikon polimer içerikli patlar | 22 |
| 2.3.3 Kalsiyum hidroksit (Ca(OH) ₂) esaslı patlar | 23 |
| 2.3.4 Biyoseramik içerikli patlar..... | 23 |
| 2.3.4.1 Kalsiyum-silikat-fosfat içerikli patlar | 24 |
| 2.3.4.2 Mineral trioksit agregat (MTA) içerikli patlar | 25 |
| 2.3.5 Cam iyonmer içerikli patlar | 26 |
| 2.4 Bu Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Dolgu Patı..... | 26 |
| 2.4.1 AH plus jet | 26 |
| 2.5 Pat Aktivasyonu | 28 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.5.1 | Lentülo spiral | 29 |
| 2.5.2 | EZ-fill cihazı | 29 |
| 2.5.3 | Manuel dinamik aktivasyon | 29 |
| 2.5.4 | Sonik aktivasyon | 30 |
| 2.5.5 | Pasif ultrasonik aktivasyon | 30 |
| 2.6 | Kök Kanal Dolum Teknikleri | 31 |
| 2.6.1 | Soğuk lateral kondensasyon tekniği | 32 |
| 2.6.2 | Basit tek kon tekniği | 33 |
| 2.6.3 | Sıcak vertikal kondensasyon tekniği (Schilder tekniği) | 33 |
| 2.6.4 | Devamlı ısı ile obturasyon tekniği | 35 |
| 2.6.4.1 | Elements free | 36 |
| 2.6.5 | Sıcak lateral kondensasyon tekniği | 37 |
| 2.6.6 | Termoplastik enjeksiyon teknikleri | 38 |
| 2.6.6.1 | Obtura III | 38 |
| 2.6.6.2 | Ultrafill 3D | 39 |
| 2.6.6.3 | Calamus | 39 |
| 2.6.6.4 | HotShot | 40 |
| 2.6.7 | Kor taşıyıcılı güt-a-perka teknikleri | 40 |
| 2.6.7.1 | Thermafil | 41 |
| 2.6.7.2 | Gutta-core | 42 |
| 2.6.7.3 | SuccessFil | 43 |
| 2.6.7.4 | SimpliFill | 43 |
| 2.6.8 | Termomekanik kompaksiyon teknikleri | 43 |
| 2.6.8.1 | McSpadden tekniği | 43 |
| 2.6.8.2 | MicroSeal tekniği | 44 |
| 2.6.8.3 | Qickfill | 44 |
| 2.6.9 | Güt-a perkanın kimyasal yumuşatılması yöntemi | 45 |
| 2.7 | Dentin Tübül Penetrasyonu | 46 |
| 2.8 | Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM) | 48 |
| 2.9 | Kök Kanalında Adezyon (Bağlanma) | 50 |
| 2.10 | Bağlanmanın Değerlendirilmesinde Kullanılan Testler | 51 |
| 3. | GEREÇ VE YÖNTEM | 54 |
| 3.1 | Örnekleme Büyüklüğünün Hesaplanması | 54 |
| 3.2 | Çalışma Örneklerinin Hazırlanması | 54 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 3.3 | Kök Kanal Preparasyonu | 55 |
| 3.4 | Deney Gruplarının Oluşturulması | 55 |
| 3.5 | Pat Aktivasyonu | 56 |
| 3.6 | Örneklerin Saklanması | 62 |
| 3.7 | Örneklerden Kesit Elde Edilmesi | 63 |
| 3.8 | Dentin Kesitlerinin CLSM İle İncelenmesi | 63 |
| 3.9 | Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi | 68 |
| 3.10 | İstatistiksel Analiz | 70 |
| 4. | BULGULAR | 71 |
| 4.1 | Patın Dentin Tübülü Penetrasyonuna Ait Bulgular | 71 |
| 4.2 | Patın Bağlanma Dayanımı Testine Ait Bulgular | 79 |
| 5. | TARTIŞMA | 99 |
| 6. | SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 116 |
| 7. | KAYNAKLAR..... | 118 |
| 8. | EKLER..... | 139 |
| 9. | ÖZGEÇMİŞ..... | 140 |

TABLULAR

| Tablo | Sayfa |
|--|--------------|
| Tablo 2.1 Güta-perka'nın fiziksel özellikleri (68)..... | 11 |
| Tablo 4.1 Deney gruplarının dentin tübülü penetrasyon yüzdelere ait veriler | 75 |
| Tablo 4.2 Deney gruplarının dentin tübülü penetrasyon alanına ait veriler (μm^2) | 76 |
| Tablo 4.3 Deney Gruplarının dentin tübüllerine penetrasyon derinliğine ait veriler (μm)..... | 78 |
| Tablo 4.4 Deney Gruplarının dentine bağlanma dayanımına ait bulgular (MPa) | 81 |
| Tablo 4.5 Değişkenler arasındaki korelasyon | 82 |

ŞEKİLLER

| Şekil | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 3.1 Çalışmada kullandığımız sonik cihaz ve EDDY ucu..... | 59 |
| Şekil 3.2 Çalışmada kullandığımız ultrasonik cihaz ve İrrisafe uçları..... | 58 |
| Şekil 3.3 Elements free obtürasyon cihazı ve heavy-body kartuşu..... | 60 |
| Şekil 3.4 Çalışmamızda kullandığımız AH Plus Jet kök kanal patı..... | 61 |
| Şekil 3.5 Çalışmamızda kullandığımız Rhodamin B boyası..... | 61 |
| Şekil 3.6 % 0.1'lik Rhodamin B oranının tartılması için kullanılan hassas terazi (Ohaus, Explorer, Amerika Birleşik Devletleri) | 62 |
| Şekil 3.7 Örneklerin muhafaza edildiği patolojik saklama kapları | 62 |
| Şekil 3.8 Koronal-orta ve apikal üçlüden elde edilen dentin kesitleri | 64 |
| Şekil 3.9 Dentin kesitlerinin incelendiği konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM) | 64 |
| Şekil 3.10 Adobe Photoshop CC 2019 programı ile görüntülerin birleştirilerek tek bir kanal görüntüsü elde edilmesi (4X) | 65 |
| Şekil 3.11 Patın dentin tübülü penetrasyon alanının hesaplanması (4X)..... | 66 |
| Şekil 3.12 Patın dentin tübülü penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğinin ölçülmesi (4X) | 66 |
| Şekil 3.13 AH Plus Jet'in kök kanalında kelebek etkisi varlığı (a) veya yokluğu (b) durumunda tübül penetrasyonuna ait CLSM görüntüleri | 67 |
| Şekil 3.14 CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları (a) ve (b) 10X büyütme (c) ve (d) 20X büyütme..... | 68 |
| Şekil 3.15 Bağlanma dayanımı testi için kullanılan universal test cihazı..... | 70 |
| Şekil 3.16 Universal test cihazı ile kuvvet uygulanması..... | 70 |
| Şekil 3.17 Universal test cihazında kaydedilen maksimum kuvvet..... | 71 |
| Şekil 4.1 Grupların dentin tübüllerine penetrasyon yüzdesi grafiği | 74 |
| Şekil 4.2 Grupların dentin tübüllerine penetrasyon alanı grafiği. | 77 |
| Şekil 4.3 Grupların dentin tübüllerine penetrasyon derinliğine ait grafik | 77 |
| Şekil 4.4 Grupların dentin adezyonlarına ait grafik..... | 80 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.5 LK-NA grubunda kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarı arasında boşluk oluşumu (10X)..... | 82 |
| Şekil 4.6 LK-NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 83 |
| Şekil 4.7 LK-MDA grubunda, A; koronal B ;orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri(4X)..... | 84 |
| Şekil 4.8 LK- EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 85 |
| Şekil 4.9 LK- PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 86 |
| Şekil 4.10 TK-NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 87 |
| Şekil 4.11 TK-MDA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 88 |
| Şekil 4.12 TK-EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 89 |
| Şekil 4.13 TK-PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 90 |
| Şekil 4.14 Pat- NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 91 |
| Şekil 4.15 Pat- MDA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 92 |
| Şekil 4.16 Pat-EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 93 |
| Şekil 4.17 Pat- PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 94 |
| Şekil 4.18 Elements- NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 95 |
| Şekil 4.19 Elements-MDA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 96 |
| Şekil 4.20 Elements-EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 97 |
| Şekil 4.21 Elements-PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X)..... | 98 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

| | |
|--------------------|----------------------|
| α | Alfa |
| β | Beta |
| γ | Gama |
| Hz | Hertz |
| kHz | Kilohertz |
| kPa | Kilopaskal |
| r | Korelasyon katsayısı |
| < | Küçüktür |
| MPa | Megapaskal |
| m/kN | Metre/kilonewton |
| μm | Mikrometre |
| μm^2 | Mikrometre kare |
| ml | Mililitre |
| mm | Milimetre |
| mm^2 | Milimetre kare |
| nm | Nanometre |
| N | Newton |
| n | Numune sayısı |
| $^{\circ}\text{C}$ | Santigrat derece |
| ~ | Yaklaşık |
| % | Yüzde |

Kısaltmalar

| | |
|--|------------------------------------|
| ark. | Arkadaşları |
| BT | Bilgisayarlı Tomografi |
| Bis-GMA | Bisfenol A-glisidil metakrilat |
| Ca(OH)₂ | Kalsiyum Hidroksit |
| Ca⁺² | Kalsiyum |
| C₂₉H₃₀ClN₃O₃S | Rhodamine B izotiyosiyanat |
| CLSM | Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop |
| CRCS | Kalsibiyotik kök kanal patı |
| dk | Dakika |
| <i>E. faecalis</i> | Enterococcus faecalis |
| EDTA | Etilen diamin tetra asetik asit |
| G | Gauge |
| HEMA | Hidroksietil metakrilat |
| ISO | Uluslararası Standartlar Teşkilâtı |
| LK | Soğuk Lateral Kondensasyon tekniği |
| MDA | Manuel Dinamik Aktivasyon |
| MRBS | Metakrilat rezin esaslı patlar |
| MTA | Mineral Trioksit Agregat |
| MSC | Mezenkimal kök hücre |
| NaOCl | Sodyum Hipoklorit |
| NA | Aktivasyon yok |
| OH⁻¹ | Hidroksil |
| PUA | Pasif ultrasonik aktivasyon |
| PUI | Pasif ultrasonik irrigasyon |
| SEM | Taramalı Elektron Mikroskobu |
| sn | Saniye |

| | |
|-------------|-------------------------------|
| TK | Tek kon tekniği |
| TEM | Geçirimli elektron mikroskobu |
| UDMA | Üretan dimetakrilat |
| ZnO | Çinko-oksit |



1. GİRİŞ

Başarılı bir endodontik tedavi prosedürü kök kanal sisteminin kapsamlı debridmanına, patojen mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasına ve son olarak, bakterilerin ağız ortamından ve periapikal bölgeden içeri giriş ve çıkışını önlemek için kanal sisteminin hermetik olarak tamamen kapatılmasına bağlıdır (1). Koronal-apikal sızıntı ve bakteriyel kontaminasyonu engellemek adına kök kanal boşluğunun doldurulması gerekmektedir. İyi bir kanal dolgusu ile periapikal doku sıvılarının kanala geçişine karşı bir bariyer oluşturulur ve kanalda kalan enfeksiyon kaynağı mikroorganizma toplulukları o bölgede hapsedilebilir (2).

Üç boyutlu kök kanal dolgusu, kök kanal sisteminde varolan tüm düzensizliklerin tamamen doldurulmasının önemini belirten bir kavramdır (3). Kök kanal sisteminin yeterli obturasyonu endodontik tedavinin en önemli aşamalardan birini oluşturur ve nihai sonucu önemli ölçüde etkiler (2). Doğru seçilmiş bir irigasyon prosedürü, ilave irigasyon aktivasyonu ve modern mekanik kök kanal preparasyon teknikleri dahi tüm ağız boşluğu mikroorganizmalarını ortadan kaldırma yeteneğine sahip değildir. Kök kanalı hermetik olarak kapatılmadığında, doku sıvıları veya tükürük bileşenleri kök kanal dolgusu içerisine sızıntı yapabilir, preparasyon ve dezenfeksiyon ile uzaklaştırılamayan rezidüel bakteriler için bir beslenme ortamı oluşturarak yeniden enfeksiyonu teşvik edebilirler (4-6).

Başarılı bir kök kanal tedavisi sonrasında, temizlenmiş ve şekillendirilmiş kök kanal boşluğu, mikrobik toplulukların ortadan kaldırıldığı veya ciddi şekilde dağıtıldığı ve artık periradiküler hastalığı teşvik edemediği bir ortamı temsil eder (2, 7). Yeterli bir kök kanal tedavisi gerçekleştirildiğinde, periradiküler rejenerasyon genellikle radyografideki radyolusensinin azalmasıyla gözlemlenebilir (8).

Güta-perka /pat/ dentin arayüzündeki boşluk ve gözeneklerin varlığı endodontik tedavinin başarısız olmasının en yaygın sebeplerinden biridir (9), çünkü varolan boşluklar mikrobiyal yerleşim için merkez görevi görürler, dolum kalitesini düşürür ve hatta doldurulmuş kök kanalı boyunca kontaminasyon kaynaklarına aracılık ederek mikrosızıntıya yol açabilirler (10). Kök kanal dolguları içindeki

boşlukların görülme sıklığı, kanal sisteminin anatomik yapısı, kanal preparasyonunun kalitesi, kanal patının kıvamı ve hacmi, kullanılan dolum tekniği ve operatörün uzmanlığı gibi birçok faktörden etkilenebilir (11).

Kanal dolum prosedürleri sırasında kullanılan endodontik pat apikal dallanmalar ve deltalar gibi kök kanal duvarı düzensizliklerinin yanı sıra güta-perka'nın uyum sağlayamadığı boşlukları doldurmak da dahil olmak üzere çeşitli işlevleri yerine getirir (12). Kök kanal patı, istenmeyen boşluk oluşumunu önleyerek dolgu materyali ve dentin arasında sürekli ve homojen bir arayüz oluşmasına katkıda bulunur (13).

Kök kanal patı bileşenleri, patın fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak değişken bir çözünürlük derecesine sahip olabileceğinden, dentin duvarına temas eden patın minimum film kalınlığına sahip olması gerekmektedir (14, 15). Kimyasal ve boyutsal olarak stabil olan güta-perka'nın aksine, pat ile doldurulmuş alanlar daha savunmasızdır, çünkü pat zamanla çözünür (14, 16, 17). Bununla birlikte, laboratuvar çalışmaları güta-perkaların bir kanal patı ile birlikte kullanıldığında önemli ölçüde daha iyi obtürasyon sağladığını göstermiştir (18).

İdeal bir kök kanal patı; etrafındaki dentin üzerine nüfuz edip, yapışarak uygun bir sızdırmazlık oluşturmalıdır; boyutsal olarak kararlı, radyopak olmalı ve kolay hazırlanabilmelidir. Yeterli çalışma zamanına ve yeterli antimikrobiyal etkiye sahip olmalıdır. Ayrıca; kök kanal sistemi dışında vücut hücrelerince rezorbe edilebilir olmalı ve canlı dokular için toksik olmayan bir karakterde olmalıdır (19). Epoksi rezin bazlı AH-Plus'ın yüksek fiziksel özellikleri mevcuttur (20, 21). Düşük çözünürlüğe ve uzun vadeli boyutsal stabiliteye sahiptir (12, 22). AH-Plus endodontik patlar arasında yapılan birçok çalışmada kontrol grubu olarak test edilmiş ve altın standart olarak kabul edilmiştir (23-25).

Kök kanalının dolum kalitesinin artırılması, doldurulmamış alanların ve boşlukların azaltılması, kanal patının dentin tübüllerine daha etkili bir şekilde nüfuz etmesini teşvik etmek amacıyla kök kanal dolumunda kanal patlarının aktive edilmesi fikri gündeme gelmiştir. Bu amaçla; apikal kök çapı ile uyumlu ana güta-perka konlar, kağıt konlar, el eğeleri ya da spreaderlar yardımıyla kök kanalına taşınan patlara

manuel dinamik aktivasyon uygulanması veya lentülo spiral ya da EZ-Fill cihazı ile patın aktivasyonu önerilmiştir (26-28). Daha güncel çalışmalar da ise kanal patlarının farklı materyaller kullanılarak geliştirilen ve değişen frekanslarda çalıştırılmak üzere kullanıma sunulan sonik veya ultrasonik uçlar yardımı ile aktivasyonu önerilmektedir (29-33).

Kanal patı penetrasyon yüzdesi ve derinliği endodontik tedavinin sonucunu veya başarı oranını etkileyebilir. Dentin tübülleri içine penetre olabilen patlar bir tıkaç görevi üstlenerek mekanik bir kilitleme sağlar ve dolgu malzemesinin tutuculuğunu arttırarak zaman içinde gelişebilecek mikrosızıntıyı azaltabilir (31). Ayrıca; aktive edildiğinde patın antimikrobiyal etkinliğinin arttığı (33) ve bunun da muhtemelen patın dentin tübülleri penetrasyonunu arttırabilen akustik mikro-akış enerjisinin iletimi ile sağlandığı belirtilmektedir (30, 31). Neticede, dentin tübülleri artan kanal patı penetrasyonu fiziksel bir bariyer görevi görebilir ve rezidüel mikroorganizmaları besin kaynaklarından mahrum bırakabilir (34).

Kök kanal patlarının penetrasyon ve arayüz adaptasyonunun değerlendirilmesinde şimdiye kadar birçok farklı yöntem kullanılmıştır. Konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM), diğer yöntemlere kıyasla çeşitli avantajlar sunar. CLSM ile görüntüleme öncesi örnek üzerinde herhangi bir özel uygulama gerekmez ve gözlemler normal koşullar altında yapılabilir. Bu sebeple taramalı elektron mikroskobu (SEM)'na kıyasla teknik artefakt üretme potansiyeli azdır ve daha tahribatsız bir yaklaşımdır (35). CLSM; numunelere ilave bir kurutma işlemi uygulamayı gerektirmez ve örnekler inceleme sırasında nemli olarak muhafaza edilebilir. Bu sayede büzülme artefaktları da azalmış olur. Ayrıca, yüzey altı bölgesi, örneğe herhangi bir zarar vermeden analiz edilebilir, böylece preparasyon artefaktları da elimine edilmiş olur (36).

Yatay kesitlerde kanal patlarının penetrasyon derinliğinin ve adaptasyonunun görselleştirilmesi, dentinal tübüllerde floresans özelliği bulunan Rhodamin B varlığı ile düşük büyütme oranlarında bile belirlenebilir ve böylece elde edilen panoramik görüntülerle patın tübül penetrasyonunun hızlı ve objektif bir şekilde değerlendirilmesine izin verir (34). CLSM dentin tübüllerindeki bakteri varlığını da

SEM'den daha iyi görselleştirmiştir, çünkü CLSM numune yüzeyinin 10 µm altına kadar nüfuz edebilir ve bu ayrıca yüzeye açık olmayan dentin tübüllerini de görüntülemeye imkan verir (37).

Temizlenip şekillendirilen kök kanalının üç boyutlu obturasyonunu sağlamak için çeşitli teknikler geliştirilmiştir (3). Günümüzde en çok kabul gören ve yaygın olan teknik, güta-perka'nın sızdırmaz bir kanal patı ile kombinasyon halinde kullanıldığı, uygulaması kolay ve ucuz bir yöntem olan soğuk lateral kondensasyonudur (38). Son yıllarda endodontik aletlerdeki teknolojik gelişmeler sayesinde, tek kon tekniği de yaygın olarak kullanılmaktadır. Tekniğin avantajı; kolay kullanımı, güta-perka kon'un biyomekanik preparasyonla elde edilen nihai çapa uyum sağlaması ile harcanılan zamanı azaltabilmesidir (39, 40). Bu teknik konusundaki en büyük endişe ise özellikle oval kanal morfolojisinde kullanıldığında pat miktarının artmasıdır. Buna bağlı olarak patın sertleşme büzülmesi ve zaman içerisinde çözünme potansiyeli ile boşluk oluşumu ihtimali artmaktadır (2).

Günümüzde güta-perka'nın kanal duvarlarına adaptasyonunun artırılması amacıyla sıklıkla tercih edilen yöntemlerden birisi de ısı uygulanarak yumuşatılan güta-perka'nın doğrudan ya da bir taşıyıcı vasıtasıyla kök kanalına uygulandığı sıcak güta-perka tekniğidir. Güta-perka'ya uygulanan ısının periapikal dokulara zarar verebileceği ya da boyutsal kontrolün sağlanamamasına bağlı olarak taşkın dolgu oluşturma ihtimali tekniğin dezavantajları olarak sayılmakla birlikte özellikle internal rezorpsiyon gibi kanal içi defektlerin varlığında daha homojen bir dolgu oluşturabilmesi tekniğin en önemli avantajı olarak kabul edilmektedir (13, 41-45).

Kök kanal patlarının kanal duvarlarına bağlanma dayanımı tedavinin uzun dönem başarısında oldukça önemlidir. Kök dentinine adezyon yeteneğinden yoksun güta-perka konların endodontik patlar ile beraber kullanımı sayesinde, diş fonksiyondayken maruz kaldığı kuvvetler karşısında dolgu materyalinin dentine adaptasyonu artırılarak, sızdırmazlık sağlanabilir (46). İtme-bağlanma dayanımı testi (Push-out) kök kanal dolgu materyallerinin dentinden ayrılmaya karşı dirençlerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük bağlanma dayanımı değerlerinin bile değerlendirmesine olanak tanıyan bu test dizaynı ayrıca dentin

tübüllerine dik olarak uygulanan kuvvet sayesinde klinik kuvvetleri daha gerçekçi olarak yansıtabilir (47, 48).

Literatürde kanal patı aktivasyon yöntemlerinin kök kanal dolununun kalitesi üzerindeki etkisine dair çeşitli çalışmalar mevcuttur (49-51) ancak güncel bir sonik aktivasyon cihazı olan EDDY'nin pat aktivasyonu amacıyla kullanıldığı ve pat aktivasyonu farklı kök kanal dolum teknikleri ile birlikte uygulandığında dentin tübül penetrasyonu ve bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı; kanal patı aktivasyon yöntemlerinin farklı kök kanal dolum teknikleri ile birlikte uygulandığında dentin penetrasyonu ve bağlanma dayanımına etkilerinin CLSM ve İtme-bağlanma dayanımı testi (Push-out) ile değerlendirilmesi ve aralarındaki korelasyonun incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

Kök kanal dezenfeksiyon derecesini ve radiküler boşluğun obturasyon kalitesini büyük oranda temizleme ve şekillendirme prosedürleri belirler. Bu nedenle obturasyon; temizleme ve şekillendirmenin bir yansımasıdır ve uzunluk, koniklik, yoğunluk ve koronal örtücülük (yani, sızdırmazlık) temelinde değerlendirilir (52).

Sızıntıyı ortadan kaldırmak için radiküler boşluğun tıkanması gerekir. Temizlenmiş ve şekillendirilmiş kök kanalının obturasyonu koronal sızıntıyı ve bakteriyel kontaminasyonu azaltırken apikal tıkama ise periapikal doku sıvılarının kök kanal boşluğuna geçişini engeller. Bu hermetik tıkama sayesinde kanaldan uzaklaştırılmamış ve tekrar çoğalarak enfeksiyon oluşturma ihtimali olan rezidüel mikroorganizmaların besin kaynakları kesilerek çoğalmaları engellenir (2).

Başarı ve başarısızlığın değerlendirildiği bir radyografik çalışmada tedavi başarısızlıklarının % 58'inin apeks'in iyi tıkanmadığı ve kök kanallarının yeterince doldurulmadığı eksik obturasyona bağlı olarak geliştiği belirtilmiştir (2).

Tüm bu veriler ışığında klinik açıdan vakaya en uygun kanal dolgu materyalleri ve yöntemleri kullanılarak homojen ve hermetik bir kanal dolgusu elde edilerek, kanaldan uzaklaştırılmayan bakteri popülasyonunun yok edilmesi veya bulunduğu bölgede hapsedilerek etkisiz hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

2.1 Obturasyonda Zamanlama

Pulpa ve periradiküler dokuların durumu, hastanın belirti ve semptomları, vakanın zorluk derecesi ve hasta yönetimi; kök kanal obturasyonu için en uygun zamanın belirlenmesinde rol alan kritik faktörlerdir (52).

Günümüzde, hastanın ilgili dişinde pulpa tamamen veya kısmen vitalse tek seans kök kanal tedavi prosedürlerinin kabul edilebilir olduğu yönünde bir fikir birliği mevcuttur (53, 54). Bu pulpanın sadece yüzeysel olarak enfekte olması ve aseptik zincirin intrakanal prosedürler sırasında muhafaza edilmesi şartıyla kök kanalının bakteri içermemesi gerçeğine dayanmaktadır, tek seans tedavide başarılı bir prognoz

sergiler ve intrakanal medikament kullanımına ihtiyaç yoktur (52, 55, 56). Daha hızlı olması ve hastalar tarafından daha çok kabul gören bir tedavi yaklaşımı olmasının yanı sıra, randevular arasında kök kanal sisteminin kontaminasyonunu önler. Vital pulpa vakalarında, zaman kısıtlılığı yoksa, operatörün becerileri ve anatomik koşullar uygunsa tedavi ideal olarak tek seansta bitirilebilir (55).

Öte yandan, eğer pulpa nekrotik ise ve periradiküler bir hastalıkla ilişkiliyse, bakteriler sadece ana kanalın lümeninde değil, ayrıca; girintilerde, dentinal tübüller, isthmuslar, lateral kanallar ve apikal dallanmalarda yerleşmiş olabilirler. Bu alanlarda yerleşen mikroorganizmalar genellikle kemomekanik prosedürlerin etkilerinden korunurlar. Bunun nedeni, enstrümanların bu alanların çoğuna ulaşmasının fiziksel olarak imkansız olması ve antimikrobiyal irigasyon solüsyonlarının kanalın ulaşılması zor alanlarında bulunan bakterileri öldürmek için etkili konsantrasyonlara ulaşip bu alanlara dağılmaları için kanal içinde kaldıkları sürenin genellikle yetersiz olmasıdır (55, 57).

Peters ve Wesselink (58) yaptıkları bir çalışmada, modern döner nikel-titanyum enstrümantasyon teknikleriyle prepare edildiğinde bile kök kanalı duvarlarının % 30'undan fazlasının dokunulmadan kaldığını göstermişlerdir. Kanal boş bırakılırsa kanalda kalan mikroorganizmalar bazı durumlarda 2-4 gün içinde neredeyse ilk sayılarına ulaşacak şekilde hızla çoğalabilirler (58, 59). Kök kanalı obturasyonu esnasında kanalda bakteri mevcut değilse kanalın enfekte olduğu durumlara kıyasla başarı oranlarının % 26 daha yüksek olduğu gösterilmiştir (8). Belirtildiği gibi mikropların karmaşık kök kanal sistemi içinden elimine edilmesi son derece zordur ve bu nedenle randevular arasında bir antimikrobiyal medikaman kullanılması, tek seans protokolü ile karşılaştırıldığında kök kanal sisteminin mikrobiyolojik durumunun iyileştirilmesine daha fazla katkıda bulunmaktadır (8, 57, 60-62).

Genel konsensusa göre, kanal kurutulabiliyorsa, hastada şişlik yoksa ve diş perküsyona duyarlı değilse obturasyon yapılabilir. Kanaldaki eksüdasyon varlığı nedeniyle kurutulamayan bir kanalın doldurulması kontrendikedir. Prosedürel hatalar da obturasyon zamanını belirler. Zor vakalarda hazırlık için daha fazla zaman

gerekebilir ve birden fazla randevuda daha sorunsuz bir şekilde yönetilebilir veya hastalar tıbbi durumları, psikolojik sağlıkları ve yorgunlukları nedeniyle birden fazla kısa randevuya ihtiyaç duyabilirler. Bu gibi durumlarda seanslar arası alevlenmeleri önlemek adına kanal içi medikament kullanımı önerilmektedir (52). Obturasyonun zamanlaması kadar, obturasyon esnasında kullanılan teknikler ve dolgu maddelerinin seçimi de tedavinin başarısında önemli bir role sahiptir.

İdeal bir kök kanal dolgu maddesinde olması gereken özellikler Grossman tarafından şu şekilde tanımlanmıştır (63):

- Materyal kök kanalına kolayca yerleştirilmeli
- Dolgu materyali kök kanalına yerleştirildikten sonra büzülmemeli
- Hermetik bir tıkkama sağlamalı, kanalı hem apikal hem lateral yönde doldurabilmeli
- Yeterli alışma zamanı sağlayacak şekilde yavaş sertleşmeli
- Materyalin fizikokimyasal özellikleri nemden etkilenmemeli
- İdeal olarak bakterisit olmalı veya en azından bakteri üremesini engellemeli
- Radyografik teşhise imkan verecek derecede radyopak olmalı
- Dişte renk değişikliğine sebep olmamalı
- Periradiküler dokuları tahriş etmemeli veya diş yapısını etkilememeli
- Kanala yerleştirmeden hemen önce steril olmalı veya kolay ve hızlı bir şekilde sterilize edilebilir olmalı
- Kök kanal tedavisinin yenilenmesi gerekirse, materyalin kanaldan uzaklaştırılması kolay olmalı

Kök kanal tedavisinin son aşaması, temizlenmiş ve şekillendirilmiş kök kanalı boşluğunun doldurulmasını içerir. Bu tipik olarak; akışkan sızdırmaz bir kanal patı ve patı kök kanal sisteminin erişilemeyen düzensizliklerine iten bir merkezi kor malzemesi ile başarılıdır (64).

2.2 Kök Kanal Dolgu-Kor Malzemeleri

Kök kanal sisteminin doldurulmasında, kök kanal patları ile birlikte; katı (gümüş konlar) ve sentetik polimer yapısında yarı katı (Güta-perka ve türevleri, Resilon, C-point (Propoint)) dolgu materyalleri kullanılmıştır.

2.2.1 Gümüş konlar

Jasper (65) 1941’de gümüş konları tanıttı. Materyalin sertliği kök kanalına yerleştirilmelerini kolaylaştırmıştı ancak düzensiz şekilli kök kanallarında ideal bir kök kanal dolumu sağlayamamaları sızıntı problemlerini de beraberinde getirdi. Ayrıca; Gümüş konların zaman içinde korozyona uğradığı ve korozyon ürünlerinin de oldukça sitotoksik olduğu doku kültürü çalışmalarıyla gösterildi. Elektron probu ile yapılan incelemeler, gümüş konların korozyona uğramış kısımlarında sülfür yoğunluğunu gösterdi. Korozyon ürünlerinin plastik deformasyonlar ve gümüş konilerine metal transferi, ayrıca gümüşün doku sıvılarıyla temasıyla ortaya çıktıkları iddia edilmiştir (66). Günümüzde; gümüş konlar bir kök kanal dolgu materyali olarak kabul görmemektedir (52, 67).

2.2.2 Güta-perka konlar

Güta-perka; şimdiye kadar test edilen tüm materyaller içinde öne çıkan ve çeşitli klinik durumlardaki tutarlı klinik performansı ile altın standart olarak kabul gören bir kök kanal dolgu materyalidir (68). Güta-perka konları ilk defa 1867’de Bowman tarafından kök kanal dolgu materyali olarak kullanıldı (69). Güta-perka, özgün tropikal bitki türlerinin öz sularından elde edilir. İlk olarak Malay Yarımadası’nda (Güney Doğu Asya) bol bulunan Sapotaceae ağaç ailesinden elde edildiği belirtilmektedir (70).

Bir poliizopren trans-izomeri olan güta-perka’nın kimyasal yapısı 1, 4, trans-poliizoprendir. Güta-perka’nın moleküler yapısı, poliizoprenin bir cis-izomeri olan Hevea brasiliensis’den elde edilen doğal kauçuğa yakındır (71). 1942 yılında C.W Bunn, güta-perka polimerinin, “alfa (α) “ ve “beta (β) “ olarak adlandırdığı, belirgin biçimde farklı kristalin formlarda olabileceğini bildirdi (68). Bu formlarda sadece

moleküler tekrarlar mesafeleri ve karbon bağı konfigürasyonu farklılık göstermektedir (72). Doğadaki bir başka form ise kararsız-amorf (γ) formudur (69).

Doğrudan ağaçtan elde edilen doğal gutta-perka'nın α formunda olduğu bilinmektedir (73). α formu > 65 °C'ye ısıtıldığında, amorf hale gelir ve erir. Bu amorf materyal hızlı bir şekilde soğutulursa, β formu yeniden kristalize olur, oysa aşırı yavaş soğutulursa (0.5 °C / s), α formu yeniden kristalleşir.

A ---- akıcı ve yapışkan (daha düşük viskozite)

β ----katı , sıkıştırılabilir ve uzayabilir (daha yüksek viskozite)

γ ----- α 'ya benzer (kararsız) (69).

Dental güta-perka bileşiklerinin β fazından α fazına geçişi için dönüşüm sıcaklıkları, 48.6 °C ila 55.7 °C'dir ve α fazından amorf faza geçiş için 59.9 °C ila 62.3 °C'dir. Dental güta-perka'nın 130 °C'ye ısıtılması ise fiziksel değişikliklere veya bozulmaya neden olur (74). Güta-perka ısı ile farklı fazlara dönüştüğünde (β --- α veya γ) (% 1-3) genişir. Soğuduğunda ise büzülme meydana gelir ve genişleme derecesinden daha büyüktür ve % 2'ye kadar farklılık gösterir (69).

Geleneksel olarak, güta-perkanın β formu, artan stabilite, sertlik ve yapışkanlığın azaltılması için kullanılmıştır. Ancak düşük viskoziteli α faz bir güta-perka daha az basınç veya stresle akacak ve daha homojen bir dolgu oluşturacaktır. Termoplastik kök kanal dolgu yöntemlerinde α formun bu özelliği avantaj sağlamaktadır (69). Güta-perka, sıcaklığa duyarlı termoplastik ve viskoelastik bir malzemedir. Ortam oda sıcaklığı aralığında, sert ve katı halde bulunur. Oksidasyon nedeniyle uzun süre ışığa ve havaya maruz kalırsa kırılgan hale gelir. 60 °C'de yumuşar ve kısmi bozunma ile 95 °C – 100 °C arasında erir (75). Güta-perka konuların içeriklerinde yaklaşık olarak % 20 güta-perka, % 65 çinko oksit (ZnO), % 10 radyopak özellik kazandıran metal sülfatlar ve % 5 mum/rezin gibi plastikleştiriciler bulunmaktadır (75).

Gerilme dayanımı, sertlik, kırılganlık ve radyoopasite gibi özelliklerin organik (Güta-perka polimer ve balmumu / rezinler) ve inorganik bileşenlerin (çinko oksit ve

metal sülfatlar) miktarına bağı olarak değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Örneğin; ZnO, kırılğanlığı artırır, uzama yüzdesini ve nihai gerilme dayanımını azaltır (72).

Tablo 2.1 Güta-perka'nın fiziksel özellikleri (68).

| Fiziksel Özellikler | Ortalama Değerler |
|----------------------------|--------------------------|
| Akma Dayanımı | 6900-9000 kPa |
| Esneklik | 230-460 m/kN |
| Gerilme Dayanımı | 12000-20700 kPa |
| Elastik Modülü | 107000-193000 kPa |
| Elastikiyet | 0,40-0,69 m/kN |
| Uzama (%) | 170-500 |

Güta-perka; boyutsal stabilite, biyouyumluluk, gözeneksiz bir yapıda olma, kolay sıkıştırılabilme, ısıtıldığında plastik özellik kazanabilme, radyoopasite, kolay manipüle edilebilme ve gerektiğinde kök kanalından uzaklaştırılabilme gibi pek çok arzu edilen özelliğe sahip olmasına rağmen, kök kanalına ve diğer güta-perka konlarına yapışma özelliğinin olmaması nedeniyle tek başına kullanıldığında hermetik bir tıkama sağlaması mümkün değildir (76). Ayrıca, güta-perka'nın yeterince sert olmaması vertikal ya da lateral kuvvetlere maruz kaldığında kolayca deforme olup kırılmasına yol açabilmektedir. Ek olarak; uzun süre ışık ve havaya maruz kalan güta-perka konu zaman içinde kırılğanlık kazanır ve bu onun raf ömrünü azaltır (52).

Piyasada sıklıkla tercih edilen β faz güta-perka şeklinde üretilen ve preparasyonda kullanılan kök kanal aletinin konikliği ile uyumlu "standart konlar" ve optimum apikal uyum ve tıkama için değişken koniklikte üretilen "standart olmayan konlar" mevcuttur. Soğuk lateral kondensasyon ve sıcak vertikal kompaksiyon ile birlikte kullanılır. Termoplastisize güta-perka (α form) ise katı-kor (solid-core) sistemler ve enjekte edilebilir formlarda piyasaya sunulmaktadır. Güta-perka'nın bir başka formu ise "soğuk akışkan" formudur. Bu sistemde toz formundaki güta-perka

bir kapsül içinde rezin içerikli pat ile birleştirilmiştir, öjenol içermez ve kendiliğinden polimerize olabilir (68).

Adezyon özelliğinin olmaması güta-perka'nın en büyük dezavantajlarından birisidir ve bu eksikliği bertaraf edebilmek adına rezin (77, 78), cam-iyonomer (79), biyoseramik (68), termal olmayan plazma-argon (80) ve oksijen plazması gibi çeşitli materyaller kullanılarak yüzey modifikasyonları yapılmıştır.

Güta-perka konlar içeriklerinde mevcut ZnO sayesinde nispeten zayıf ve yavaş etki etse de bir miktar antimikrobiyal aktiviteye sahiptir (81, 82). Bu bilgi temelinde zaman içinde güta-perka'nın antimikrobiyal etkinliğini ve kanal içi dezenfeksiyonu artırmak için iyodoform (83), kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) (84), klorheksidin (85), tetrasiklin (86) ve cetylpyridinium chloride (CPC) (87) gibi antimikrobiyaller güta-perka konlara ilave edilmiş ve kök kanal tedavisi başarısızlıklarında önemli rol oynayan çeşitli bakteri suşlarına karşı etkili sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca; nanoteknolojinin sağlık bilimlerine entegre olmasıyla birlikte ön plana çıkan nanoelmas amoksisilin konjugatlarıyla gömülü nanoelmas-güta perka kompozit biyomateryalleri (88) ve gümüş nanopartikül kaplı güta-perka konlar (89) kök kanalında tekrar enfeksiyon gelişme olasılığını azaltmaları ve artmış antimikrobiyal etkinlikleri ile gelecek başarılı endodontik tedavi sonuçları için umut vaat etmektedir.

2.2.3 Resilon

Termoplastik sentetik polimer yapıdaki Resilon (Resilon Research LLC, Madison, Connecticut) 2004 yılında kök kanal duvarlarına direkt adezyon özelliği bulunmayan güta-perka konlara alternatif olarak piyasaya sunuldu. İçeriğinde öncelikle biyobozunur alifatik polyesterden bir ana polimer olan polikaprolakton (% 25- % 40) ve ilave olarak biyoaktif cam, bizmut oksiklorür, baryum sülfat gibi radyopak doldurucular ve çift fonksiyonlu metakrilat rezin ihtiva eder (52, 90). Resilon biyouyumlu, toksik veya mutajenik olmayan bir materyaldir (52).

Kullanım özelliklerinin güta-perka'ya benzer olduğu ve bu nedenle geleneksel kök kanal dolum tekniklerinin bir çoğu ile birlikte kullanılabilmesi iddia edilmektedir. Resilon ile birlikte kullanılan kök kanal patları olan "Epiphany veya RealSeal" dual-

cure rezin esaslı birer kompozit (RBC) paktır. Matriks, Bis-GMA (Bisfenol A-glisidil metakrilat), UDMA (Üretan dimetakrilat) ve hidrofilik difonksiyonel metakrilatların bir karışımıdır, doldurucular ise kalsiyum hidroksit, baryum sülfat, baryum camı ve silikadan oluşur (91).

Resilon ile EpiPhany birlikte kullanıldığında, hem kanal duvarı hem de kor materyali arasında bir bağ oluşturulduğu söylenmektedir. Bu tip bir bağlanma sayesinde ise kök kanalı içinde “monoblok” bir yapının oluşturulduğu varsayılmaktadır (90). Tanıtıldığı günden bu yana yapılan çeşitli çalışmalarla (92-95) üstün özellikler sergilediği ve güta-perka’ya alternatif olabileceği ifade edilmiş olsa da zaman içinde artan araştırmalarla birlikte popülaritesi azalmıştır. Çünkü; Resilon içeriğindeki polikaprolaktanın, endodontik bakteri ve mantarlar tarafından biyolojik olarak parçalanabildiği ve enzimatik hidrolize duyarlı olduğu, gerçekte monoblok bir yapının sağlanamadığı, zamanla büzülmeye uğrayan patın Resilon ile arasında boşluk meydana getirdiği ve Resilon’un antibakteriyel özellik sergilememesi gibi istenmeyen bir çok özelliği ön plana çıkmaya başlamıştır (96, 97). Bu olumsuz özellikler de dikkate alınarak cerrahi olmayan kök kanal tedavisinde Resilon kullanımının Güta-perka ile karşılaştırıldığında uzun vadede ilave bir yararı olmadığı sonucuna varılmıştır (90).

2.2.4 Pro-points (C-points)

Kök kanalında kor materyali olarak bir hidrofilik polimer kullanımı endodontik obturasyon materyallerindeki en güncel gelişmelerden birisidir. Pro-Point (C-Point) merkezi kor materyali ve SmartPaste Bio kanal patından oluşan “Smart-Seal” alternatif bir “tek kon” obturasyon sistemi olarak tanıtılmıştır (98). Smart-Seal ile doldurulmuş kök kanallarının yenilenmesi gerekirse kloroform gibi çözücüler Smart-Seal’ın kanaldan uzaklaştırılmasında etkisiz olacağından, söküm işleminin döner aletler yardımı ile yapılması önerilir (99).

Pro-Point merkezde polimerize naylon fiberden ve dış katmanda yarı-katı hidrofilik polimer kaplamadan oluşur (100, 101). Merkezdeki fiberler Trogamid T ve Trogamid CX isimli iki özel naylon polimerinin karışımıdır. Bu çekirdek yapı pro-pointe kök kanalındaki herhangi bir eğrinin etrafından kolayca geçmesine izin verecek

bir esneklik sağlarken daha dar kanallarda çalışma uzunluğuna kolayca geçebilecek kadar sertlik sağlar (76). Pro-Point'in hidrofilik dış polimer katmanı, allil metakrilat ve bir termal başlatıcı kullanılarak polimerize edilmiş akrilonitril ve vinilpirolidonun çapraz bağlı bir kopolimeridir. Bu hidrofilik hidrojel tabakası enstrümante edilmiş kanal boşluğunda kalan suyu ve doğal olarak meydana gelen intraradiküler nemi emerek, eksensel genişleme olmadan lateral olarak genişleme sağlamak üzere tasarlanmıştır (102, 103).

Pro-Point'in lateral genişlemesinin uniform olmadığı söylenmektedir. Bu nonisotropik lateral genişlemenin kök kanal dolgusunun sızdırmazlık yeteneğini arttırdığı, böylece tekrar enfeksiyon olasılığını azalttığı ve kök kanal tedavisinin uzun vadeli başarısını güçlendirdiği varsayılmaktadır (104). Avantajlı özelliklerine rağmen uzun vadede başarısını kanıtlamak adına daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir.

2.3 Kök Kanal Dolgu Patları

Geleneksel olarak kök kanal dolgusu, güta-perka gibi bir kor materyali ve bir çeşit endodontik pat ile gerçekleştirilir (105). Kök kanal patları, kor materyalinin fiziksel sınırlamasının üstesinden gelinerek kök kanalını tıkamada büyük bir rol oynar, küçük dallanmaları, aksesuar kanalları, foraminaları ve kök kanalı duvarları ile kor materyali arasındaki boşlukları doldurur (106). Ayrıca; kor materyalinin kanal içine yerleştirilmesini de kolaylaştırır (107, 108). Kanal patlarının antiseptik etkileriyle kök kanalının temizlenmesinden ve şekillendirilmesinden sonra kanal içinde hala varlığını sürdürebilen bakterileri de yok etmeleri beklenir (108). Kök kanal patlarının genel amacı mikrobiyal girişi engellemek olsa da, neredeyse bütün pat çeşitlerinde bir tür mikrosızıntı meydana gelmektedir (109).

Kök kanal patını kanal boşluğu sınırları içinde tutmak dikkat edilmesi gereken bir konudur ancak obtürasyon prosedürü sırasında istemeden bir miktar ekstrüzyon meydana gelebilir. Kanal patı, apikaldeki yumuşak ve sert dokularla temas ettiğinde, periradiküler dokuların ısrarcı iltihaplanmasına ve etkilenen bölgenin ağrı, hassasiyet ve şişliği ile ortaya çıkan gecikmiş yara iyileşmesine yol açabilir (108).

Tüm kanal patları yeni karıştırıldığında bir miktar toksisite gösterir ve buna yanıt olarak yoğun bir nötrofil infiltrasyonu gözlenir. Ancak; toksisiteleri sertleşme esnasında büyük ölçüde azalır (110).

Renk değişikliği, sertleşme sırasında veya sonrasında dentin tübüllerine yayılan pat bileşiklerinin bir sonucudur. Öjenol, fenol ve gümüş gibi bazı bileşenler, koronal renk değişikliğinin nedenleri olabilir (111). Bahsi geçen özelliklerden yola çıkarak tüm olumsuz sonuçların bertaraf edildiği ideal bir kök kanal patınının üretimi karmaşık bir hale gelebilmektedir.

Zaman içinde pek çok ticari firma ideal kanal patını simüle ettiğini söyledikleri bir çok ürünü piyasaya sunmuşlardır. Kanal tedavisinde risk teşkil eden çeşitli olumsuz özellikler materyallerin kimyasal içeriklerinde yapılan modifikasyonlar sayesinde ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Doğal olarak piyasaya çıkan her bir ürün de fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan farklı sonuçlar ortaya çıkarmıştır.

Grossman ideal bir kök kanal patınının sahip olması gereken özellikleri şu şekilde tanımlamıştır (63).

- Kanal duvarları ve dolgu materyali arasında yeterli adezyon oluşturabilmeli
- Radyografide görülebilmesi için radyopak olmalı
- Boyutsal olarak stabil olmalı, sertleşirken büzülmemeli
- Diş yapısını boyamamalı
- Bakterisidal olmalı veya en azından bakteriyel gelişimi teşvik etmemeli
- Yeterli çalışma zamanı sağlamak adına yavaş sertleşmeli
- Doku sıvılarında çözünmemeli
- Doku dostu olmalı; periradiküler dokuları tahriş etmemeli
- Kök kanal dolgusunu yenilemek gerekirse, kanaldan kolaylıkla uzaklaştırılabilmeli
- Sertleştiğinde hermetik bir kapaticılık sağlamalı

Yukarıda sahip olması gereken ideal özelliklerin tanımlandığı kök kanal patları şu şekilde sınıflandırılabilir (112, 113):

- 1) Çinko-oksit içerikli patlar
 - a) Çinko oksit-öjenol içerikliler
 - b) Antibakteriyel etkinliği artırılmış Çinko oksit-öjenol patları
 - a) Paraformaldehitli Çinko oksit-öjenol patları
 - b) Paraformaldehit içermeyenler
 - c) Öjenolsüz Çinko-oksit
- 2) Polimer yapısında kök kanal patları
 - a) Epoksi-rezin esaslı patlar
 - b) Metakrilat-rezin esaslı patlar
 - c) Polivinil (Poliketon) Polimer içerikliler
 - d) Silikon Polimer içerikliler
- 3) Kalsiyum Hidroksit (Ca(OH)_2) esaslı patlar
- 4) Biyoseramik içerikli patlar
 - a) Kalsiyum-silikat-fosfat içerikli patlar
 - b) Mineral Trioksit Agregat (MTA) içerikli patlar
- 5) Cam İyonomer içerikli patlar

2.3.1 Çinko-oksit öjenol içerikli patlar

Çinko oksit öjenol içerikli patlar, 100 yıldan uzun bir süredir kök kanal obturasyonunda başarılı bir kullanım geçmişine sahiptir (108). Bu materyallerin sıvı içeriğinde öjenol, tozunda simanın akıcılığını arttırmak için ince elenmiş ZnO mevcuttur (114). Rosin veya Kanada balsamı daha fazla dentin adezyonu sağlamak için, antimikrobiyal ve mumyalama etkileri için paraformaldehit, antiseptik etki için antiseptik maddeler ve iltihaplanmayı baskılamak için kortikosteroidler ilave edilmiştir (114). Sertleşme reaksiyonları, öjenol ile çinko oksidin çinko iyonu arasında oluşan bir şelasyon reaksiyonudur. Sertleşme reaksiyonunu ZnO partiküllerine gömülmüş çinko öjenolat kristalleri başlatır (76).

Periapikal dokuya taşırılacak olursa rezorbe olurlar. Özellikle termoplastikleştirilmiş obturasyon tekniği ile kullanıldığında; analjezik,

antienflamatuar ve antimikrobiyal aktivitesi avantajları arasında sayılabilir. Olumsuz özellikleri ise; yavaş sertleşmesi, sertleşirken büzülmesi, doku sıvılarıyla temasta yüksek çözünürlüğe sahip olması, zayıf adezyon özelliği ve diş yapısını boyama potansiyelidir (108). Ayrıca; öjenolun, çinko oksit öjenol içerikli patlardan sızıntı yaparak toksik etki yarattığı ve sinir hücrelerinde iletimi azalttığı tespit edilmiştir (115). Etki, malzemenin sertleşmesinden sonra bile kalıcıdır (116).

İlk çinko oksit-öjenol içerikli toz/likit bazlı kanal patı 1931’de Rickert tarafından tanıtıldı (Pulp Canal Sealer (SybronEndo)). Radyoopasite sağlayıcı olarak içeriğinde bulunan gümüş partiküllerinin sebep olduğu koronal diş renklemesi en büyük dezavantajlarından biriydi (52). Renkleşme sorununu çözmek için içerikte yapılan modifikasyonla gümüş yerine baryum sülfat ilavesiyle “Procosol (Star Dental, Lancaster, PA, Amerika Birleşik Devletleri)” geliştirilmiştir (52, 112). 1958’de Grossman diş yapısını boyamayan toz/likit formuna kıyasla daha kısa sertleşme süresine sahip baz/katalizör formunda bir formül geliştirdi. “Roth 801 (Roth International)” ve “Tubli-seal (SybronEndo)” üretiminde ufak modifikasyonlar dışında bu formül baz alındı (105). Wach's patı (Balas Dental, Chicago, Illinois), lateral kondensasyon ile kullanıldığında, güta-perka'yı daha homojen bir kütle şeklinde yumuşatan, materyale yapışkan bir özellik kazandıran Kanada balzamını içerir (52). Öjenol içermeyen çinko oksit içerikli patlar; Nogenol, Canals-N. Antibakteriyel özelliğini artırmak için içeriğine iyodoform ilavesiyle piyasaya sürülen çinko oksit öjenol içerikli patlar; Endo Seal, Rocanal. Paraformaldehit ilavesiyle geliştirilenler; N2, Spad, Endomethason (ek olarak kortikosteroid içerir). Paraformaldehit ilavesi yüksek derecede toksik, mutajenik ve karsinojenik özelliklerinde dolayı artık tercih edilmemektedir (113, 114).

2.3.2 Polimer yapısında kök kanal patları

Yeterli çalışma zamanı, boyutsal stabilite, hazırlama kolaylığı ve gelişmiş adezyon özelliklerine sahip polimer yapılı patlar ayrıca biyouyumludurlar ve doku sıvılarıyla temasta çözünürlükleri azdır. Temel olarak 4 grup altında incelenebilirler (112).

2.3.2.1 Epoksi rezin esaslı patlar

Rezin içerikli patların da uzun bir kullanım geçmişi vardır. İlk olarak 1954'te İsviçre'de Andre Schroeder tarafından geliştirilmiştir ve polimerizasyon için metenamin kullanan bir bis-fenol rezindir (106). Yüksek radyoopasite, düşük çözünürlük, az büzülme ve iyi doku uyumluluğu avantajlı özellikleri arasında sayılabilir (76). Ayrıca; adezyon özellikleri mevcuttur ve öjenol içermezler. AH26, sertleşme sırasında formaldehit salgıladığı tespit edilen yavaş sertleşen bir epoksi rezindir. Toz/likit formunda olan AH26 toz içeriğindeki gümüş partikülleri nedeniyle diş dokusunda renklenmeye yol açabilmektedir (117-119). AH Plus, formaldehit salınımı olmayan, AH26'nın olumsuz özelliklerinin iyileştirilmesi için değiştirilmiş bir formülasyondur (108).

AH26 içeriğinde dezenfekte edici madde olarak, amonyak ve formaldehit'e hidrolize olan metenamin bulunmaktadır (120). Tıpkı çoğu pat gibi, AH26'da (DeTrey Dentsply), taze olarak hazırlandığında çok toksiktir. AH26'nın toksisitesi, kimyasal sertleşme reaksiyonunun bir sonucu olarak çok az miktarda formaldehit salınmasına bağlanır. Bununla birlikte, formaldehitin kısa miktarda salınması, N2 gibi geleneksel formaldehit içeren patların uzun süreli salımından binlerce kat daha düşüktür (114). AH26'nın fibroblastlar üzerindeki erken sitotoksik etkilerinin 1 hafta kadar sürdüğü ve devam eden süreçte sitotoksitede önemli bir azalma olduğu gösterilmiştir. AH Plus'ın sitotoksitesi ise deneyin erken dönemi ile sınırlıydı ve karıştırmayı takip eden 4 saatte ortadan kalktığı gözlenmiştir (121).

Yakın zamana kadar dünyanın birçok yerinde yaygın olarak kullanılan bir başka rezin formülasyonu, resorsin-formaldehit türüdür. Fenol-formaldehit veya Bakalit rezinin bir çeşidi olan bu pat güçlü bir antibakteriyeldir, ancak büzülür ve çevreleyen diş dokusunda kırmızımsı bir renk tonu bırakır (bu nedenle "Russian Red" takma adı kullanılır). Bir güta-perka merkez kona ihtiyaç duyulmadan kullanılması savunulur. Sertleşme sonrası çok sert ve çözünmez bir kütle haline gelmesi nedeniyle materyalin retreatment işlemi oldukça zorlayıcı olmaktadır (122).

Piyasada mevcut diğer epoksi-rezin içerikli patlar (112): Sealer 26 (Dentsply, Petrópolis, RJ, Brezilya), 2Seal (VDW GmbH, Münih, Almanya), Therma Seal Plus

(Dentsply International/Tulsa Dental, Tulsa, OK, Amerika Birleşik Devletleri), Topseal (Dentsply De Trey, Konz tanz, Almanya), Adseal (Meta Biomed Co, Chung buk, Kore), EZ-Fill (EDS, South Hackensack, NJ, Amerika Birleşik Devletleri), Smart paste (Smart seal DRFP Ltd, Stamford, İngiltere).

2.3.2.2 Metakrilat rezin içerikli patlar

Metakrilat rezin esaslı patlar (MRBS), hidrofilik özellikleri sayesinde kanal duvarlarını ıslatabilmeleri ve dentin tübüllerine nüfuz etmeleri ile ön plana çıkmışlardır. Radiküler dentin ve kök kanal materyallerine bağlanabilme kapasiteleri diğer simanlara oranla daha üstündür (76). Günümüze kadar 4 kuşak metakrilat rezin bazlı kök kanal patı tanıtılmıştır.

Birinci kuşak Hydron (Hydron Technologies, Inc, Pompano Beach, FL) 1970'lerin ortalarında tanıtıldı. Ana bileşiğini oluşturan poli [2-hidroksietil metakrilat] (poli [HEMA]) sayesinde hidrofilik bir özellik sergilemekteydi (123).

Hydron, polimerizasyon sonrasında enjekte edildiği kök kanalına tamamen nüfuz ederek onunla bir bütün oluşturabileceği düşüncesiyle tasarlanmıştır. Enjekte edilebilir olmasının kullanım kolaylığı sağladığı, tahriş edici olmadığı, kanal duvarlarına çok iyi uyum sağladığı, bakteri üremesini desteklemediği ve eğer periapikal bölgelere yanlışlıkla taşırırsa kalsifiye olabileceği bildirildi (124). Bununla birlikte, patın kullanımı 1980'lerde hızlı bir şekilde sonlandırıldı (52). Çünkü laboratuvar / klinik çalışmalardan elde edilen bulgular üreticinin patın fiziksel / klinik özellikleri ve biyouyumluluk konusundaki iddaları ile çelişir nitelikteydi. Ayrıca; patın şiddetli bir enflamatuvar reaksiyona yol açtığı gözlenmiş, ciddi sızıntı (125) ve ayrıca su emerek şişme ile ilişkilendirilmiştir (106, 126, 127).

İkinci kuşak üretan-dimetakrilat (UDMA) bazlı pat “EndoREZ” (Ultradent Products Inc, Güney Ürdün, UT) hidrofiliktir, asitleme gerektirmez ve ilave yardımcı dentin adeziv kullanımına ihtiyaç duymaz. Smear tabakasının uzaklaştırılmasından sonra retansiyon ve sızdırmazlık için rezin tag oluşumu ile aksesuar kanallara ve dentin tübüllerine akacak şekilde tasarlanmıştır (77). EndoREZ (Ultradent Products Inc, Güney Ürdün, UT), kök kanal sisteminin ıslak ortamında kullanılabilir hem

ışıkla hem de kimyasal olarak sertleşebilen bir radyoopak metakrilat bazlı pattır. Üretici, hazırlandıktan sonra kök kanal duvarlarının, patın hidrofilik özelliklerinden maksimum avantaj elde etmek için hafif nemli kalmasını tavsiye eder, böylece rezin tag'ler dentin tübüllerine etkili bir şekilde penetre olabilir ve kanal duvarlarına adaptasyonu arttıran kollajen fiber ağı ile bir hibrit tabakanın oluşumu sağlanır (128-130). Spesifik EndoREZ konları (rezin kaplı güta-perka) ile birlikte kullanılması tavsiye edilir, konvansiyonel güta-perka ile kullanımında dentin duvarlarına bağlanma dayanımının düşük olduğu bildirildi (131). EndoREZ'in hızlı sertleşmesini sağlamak için, EndoREZ ile uyumlu bir hızlandırıcı (EndoREZ accelerator) kullanıma sunulmuştur (112).

Üçüncü kuşak metakrilat rezin bazlı bir pat olan “Epiphany” kendinden asitli primer ve hem ışıkla hem de kimyasal olarak sertleşebilen rezin kompozit'ten oluşan bir kök kanal patıdır, Resilon kor materyali ile birlikte kullanıma sunulmuştur (124). Bu sistemde dentin yüzeyine uygulanan asidik primer smear tabakasına nüfuz ederek yüzeyel dentini demineralize eder. Devamında akışkan rezin kompozit pat uygulanır ve polimerizasyon gerçekleştirilir (124). Materyalin kullanımının temeli kök kanalı içinde bir “monoblok” yapı oluşturabilmektir. Bahsi geçen monoblok kavramı; kök kanal dentini, pat ve merkezi kor materyalinin kanal boşluğunu hermetik olarak tıkayacak şekilde birbirlerine bağlanarak oluşturdukları homojen bir yapıyı ifade etmektedir (76). Primer'ın dentin ile oluşturduğu hibrit tabakanın pat içeriğine ve sonrasında Resilon kor materyaline bağlanması ile sağlanır. Bu sayede düşük apikal sızıntı ve bakteri infiltrasyonuna karşı iyi bir direnç elde edilmesi beklenir. Ancak kök kanalının karmaşık anatomisi, smear tabakası apikal üçlüde tutulduğunda bağlanmanın teknik hassasiyetinin azalması ve gerçekleşmesi muhtemel polimerizasyon büzülmesi (C-faktör) (132) gibi sebeplerle bağlantı dayanımı ve tıkayıcılık özellikleri diğer materyallere üstün etki gösterememektedir (133, 134).

Epiphany ile benzer özelliklere sahip metakrilat rezin bazlı patlara örnek verilecek olursa (112): Inno Endo (Heraeus-Kulzer, Armonk, New York), Real Seal (SybronEndo, Orange, CA, Amerika Birleşik Devletleri) ve Resinate (Obtura Spartan, Fenton, MO, Amerika Birleşik Devletleri).

Fiberfill (Pentron, Wallingsford, CT, Amerika Birleşik Devletleri)'de 3. kuşak UDMA rezin bazlı bir kök kanal patıdır. Apikal kısmı güta-perka, koronal 3/2'lik kısmı fiberle güçlendirilmiş post şeklinde modifiye edilmiş merkezi konlarla birlikte kullanılmaktadır. Patın kök kanalına iyi bir adezyon sağladığı ve iyi bir tıkaçıcılık özelliğinin olduğu belirtilmektedir (76, 135).

4. kuşak metakrilat rezin bazlı patlarda asit, primer ve patın ayrı ayrı uygulanması yerine hepsinin bir arada kullanılabilmesi tek aşamalı bir sistem geliştirilmiştir. Böylece hem teknik hassasiyeti olan asit-bond uygulama aşamasında oluşabilecek hataların önüne geçilmesi amaçlanmış hem de uygulama süresi oldukça azaltılmıştır.

Ticari olarak kullanıma sunulan ilk 4. Kuşak metakrilat rezin bazlı pat MetaSEAL'dır (136, 137). MetaSEAL'ın likit içeriğinde; 4-META (4-metakriloiloksietil trimellitat anhidrürün), HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate) ve difonksiyonel metakrilat monomerleri mevcuttur. Toz, küresel radyopak doldurucu olarak zirkonyum oksit, silika nanodoldurucular ve bir hidrofilik reaksiyon başlatıcı içerir. Bir asidik rezin monomer olan, 4-META'nın dahil edilmesi, patın doğal olarak kendinden asitli ve hidrofilik olmasını sağlar ve polimerizasyondan sonra bir hibrit tabaka üretmek için alttaki sağlam dentin içine monomer difüzyonunu destekler (52). Hybrid Bond SEAL ve RealSeal SE ayrıca bu pat grubuna örnek olarak gösterilebilir (138).

2.3.2.3 Polivinil (poliketon) polimer içerikli patlar

Diaket (3 M ESPE) ana bileşen olarak polivinil klorürün polimer formunu içeren ve şelasyon ile sertleşen bir pattır (106). Toz içeriğinde bizmut fosfat ve çinko oksit bulunur (112). Sertleşirken hacim kaybına uğramadığı, kanal duvarlarına adaptasyonunun iyi olduğu ancak sertleşme süresinin kısa olması sebebiyle kök kanal dolumu için uzun zaman gerektirecek vakalarda kullanımının önerilmediği belirtilmektedir. Tersine bu kısa sertleşme süresi kök ucu dolgu materyali olarak kullanıldığında avantaj sağlamaktadır (113).

Biyouyumluluk alışmaları, hücre kültüründe (139) sitotoksik olduğunu göstermiştir. Kemik ve deri altı dokularda uzun süreli kronik enflamasyon meydana getirmişlerdir (52). Bununla birlikte, bir kök ucu dolgu maddesi olarak kullanılmak üzere daha kalın kıvamda karıştırıldığında, Diaket kemik dokusu ile iyi bir biyolojik uyumluluk göstermiştir (140, 141).

2.3.2.4 Silikon polimer içerikli patlar

Lee Endofill (Lee Pharmaceuticals, Kaliforniya, Amerika Birleşik Devletleri) güta-perka merkezi konu ile birlikte veya tek başına kök kanalına uygulanabilen, enjekte edilebilir formda silikon polimer içerikli bir pattır. Temel olarak silikon monomer, tetra etilortosilikat ve polidimetilsiloksan gibi silikon esaslı katalizörler ve bizmut subnitrat gibi dolduruculardan oluşur (112). Pat apikal taşkınlık durumunda rezorbe olmaz. Ancak periapikal dokularda enflamasyona yol açabilecek bir reaksiyonu da tetiklemez. Kök kanalından izole edilen mikroorganizmalara karşı antibakteriyel özellik sergilemez (142).

Polidimetilsiloksan bazlı bir başka pat olan RoekoSeal (Coltne / Whaledent)'in sertleşme sonrasında bzlme göstermediği aksine hafifçe genleştiği (% 0.2) bildirilmiştir (143).

GuttaFlow ve GuttaFlow2 (Coltne / Whaledent), ğtlmş soğuk akışkan pat formlarıdır. RoekoSeal'a < 30 m partikül formundaki güta-perkanın ilavesi ile geliştirilmişlerdir (52). GuttaFlow bileşimde koruyucu nano-gümüş mevcuttur ancak kimyasal yapısı ve konsantrasyonu GuttaFlow'da korozyon veya renk değişimlerine neden olmaz (144, 145). Materyalin homojen bir kompozisyonu olmasına rağmen, sertleştikten sonra küçük gözenekli alanlar bırakabilir (146). GuttaFlow 200 C'nin üstünde bir sıcaklığa sahip materyalle temas ederse hızlıca donar bu nedenle sıcak obturasyon teknikleri ile kullanımı önerilmemektedir (113).

2.3.3 Kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) esaslı patlar

Kalsiyum hidroksit, antimikrobiyal aktivite sergiler ve osteojenik- sementojenik potansiyele sahiptir. Kök kanal patlarına kalsiyum hidroksit ilavesinde amaç; kalsiyum (Ca⁺²) ve hidroksil (OH⁻¹) iyonlarının ayrışıp çevre dokulara nüfuz ederek sağladığı yüksek pH ile antibakteriyel etki göstermesi ve rejenerasyon kabiliyetlerinden faydalanmaktır. Ca⁺² ve OH⁻¹ iyon salınımı ve sürekli antimikrobiyal aktivite için ise patın en azından kısmen çözünür olmasını gerektirir, oysa ideal bir patın çözünürlük özelliğinin yüksek olması istenmemektedir, çözünürlük uzun dönemde kök kanal dolgusu içinde sızıntıya yol açabilecek boşluk oluşumunu da beraberinde getirmektedir (108). Kalsiyum hidroksit esaslı patlar kök kanalından taşırıldığında kolay rezorbe olabilse de periapikal dokularda kronik enflamatuar reaksiyona yol açmaktadırlar (147, 148).

Sealapex, Kalsibiyotik kök kanal patı (CRCS), Apexit, Apexit Plus, Acroseal kalsiyum hidroksit içerikli patlardır. Sistemik tosisite, alerjik reaksiyon, mutajenik etkileri bildirilmemiştir. Farklı hücre kültürlerinde test edildiklerinde düşük sitotoksisite gelişimi gözlenmiştir (149, 150).

2.3.4 Biyoseramik içerikli patlar

Biyoseramikler biyoyumludur (151, 152), toksik değildir, büzülmez ve biyolojik ortamda kimyasal olarak kararlıdır. En önemlisi, kök kanal dolumu sırasında apeksten taşırılırsa, enflamatuar bir tepkiye neden olmazlar. Bir başka avantajı da, hidroksiapatit oluşturma ve dentin ile dolgu materyali arasında bir bağ oluşturabilme yeteneğidir (76). Sert doku oluşumunu indükleyerek biyoaktivite özelliği sergilerler (153). Anti-enflamatuar etki gösterirler ve kemik dokusuna farklılaşmayı desteklerler (154).

Biyoseramik esaslı patların daha iyi performans göstermesi ayrıca küçük partikül boyutlarına, hidrofilik olmalarına ve patın kök kanalındaki dentin duvarlarına kolayca yayılmasını sağlayan düşük temas açısına da bağlanabilmektedir (155).

Kök kanalının doldurulmasında tek başına veya güta-perka ile birlikte kullanılabilir. Ancak tek başına kullanıldığında retreatment işlemi gerekirse oldukça zorlayıcı olabilmektedir (156). Biyoseramik içerikli patlar 2 grupta incelenebilir:

2.3.4.1 Kalsiyum-silikat-fosfat içerikli patlar

Bu biyoseramik patlar hidrofildir ve sadece suyun varlığını tolere etmekle kalmaz, aynı zamanda sertleşme için de buna ihtiyaç duyarlar. İçeriklerindeki kalsiyum silikat, doku sıvıları tarafından sağlanan suyla reaksiyona girerek sertleşir ve daha sonra su veya nemli ortamlarda kararlı hale gelir. Bu özellikleri sebebiyle “hidrolik patlar” olarak da isimlendirilirler (157). Kalsiyum silikatların biyolojik özellikleri, bu hidrasyon reaksiyonunun bir yan ürünü olarak oluşan kalsiyum hidroksit'e bağlı olarak gelişir (153).

Sertleşme ile birlikte artan pH materyale antibakteriyel özellik kazandırır (153, 158). Büzülme göstermez aksine sertleşme sonrası genişleme gösterir (~%2) (113). Biyo-uyumludurlar, Ca^{2+} iyon salınımını indüklerler ve doku iyileşmesini destekleyen asit nötralizasyon kabiliyetine sahiptirler. Ek olarak, Ca^{2+} 'nın Mezenkimal kök hücre (MSC)'lerinin ve doku mineralizasyonunun farklılaşmasında aktif olarak yer aldığı iyi bilinmektedir (159, 160).

İlk tanıtılan kalsiyum-silikat-fosfat içerikli pat 2007'de kullanıma sunulan iRoot SP (Innovative Bioceramics, Vancouver, Kanada)'dir (153). Bu grup içinde değerlendirilen diğer patlar: EndoSequence BC Sealer (BC Sealer, Brasseler Amerika Birleşik Devletleri), Smartpaste bio (DRFP Ltd., Stamford, Birleşik Krallık), Bioseal (Ogna, Laboratori Farmaceutici, Milan, İtalya), Appetite (Dentsply-Sankin Trading Co, Tokyo, Japonya), DiaRootBioaggregate (Diadent Group International, Burnaby, BC, Kanada), Total Fill BC Sealer (FKG Dentaire, La-Chaux-de-Fonds, İsviçre).

2.3.4.2 Mineral trioksit agregat (MTA) içerikli patlar

İçeriğinde trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, bizmut oksit ve kalsiyum sülfat bulunan kalsiyum bazlı bir materyal olan MTA 1993 yılında Torabinejad tarafından tanıtıldı (161). Materyal ilk olarak perforasyon tamiri (161) için ve retrograd dolgu (162) materyali olarak önerildi. Daha sonra, pulpa kuafajı (163), pulpotomi (164-166) gibi vital pulpa tedavileri, apeksifikasyon (167), rezorpsiyon tamiri (168) için ve ayrıca kök kanal dolgu patı olarak kullanım alanı genişletildi (169).

MTA içerikli patlar biyouyumludur ve mineralizasyonu stimüle ederler (170). Mutajenik ve nörotoksik etkileri yoktur. Biyoaktifirler, sert doku üreten hücrelerin farklılaşmasını ve göçünü teşvik ederek sert doku indüksiyonu yaparlar (171). *M. luteus*, *S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *C. albicans* ve *E. faecalis*'e karşı alkali pH'ları sayesinde antimikrobiyal etki gösterirler (172).

Sertleşme reaksiyonunu başlatmak ve apatit çökeltilerinin oluşumuyla sonuçlanan biyoaktiviteyi indüklemek için nem (biyolojik sıvılar), gereklidir (76). Kalsiyum hidroksitin hidrasyon nedeniyle di- ve trikalsiyum silikat içerikli patlardan salınımı ve doku sıvılarında fosfatla teması, materyal yüzeyinde kalsiyum fosfat veya kalsiyum karbonatın çökmesine neden olur (169, 173). Ayrıca, fosfat ile temastan sonra bir kalsiyum silikat pat yüzeyinde hidroksiapatit benzeri bir yapının oluşumu bildirilmiştir (169).

Patın içeriğindeki bizmut oksit bileşeni sebebiyle dişin kronu; kahverengi (NaOCI ile temas halinde), gri (klorheksidin ile temas halinde) veya hatta siyah (glutaraldehit ile temas halinde) hale gelebilmektedir. Bunu önlemek için pat içeriğine radyoopaklaştırıcı olarak zirkonya dioksit (zirkonya) veya tantal oksit gibi alternatif materyaller ilave edilmektedir (119, 145). MTA'yı çözebilecek bir solvent henüz mevcut değildir bu nedenle kök kanalından uzaklaştırılmaları zordur (174).

MTA Fillapex (Ângelus Indústria de Produtos Odontológicos Ltda; Londrina, Paraná, Brezilya), Endo CPM Sealer (EGEO SRL, Buenos Aires, Arjantin), MTA Plus (Avalon Biomed, Bradenton, Florida), ProRoot Endo Sealer (Dentsply Tulsa Dental

Specialities, Tulsa OK, Amerika Birleşik Devletleri), MTA Obtura (Angelus, Angelus Odontológica, Londrina, PR, Brezilya) MTA bazlı güncel kök kanal patlarına örnek gösterilebilir.

2.3.5 Cam iyonomer içerikli patlar

Ketac-Endo (3M ESPE, St. Paul, Minnesota), Activ GP (Brasseler Amerika Birleşik Devletleri , Savannah Georgia) ve Endion (VOCO, Cuxhaven, Almanya) cam iyonomer içerikli patlara örnek gösterilebilir.

Cam iyonomerler; sızdırmazlık kabiliyetleri ve kök dentinine kimyasal adezyon yetenekleri göz önünde bulundurularak ilk defa 1991’de kök kanal patı olarak kullanıma sunulmuştur (175, 176). Kanal tedavisinin yenilenmesi gerekirse kanaldan uzaklaştırılmaları oldukça zordur, söküm işlemi ultrasonikler kullanılarak kolaylaştırılmaya çalışılsa da kanal duvarlarından uzaklaştırılmayan pat artıkları geleneksel patlara oranla daha fazla bulunmuştur (177). Eğer pat apeksten taşarsa rezorpsiyon izlenmez ancak bu osteoklastik aktiviteyi tetiklemez (178). Ketac-Endo minimal antimikrobiyal aktiviteye sahiptir (179). ActiV GP, cam-iyonomer dış kaplama ile birlikte cam iyonomer emdirilmiş güta-perka konları ve cam iyonomer içerikli pat içeren bir tek kon sistemidir. Üreticiye göre, cam-iyonomer kanal patı kullanılarak intraradiküler dentine bağlanılabilir ve kök kanal alanı içinde bir “monoblok” yapı oluşturulabilir (180). Cam iyonomer esaslı patlarda ortaya çıkan en büyük sorun sızıntıdır. Bunun sebebi ise patın sertleşme sırasında neme karşı oldukça hassas olması ve nem mevcutsa çözünürlüğünün de orantılı olarak artacak olmasıdır (181).

2.4 Bu Çalışmada Kullanılan Kök Kanal Dolgu Patı

2.4.1 AH plus jet

AH Plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya), iki tüp şeklinde epoksi rezin-amin esaslı bir sistemdir. Epoksi rezin içeren tüpü, bir diepoksit (bisfenol A diglisidil eter) ve ana bileşenler olarak dolgu maddeleri içerirken, amin içeren tüpü,

ana bileşenler olarak primer monoamin, sekonder diamin, disekonder diamin, silikon yağı ve dolgu maddeleri içerir. Yaklaşık 4 saatlik bir çalışma süresine sahiptir (52).

AH Plus, daha iyi ve eşit karıştırmak için “AH Plus Jet” adında çift-hazneli bir şırıngada iki tüp halinde kullanıma sunulmuştur (112). Çalışmamızda doğrudan karışıma hazır formu, manuel karıştırma ihtiyacını ortadan kaldırması, homojen bir karışım elde edilip özel uçları ile doğrudan kanal içine de uygulanabilir olması sebebiyle AH Plus Jet tercih edilmiştir.

Epoksi rezin esaslı bir kök kanal patı olan AH Plus düşük çözünürlük ve bozunma, yeterli radyopasite, kök dentinine yüksek bağlanma dayanımı (182), yeterli genişleme, antimikrobiyal aktivite ve çok iyi sızdırmazlık özellikleri sayesinde altın standart olarak kabul edilir (23, 76).

Pat ve kök dentini arasındaki mekanik kilitlemeyi arttıran yüksek akma kapasitesi ve uzun sertleşme süresi sayesinde kök kanal düzensizliklerine kolayca nüfuz edebilir. AH Plus, düşük partikül boyutu, 20-25 µm aralığında olan film kalınlığı ve doku sıvılarına maruz kaldığında gösterdiği düşük çözünürlük sayesinde iyi bir penetrasyon özelliği sergiler (76, 155).

AH Plus’ın üstün adaptasyon ve penetrasyon özelliği bu kök kanallarındaki psödoplastik davranışına bağlanabilir. Psödoplastik özellik; dolum aşamasındaki kompaksiyon işlemleri ile patın akma hızındaki artışa paralel olarak viskozitede azalma ve akıcılığındaki artış olarak tanımlanmıştır (183).

Değişken bir sitotoksosite derecesi vardır yeni karıştırılan materyalde güçlü iken sertleşme ile beraber azalır (184) ve bu etkinin de içeriğinde mevcut epoksi rezin ve aminin polimerize olmamış artıklarının toksik etkileri ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (185). Ayrıca; taze karıştırılmış AH Plus E.faecalis’e karşı antimikrobiyal etki sergiler (186). AH Plus’ın pH’ı sadece taze numunede alkaline özellikte iken, sertleşmeden sonra, pH nötr’e yakındır bu da antimikrobiyal etkisinin azalmasında bir etken olabilir (187).

2.5 Pat Aktivasyonu

Kök kanal dolumunda güta-perka tek başına kullanıldığında, materyalin dentin dokusuna yapışma özelliği olmadığından tüm kanal boşluğunu dolduramaz ve kanal duvarları ile arasında boşluk oluşumu gözlenir. Bunun önüne geçmek için ise kanal patı ile birlikte kullanılması gerekmektedir (27). Birçok araştırmacı, güta-perkanın pat ile birlikte kullanılmasının tek başına kullanılmasına oranla daha başarılı bir apikal tıkaçılık sağladığı sonucuna varmıştır (188, 189). Üç boyutlu ve hermetik bir kök kanal dolumu elde edebilmek için katı dolgu materyali ile birlikte uygulanan kök kanal dolgu patları, kanal içinde güta-perka konunun ulaşamayacağı kanal içi düzensizliklerin doldurulmasında kilit rol oynamaktadır. Güta-perka gibi kök kanal dolgu materyalleri ile birlikte kullanılan patların fizikokimyasal özellikleri kadar kanal içerisine yerleştirilme yöntemleri ve bu sayede sağlanan aktivasyonları da önem taşımaktadır.

Kullanılan patın tipinden bağımsız olarak, bir kanal patının kök kanal boşluğuna yerleştirilmesi öngörülebilir olmalıdır, kullanılan yöntemle patın dentin duvarlarındaki penetrasyon alanını artırabilmeli ve aynı zamanda dentinal tübüllere nüfuz etmesini kolaylaştırabilmelidir. Ancak şimdiye kadar bu gereksinimleri tam olarak karşılayabilecek bir teknik bulunmamaktadır (190).

Bazı araştırmacılar çeşitli tekniklerle uygulanan pat aktivasyonunun bir farklılık yaratmadığını ancak pat penetrasyonu açısından en fazla değişikliğin apikal bölgede gerçekleştiğini bildirmişlerdir (27).

Karmaşık kök kanal morfolojilerinde, lateral kanal ve dentin tübüllerinin tamamen tıkanmasında geçmişten günümüze çeşitli pat yerleştirme/aktivasyon yöntemleri önerilmiştir.

Ana kon (191), kağıt konlar (192), lentülo spirali, reamer, spreader, EZ-Fill cihazı (193), saatin tersi yönünde döndürülerek kullanılan el eğeleri (194) döner ege sistemleri (31, 195) ya da sonik veya ultrasonik eğeler (33, 195) pat yerleştirilmesi/aktivasyonu için kullanılan yöntemler arasında sıralanabilirler.

2.5.1 Lentülo spiral

Dental mikromotora monte edilebilen veya elle kullanılabilen esnek, gevşek şekilde sarılmış telden yapılan bu döner alet, kök kanal patları veya kanal içi medikamentleri kök kanalına yerleştirmek için kullanılır (196). Lentulo spiralin dönerken yay kısmının patı kanal merkezinden uzaklaşacak şekilde dağıttığı bildirilmiştir (31).

2.5.2 EZ-fill cihazı

Çift yönlü spiral; patın kök kanalına yerleştirilmesi için tasarlanmış bir alettir. Alet üzerindeki koronal yivli spiraller apikal yönde hareket ederek patı apikal olarak taşır ve apikal uçtaki ters spiraller ise kanal dışına gevşetme yönünde döner. Patın aynı anda apikal ve koronal olarak taşınması sayesinde oluşturulan iki zıt yönlü akış birleştiğinde, patın kanal duvarlarını daha iyi kapladığı ve varolan lateral kanalları veya diğer kanal içi defektleri daha etkili bir şekilde kapatabildiği bildirilmektedir (193).

2.5.3 Manuel dinamik aktivasyon

Araştırmalar, genişletilmiş kök kanalına iyi uyum sağlayan bir güta-perka ana kon, el eğesi ya da fırçanın kanal içinde 2-3 mm'lik kısa vuruşlarla hafifçe aşağı- yukarı hareket ettirilmesi ile etkili bir hidrodinamik etki üretebileceğini ve bu sayede kanaldaki herhangi bir irrigasyon solüsyonu veya patın yer değiştirmesini önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermiştir (197-199).

Kanala iyi oturan bir güta-perka konun kanal içine doğru itme hareketleri sırasında daha yüksek bir intrakanal basınç değişikliği oluşturulabildiği ve bu sayede irrigasyon solüsyonunun kanal yüzeyindeki dokunulmamış alanlara daha etkili bir şekilde ulaşabilmesine olanak tanıdığı bildirilmiştir (200).

2.5.4 Sonik aktivasyon

Endodontik tedavide sonik bir enstrümanın kullanımı ilk kez 1985 yılında önerilmiştir (201). Sonik sistem ultrasonik sistemden farklıdır çünkü oluşturdukları titreşim sıklığı daha düşüktür (1-6 kHz) ve daha küçük kayma gerilmeleri oluştururlar. Sonik enerji ayrıca önemli ölçüde daha yüksek genlik veya daha büyük ileri-geri uç hareketi oluşturur (200).

Güncel bir sonik aktivasyon cihazı olarak tanıtılan EDDY, esnek polimer yapılı, kesmeyen bir poliamid uca sahiptir. Üretici 5000-6000 Hz'e kadar oluşturabildiği vibrasyon sayesinde üç-boyutlu bir hareket yaratarak, kavitasyon ve akustik akışı tetikleyebildiği ve bu konuda oldukça iyi sonuçlar verebilen Pasif ultrasonik aktivasyon'a alternatif olabileceğini savunmaktadır. Poliamid ucun kullanılabilmesi için minimum preparasyon boyutu 25.06 olmalıdır. EDDY hava ile çalışan kavitronlara da uyumlandırılarak çalıştırılabilir. Çok yönlü bir cihaz olarak piyasaya sunulan EDDY irrigasyon solüsyonu aktivasyonunun yanısıra kök kanal patının kanala yerleştirilmesi/aktivasyonu ve Ca(OH)₂'in kanala yerleştirilmesi ve uzaklaştırılmasında da kullanılabilmektedir (202).

Şimdiye kadar farklı sonik sistemlerin pat aktivasyonu üzerindeki etkinliğini değerlendiren birçok çalışma (32, 51, 195, 203, 204) olmasına rağmen EDDY'nin pat aktivasyonuna etkisi ve diğer sistemlere kıyasla avantajları veya dezavantajlarını içeren bir çalışma mevcut değildir.

2.5.5 Pasif ultrasonik aktivasyon

Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) terimi ilk olarak 1980'de eş zamanlı enstrümantasyon olmadan yapılan irrigasyonu tanımlamak için kullanıldı. Kanal enstrümantasyonu sonrasında kullanıldığı için ultrasonik ucun kök kanal sisteminde anormal şekiller oluşturma potansiyeli düşüktür. PUI sırasında, akustik akış ve kavitasyon olarak tanımlanan iki fiziksel olayı tetikleyen ultrasonik dalgalar vasıtasıyla, bir eğden veya düz titreşimli bir telden akustik bir enerji iletilir. Akustik akış, sıvının titreşimli eğe etrafında dairesel veya girdap şeklinde hızlı bir hareketi olarak tanımlanabilir. Kavitasyon ise hava kabarcıklarının oluşturulması veya bir

sıvıda önceden var olan kabarcıkların genişlemesi, büzülmesi ve /veya patlaması olarak tanımlanır (205).

Pasif Ultrasonik Aktivasyon irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonu kadar, kök kanal patı aktivasyonu için de kullanılan bir yöntemdir. Kavitasyon ve akustik akışı tetiklemesi sebebiyle patın tübül penetrasyonunu arttırdığı yönünde görüş bildiren birçok çalışma (30, 32, 33, 190, 206) mevcut olmasına rağmen yeterince etkin olmadığını belirten çalışmalar da mevcuttur (192, 207).

Ultrasonik eğerler, 25-30 KHz ultrasonik frekanslarda salınım yapacak ve enine titreşimde çalışarak, uzunlukları boyunca karakteristik bir düğüm (nod) ve bu düğümü sönmüleyen karşıt bir düğüm (antinod) kalıbı oluşturacak şekilde tasarlanmıştır (208).

2.6 Kök Kanal Dolum Teknikleri

Endodontik bir tedavinin uzun vadeli başarısını etkileyen en önemli faktörlerden birisi de biyomekanik preparasyonun ardından; oral patojenlerin kök ve periapikal dokularda yeniden kolonize olarak enfeksiyona yol açmalarını önlemek için kök kanal sisteminin tamamen sızdırmaz hale getirilerek doldurulmasıdır (30).

Kök kanal tedavisi için şimdiye kadar birçok dolum tekniği geliştirilmiştir ve her teknik kendi içinde avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Klinik başarı hedeflenerek bir çok teknik arasından seçim yapmamız gerektiğinde, kanal anatomisine ve vakanın zorluk derecesine bağlı olarak bizi öngörülebilir bir sonuca ulaştırabilecek, en pratik ve operatör dostu tekniğin tercih edilmesi gerekmektedir. Güncel kök kanal dolum teknikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (52, 113):

- Soğuk Lateral Kondensasyon Tekniği
- Basit Tek Kon Tekniği
- Sıcak Vertikal Kondensasyon Tekniği (Schilder Tekniği)
- Devamlı Isı İle Obtürasyon Tekniği
 - ✓ Elements
- Sıcak Lateral Kondensasyon Tekniği
- Termoplastik Enjeksiyon Teknikleri

- ✓ Obtura III
- ✓ Ultrafil 3D (Düşük ısılı enjeksiyon tekniği)
- ✓ Calamus
- ✓ HotShot
- Kor Taşıyıcılı Güta-Perka Teknikleri
 - ✓ Thermafil
 - ✓ SuccessFil
 - ✓ SimpliFill
- Termomekanik Kompaksiyon yöntemi
 - ✓ McSpadden tekniği
 - ✓ Qickfill
- Güta perkanın kimyasal yumuşatılması yöntemi

2.6.1 Soğuk lateral kondensasyon tekniği

Güta-perka'nın soğuk lateral kondensasyon tekniği endodontide en yaygın kullanılan tekniklerden birisidir. Biyomekanik kök kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra, kanal içinde kullanılan son eğenin çapı ile uyumlu bir standart ana kon kanal patı ilavesi ile birlikte kanala yerleştirilir. Seçilen ana kon apikal sonlanım ile uyum içindeyse geri çekildiğinde sıkışma hissi yani “tug-back” direnci olmalıdır. Ana kon kanala yerleştirilmesini takiben bir spreader yardımı ile kanal içinde lateral olarak sıkıştırılır ve oluşturulan boşluklara yardımcı konlar ilave edilir. Yardımcı kon ilavesine spreader kanal içinde 2 -3 mm'den fazla ilerlemeyene kadar devam edilir. Son olarak dolum işlemini tamamlamak için koronalde biriken güta-perka fazlalıkları ısıtılmış bir alet veya güta kesiciler (gutta-cut) yardımıyla uzaklaştırılır (52).

Sade ve kolay uygulanabilir oluşu, özel ve pahalı enstrümanlar gerektirmemesi ve düşük maliyetli olması nedeniyle sıklıkla tercih edilen başarılı bir tekniktir (209). Apikal uyumun kontrol edilebilir olması diğer tekniklere oranla kök kanal dolgu maddesinin apikalden taşma riskini azaltmaktadır (113). Ancak; temizlenip şekillendirilmiş kök kanal boşluğuna yeniden eski formunu verecek şekilde homojen olarak doldurabilme kapasitesi sorgulanmaktadır (44). Özellikle aşırı eğimli, amorf

şekilli veya internal rezorpsiyon gibi anatomik düzensizliklere sahip kök kanallarının doldurulmasında kullanımı hermetik bir dolgu oluşturabilme noktasında sorun teşkil etmektedir (113). Ayrıca güta-perka konlar ve kök kanal duvarları arasında boşluk oluşturma riski ve buna bağlı olarak kullanılan pat kalınlığının artması (210), kondensasyon esnasında spreader ile uygulanacak aşırı basınca bağlı olarak gelişebilecek vertikal kök kırığı (211) riski dezavantajları arasında sayılabilir.

2.6.2 Basit tek kon tekniği

Döner nikel titanyum eğelerin kök kanallarının şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile birlikte kanal içinde kullanılan döner eğenin artan konikliği ve çapı ile uyumlu açılı güta-perka konlar piyasaya sunulmuştur (212).

Basit tek kon tekniğinde, kök kanalında kullanılan son eğenin koniklik açısı ile birebir uyumlu tek bir güta-perka kon, uygun bir pat ile beraber çalışma uzunluğunda kanala yerleştirilir ve koronal fazlalık ısıtılmış bir alet yardımıyla uzaklaştırılarak dolum işlemi gerçekleştirilir (213). Üreticinin iddaasına göre bu teknikle kanalda daha yüksek bir güta-perka hacmi ile beraber, daha kısa sürede 3 boyutlu bir obturasyon sağlanmaktadır (38). Tek kon tekniği ana kon ile beraber yardımcı kon ilavesini ya da lateral kondensasyon uygulanmasını gerektirmez (214). Kondansasyon işleminin uygulanmaması, kök kanalında karşılaşılabilecek muhtemel anatomik varyasyonların varlığı (Oval şekilli kanallar, internal rezorpsiyon vs.) gibi durumlarda bu alanların daha yüksek hacimde pat ile dolacak olması bu tekniği kök kanalının sızdırmazlığı konusunda daha az etkili hale getirmektedir çünkü kanal içindeki pat oranının artması patın sertleşirken büzülmesi, doku sıvılarıyla çözünmesi ya da pat içinde oluşabilecek muhtemel boşluklar kanal tedavisinin uzun dönem başarısını tehlikeye sokmaktadır (2, 215).

2.6.3 Sıcak vertikal kondensasyon tekniği (Schilder tekniği)

Sıcak vertikal kondensasyon tekniği maksimum güta-perka ve minimum kök kanal patı ile yoğun, boyutsal olarak stabil ve kök kanalını üç boyutlu olarak homojen bir şekilde doldurabilecek bir teknik olarak 1967'de Schilder tarafından geliştirildi (3). Teknik kısaca; ısıtılmış güta-perka'ya dikey yönde basınç uygulanması ve böylece

yumuşatılmış güta-perkanın kanalın tüm lümenini ve düzensizliklerini doldurması esasına dayanır (99).

Kök kanal patı kanala yerleştirildikten sonra, yer değiştirmeye karşı direnç gösteren (tug-back) apikal ile uyumlu, standart olmayan bir ana kon çalışma uzunluğundan 0,5-1 mm kısa olacak şekilde kanal içine yerleştirilir, güta-perka'nın koronal kısmı ısıtılmış bir alet yardımıyla uzaklaştırılır. Apikal parça dolana kadar ısıtılmış güta-perka bir plugger yardımıyla apikal olarak sıkıştırılır. Koronal kanal boşluğunu doldurmak için ise kanal içine 3-4 mm'lik küçük güta-perka parçaları yerleştirilir ve ısı uygulanır. Daha sonra ısı ile yumuşayan güta-perka parçaları kanal ile uyumlu bir plugger yardımı ile vertikal olarak sıkıştırılır ve obturasyon tamamlanır (52).

Sıcak güta-perka obturasyon teknikleri, anatomik kök kanal kompleksinde lateral kanalların ve kanal içi düzensizliklerin tatmin edici bir şekilde doldurulmasını sağlar (11, 216). Bu bilgi temelinde yapılan bir araştırmada; sıcak vertikal kondensasyon teknikleri ile doldurulan lateral kanal sayısının, lateral kondensasyon tekniği ile elde edilenden yaklaşık iki kat fazla olduğu bildirilmiştir (217).

Tekniğin dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir; ısıtılmış güta-perka'nın dikey yönde sıkıştırılması için kullanılan plugger ile uygulanan kuvvet vertikal kök kırığı riski oluşturabilir ayrıca sert plugger'ların eğimli kök kanal sistemlerinde kullanımını oldukça zordur çünkü ideal bir obturasyon sağlayacak yeterli derinliğe nüfuz edemezler. Bunu sağlamak için kanalların daha fazla genişletilmesi gerekir ki bu da kök kanal duvarlarının incelmesine ve dolayısıyla kökün zayıflayıp kök kırıklarına duyarlı hale gelmesine yol açar. Lateral kondensasyona kıyasla uzunluk kontrolü daha zayıftır buna bağlı olarak da güta-perka'nın ve kök kanal patının periradiküler dokulara ekstrüzyon potansiyeli de artmıştır (52).

Günümüzde, kök yüzeyinde oluşturulacak bir sıcaklığın, kemik hasarı oluşturmaması için 10 °C civarında tutulması gerektiği kabul edilmektedir. Dentin nispeten iyi bir izolasyon sağlar ancak, bazı ortak ısı destekli obturasyon tekniklerinin kullanılmasından sonra, dış kök yüzeylerinde, alveolar kemik reaksiyonu ile sonuçlanan bir sıcaklık artışı olasılığı bildirilmiştir (218).

2.6.4 Devamlı ısı ile obturasyon tekniği

Schilder'in tekniği üç boyutlu kök kanal dolgusu için altın standardı oluştururken aynı zamanda hassas, zaman alıcı ve ustalaşması zor bir yöntemdi. Bu tekniğin zorlukları, elektrikli güta-perka şırıngası (219) ve 1980'lerin başında elektrikli ısı taşıyıcısının (220) ortaya çıkmasıyla azalmış ve dolun için gereken zaman büyük ölçüde kısalmıştır. Devamlı ısı ile obturasyon tekniği sıcak vertikal kondensasyon tekniğinin bir varyasyonu olarak geliştirilmiştir.

Sistem B yeni nesil, taşınabilir bir obturasyon cihazıdır ve konik paslanmaz çelik pluggerlar ile beraber devamlı ısı ile obturasyon tekniğinde kullanılır. Tekniğin uygulanmasında öncelikle kemomekanik preparasyonu tamamlanan kök kanalıyla uyumlu koniklikte bir ana kon pata bulanıp çalışma uzunluğundan 0.5-1 mm kısa mesafede kanala yerleştirilir. Sistem B cihazı dokunmatik modda 200 °C'ye ayarlanmıştır. Kanal preparasyonunun nihai koniklik açısı ile uyumlu bir plugger'ın kanal içinde duvarlara temas etmeden çalışma uzunluğundan 5-7 mm mesafede kanala uyumu kontrol edilir ve koronalde fazla güta-perkayı uzaklaştırmak için kanala yerleştirilir. Sistem B cihazı ile ısı iletimi gerçekleştirilen plugger ucu referans noktasına ulaştığında 10 sn kadar cihazın ısı iletimi kesilir daha sonra tekrar aktifleştirilir ve plugger kanaldan uzaklaştırılır kalan gütanın apikale kondansasyon işlemleri de yine kanal ile uyumlu soğuk bir el pluggerı yardımıyla yapılır. Apikal tıkaç oluşturulduktan sonra kalan boşluk termoplastik enjeksiyon tekniği ile ya da kanala pat ile beraber yerleştirilen aksesuar konların kısa ısı ve vertikal basınç uygulamalarıyla sıkıştırılarak doldurulabilir (76).

Tekniğin uygulanmasında tepicinin (plugger) kanala uyumu çok önemlidir. Eğer plugger çok küçükse, ana konun ucuna çok yakın bir yere ulaşarak dolun malzemesinin gereksiz yere apikal ötesine taşmasına neden olur ya da plugger, kanal için çok büyükse, apikal sonlanıma yeterince yaklaşamayacağı için apikal üçlüdeki güta-perkanın plastik deformasyonu gerçekleşmeyecek ve muhtemelen apikaldeki bir lateral kanalı dolduramayacaktır (221).

Eğimli kök kanallarına sahip dişlerde koronal üçlü hariç diğer bölgelerde tek kon tekniği ve devamlı ısıyla obturasyon tekniği benzer sonuçlar göstermiştir (222).

Sistem B ile yapılan obturasyon esnasındaki kanal içi sıcaklık artışlarının geleneksel sıcak vertikal kondensasyon tekniğine oranla önemli ölçüde daha düşük olduğu bildirilmiştir (223). Araştırmacılar sıcak vertikal kondensasyonun aksine devamlı ısı ile obturasyonda eksternal sıcaklık artışının kritik eşik olan 10 °C'yi geçmediğini gözlemlemişlerdir (52). Mine-sement birleşimine yakın yerde ortalama sıcaklık değişiminin 4.1 °C iken, apikaldeki değişimin önemsiz olduğu vurgulanmıştır (224).

2.6.4.1 Elements free

Downpack ve backfill ünitesini bir arada bulandıran ve kablosuz olarak tasarlanan cihaz tedavi sırasında hareket serbestliği sağlar. 100 ila 400 °C aralığında ayarlanabilen sıcaklık değeri 0.5 sn gibi kısa bir sürede kullanılan dolgu materyali için en uygun sıcaklığın ayarlanabilmesine olanak verir. Downpack cihazındaki 360° aktivasyon halkası, önceden eğilendirilmiş iğne uçları ve backfill cihazının ekstrüzyon etkisi, güta-perka'nın boşluk bırakmadan, verimli, kolay ve kesin bir şekilde kök kanalına yerleştirilmesini sağlar (225). Güta-perka kartuşları tek kullanımlıktır ve bu sayede çapraz enfeksiyon riski ortadan kalkar. Üniteye her iki el cihazında ısı iletimini önlemek için yalıtkan işlevi gören silikon bir önyükleme vardır ve tedavi sırasında klinisyenin ellerini korur. Termoplastik hale gelen güta-perka'nın kanala iletilmesini sağlayan iğne uçları 20-, 23- ve 25-ebatlarındadır ve önceden eğilendirilmiştir. Downpack el aletindeki aktivasyon halkası bastırıldığı takdirde ısı verir ve zaman aşımı özelliği sayesinde 4 sn içerisinde aktive edilmezse devreden çıkarak dokulara aşırı ısı iletilmesine engel olur (226).

Minimal boşluk formasyonu ile homojen bir dolgu elde edilebildiği ve C kanal gibi kompleks kanal morfolojilerinde avantaj sağladığı bildirilmiştir (227, 228).

Elements™ Free Backfill El Aleti, güta-perka'nın değişen yoğunluklarda, tek kullanımlık, önceden yüklenmiş kartuşları ile birlikte kullanılmaktadır. Güta-perka içeren kartuşların kombinasyonları ise şu şekildedir: 23G medium body, 23G heavy body veya 25G light body. Tek kullanımlık kartuşlarda ortalama dört kanallı bir molar dişi doldurabilecek kadar güta-perka mevcuttur (225).

2.6.5 Sıcak lateral kondensasyon tekniği

Sıcak lateral kondensasyon tekniği, soğuk lateral kondensasyonun boyutsal kontrolü ile sıcak gütä-perka tekniklerinin sağladığı daha homojen dolgu özelliklerinin birleştirilmesiyle geliştirilmiştir.

Dr. Harvard Martin lateral ve vertikal kondensasyonu sağlamak için pil ile çalışan ve ısı kontrollü bir spreader/plugger olarak kullanılan “Endotect II” cihazını geliştirmiştir (76, 229). Araştırmacılar, Endotec II ile sıcak lateral kondensasyonun, geleneksel soğuk lateral kondensasyon ile karşılaştırıldığında gütä-perka kütlesinin ağırlılığını arttırdığını ve bu oranın % 14,63 olduğunu bulmuşlardır (229). Ayrıca Endotect II’nin herhangi bir eğimli kanal preparasyon tekniği ile beraber kullanılabileceği ve kalibre edilmiş ısı ile üç boyutlu bir dolgu sağladığı, lateral kompaksiyon esnasında daha az stres üreterek çatlak ve kırık oluşma potansiyelini azalttığı (230) ve cihazın kullanımının periodontal dokuların bütünlüğüne zarar verecek bir etkisinin bulunmadığı bildirilmektedir (231).

Isı ve titreşimi birlikte kullanma fikri ile geliştirilen “EndoTwinn (Endo Twinn B.V., Amsterdam, The Netherlands)” cihazı da sıcak lateral kondensasyon tekniği ile kullanılmaktadır (232). EndoTwinn ısının yanı sıra titreşim yapma özelliğine de sahiptir ve bu sayede termoplastikleştirilmiş gütä-perkanın akışının artması, boşluk sayısı ve boyutunun azalması ile kanal defektlerinde daha homojen bir dolgu elde edilmesi mümkündür (233). EndoTwinn’in sahip olduğu titreşim frekansı ultrasonik frekansa oranla daha düşük olup 100 Hz kadardır (213). EndoTwinn’in bir varyasyonu olarak 2007 yılında piyasaya sunulan bir başka cihaz da “Downpak” kablosuz ve çok işlevli bir endodontik ısıtma ve titreşimli spreader’a sahiptir. Günümüzde “Rootbuddy” adı altında kullanılmaktadır. Hem vertikal hem de lateral kondensasyon için kullanılabilmektedir (52).

Sıcak lateral kondensasyon tekniğinde, soğuk lateral kondansasyondaki gibi ana kon pat ilavesi ile kanala yerleştirilir. Daha sonra yukarıda bahsi geçen ısı iletici cihazlara bağlı uygun boyutta uçlar sečilir ana koninin yanına hafif basınç kullanılarak apeksin 2 ila 4 mm içine yerleştirilir. Uç 5 ila 8 sn döndürölür ve çıkarılır. Oluřan

boşluğa yardımcı konlar ilave edilir ve bu işleme kanal doldurulana kadar devam edilir (52).

2.6.6 Termoplastik enjeksiyon teknikleri

Kemomekanik preparasyonu tamamlanan kök kanalının doldurulması için önerilen tekniklerden birisi de güta-perkanın ısıtılıp yumuşatılmasından sonra geliştirilmiş özel cihazlar yardımıyla basınçla kök kanalına yerleştirilmesidir.

Bu teknik için geliştirilmiş mevcut güncel cihazlar: Obtura III, Calamus, Elements, HotShot ve Ultrafil 3D şeklinde sıralanabilir. İçlerinde Ultrafil 3D sistemi 90 °C'ye kadar ısıtılmış düşük sıcaklıkta güta-perkayı kullanırken diğerleri 160 °C'ye kadar ısıtılmış yüksek sıcaklıkta güta-perka'yı kullanan sistemlerdir (52).

İnternal rezorpsiyon boşlukları, lateral kanallar, C şekilli kanallar gibi kanal düzensizliklerinin doldurulmasında enjekte edilebilir termoplastikleştirilmiş gutta-perka'nın artmış etkinliği bildirilmiştir (234). Teknik uygulanırken, özellikle geniş apeksli dişlerde apikal kontrol eksikliğine bağlı taşkın dolgu ihtimalini önlemek için apikal kısma bir ana kon yerleştirilmesi önerilmektedir (235).

2.6.6.1 Obtura III

Obtura III sistemi (Obtura Spartan), etrafındaki ısıtma aparatı sayesinde içerisine yerleştirilen güta-perka peletlerinin minimum 160 °C'ye ısıtılabilmesine olanak sağlayan bir hazneye sahip el tabancası ve bir kontrol ünitesinden oluşur. Sistem içinde ısı ile termoplastikleştirilmiş güta-perkayı kanala yerleştirmek için boyutları 20, 23, ve 25 G arasında değişen gümüş enjektörler mevcuttur. Kontrol ünitesi, operatörün güta-perka'nın sıcaklık ve viskozitesini ayarlamasını sağlar (52, 213, 236).

Teknikte apikal taşkınlığın önüne geçilmesi için apikal daralımın çapı mümkün olduğunca küçük hazırlanmalıdır. Kanal dolumu yapılırken güta-perka pat ile birlikte uygulanmalıdır (41). Apikalin sadece pat birikimi ile doldurulmasının önüne geçmek için, pat kanal duvarlarına uygulanmalı (113). Güta-perka Obtura tabancasında önceden ısıtılıp termoplastik hale getirilir ve gümüş enjektör apikal sonlanımdan 3-5

mm mesafede yerleştirildikten sonra pasif olarak kanal içine enjekte edilir. Kanal doldukça enjektör kanaldan geri çekilir ve daha sonra güta-perka'yı sıkıştırmak için tıkaçlar (plugger) kullanılabilir. Bu sıkıştırma işlemi, güta-perka soğuyuncaya ve katılaşıncaya kadar devam etmelidir (76).

Obtura'nın kök kanalına adaptasyonunun iyi olduğu (237) ve kök yüzeyindeki sıcaklık artışlarının kritik seviyenin altında olması sayesinde periodontal ligamentte hasara neden olmayacağı bildirilmiştir (43, 238, 239).

2.6.6.2 Ultrafill 3D

Düşük ısıli termoplastik enjeksiyon tekniğı için kullanılan Ultrafill 3D kanal şekline göre önceden eğim verilebilen iğnelere sahip üç farklı tip tek-kullanımlık güta-perka kanülünü destekleyen bir cihazdır. Taşınabilir bir ısı birimine sahiptir, nemden veya sıcaklıktan bağımsız olarak ayarlanabilir (240). Sistem içinde kullanılan güta-perka kanülleri; "Regular Set" düşük viskoziteye sahiptir ve 30 dk'da sertleşir, "Firm Set" yine düşük viskozitelidir farkı sertleşmesi için 4 dk'nın yeterli olmasıdır. "Endoset" ise yüksek viskozitelidir. Sertleşme süresi 2 dk'dır (52). Kök kanal dolusunda boşluk oluşumunun önüne geçebilmek için ısıtılmış güta-perka aşırı basınç uygulamaksızın enjekte edilmeli ve kanal doldukça enjektörün kendiliğinden kanaldan uzaklaşmasına izin verilmelidir (213). Apikal taşkınlığı önlemek için ise farklı bir preparasyon tekniğı geliştirilmiştir. Teknikte kanal çalışma boyunda sıkı uyum sağlayan bir eğenin 3 boyut fazlasına kadar genişletilmiş ve kanal çalışma boyuna 6 mm'lik mesafeye kadar 22 gauge bir iğnenin yerleştirilmesine izin verecek şekilde biraz daha genişletilmiştir. Kanallar doldurulduktan sonra apikal taşkınlık durumu radyografik olarak incelenmiş ve yöntem başarılı olarak bulunmuştur (241).

2.6.6.3 Calamus

Calamus; "enjekte edilebilir" ve "tepilebilir" kıvamda güta-perka dolgu materyalinin aynı anda kullanılmasına olanak tanıyan "Calamus flow" ve "Calamus pack" cihazlarını birarada bulunduran bir obturasyon sistemidir (242).

“Calamus pack” el aleti, uygun büyüklükte bir elektrikli ısıtıcı tıkaç (plugger) ile, kanalın apikal kısmı doldurulurken güta-perka'yı ısıyla yumuşatmak, fazla kısmı kanaldan uzaklaştırmak ve kondanse etmek için kullanılır. Elektrikli ısıtıcı pluggerlar değişken boyutlarda ve 3 adettir. Bitmiş kanal preparasyonunun eğimi, konikliği ve apikal boyutuna göre seçilir. Calamus pack el aleti ayrıca, ısıya duyarlı pulpa dokusunda teşhis amaçlı bir “sıcak test” yapılması için kullanılabilir. “Calamus Flow” el aleti, tek parça güta-perka kartuşu ve onunla uyumlu bir kanül ile birlikte, sıcak güta-perka'yı, koronal ve orta üçlünün doldurulma aşamasında enjekte etmek için kullanılır. Kartuşlar tek kullanımlıdır, 20 ve 23 gauge boyutlarında mevcuttur. Ayrıca eğimli kanallarda kanüle ön eğim verebilmek için bir bükme aleti de mevcuttur (242, 243).

Termoplastikleştirilmiş güta-perka'nın iğne ucundan sıkıldığı sıcaklık 38 °C ila 44 °C arasında değişmektedir. Güta-perka viskozitesine bağlı olarak, 45-60 sn boyunca akmaya devam eder (76).

2.6.6.4 HotShot

Termoplastik enjeksiyon tekniği için kullanılan cihazlardan birisi olan HotShot güta-perka'nın 150-230 °C 'ye ısıtılmasına olanak tanır. Cihaz kompozit tabancası görünümünde, kablosuz ve hafiftir. Güta-perka veya resilon ile kullanım için uygundur. Isıtılmış dolgu materyalinin enjeksiyonu için kullanılan iğneler 20, 23 ve 25 boyutlarında mevcuttur (52). Diğer termoplastik enjeksiyon cihazlarına benzer olarak internal rezorpsiyon gibi anatomik düzensizliklerin doldurulmasında kullanımı önerilmiştir (244).

2.6.7 Kor taşıyıcı güta-perka teknikleri

Kor taşıyıcı obturasyon sistemleri ilk olarak 1978'de tanıtıldı. Teknik kısaca; endodontik eğelerin termoplastikleştirilmiş güta-perka ile kaplanması ve dolum sonrası taşıyıcının kanalda dolgu materyalinin bir parçası olarak kalması olarak tarif edilebilir. Kor taşıyıcı sistemler için kullanılan taşıyıcılar farklı malzemeler kullanılarak üretilmiş ve kullanılan materyale göre farklı isimlerde piyasaya sürülmüştür. Basit ve etkili bir tekniktir, çalışma süresini oldukça kısaltır, ısı ile

yumuşatılan güta-perka kanal ile uyumlu taşıyıcısı sayesinde karmaşık morfolojideki kök kanallarını ve özellikle dar kanalları homojen olarak doldurabilir (76).

Kor-taşıyıcılı obturasyonda kanal patı veya güta-perka'nın apikal taşkınlığı riski vardır. Özellikle dar ve aşırı eğimli kök kanallarında güta perka taşıyıcı üzerinden sıyrılıp kanalın eksik doldurulmasına yol açabilir (245). Güta'nın taşıyıcı üzerinden sıyrılmasında; taşıyıcı üzerindeki güta-perka hacminin eşit dağılmaması, güta-perka ile kanal duvarları arasındaki sürtünme kuvveti sebep gösterilmiştir (76, 246).

Bazı araştırmacılar tekniğin postoperatif duyarlılıkla ortaya çıkan periodontal doku hasarına neden olabileceğini bildirmektedir. Buna sebep olarak güta-perka taşıyıcısının kanal içine yerleştirilirken kanal boşluğundaki havanın periapikal dokulara ekstrüzyonu gösterilmektedir. Ancak bu hassasiyet, daha sonra herhangi bir komplikasyon gelişmeden kendiliğinden düzelir (76). Tekniğin bir diğer dezavantajı da özellikle ilk üretilen metal ve plastik kor taşıyıcılarının retreatment gerektiğinde kanaldan uzaklaştırılmalarının zor olması ve post boşluğu hazırlanmasının oldukça zor olmasıdır (247-249).

Kök kanalları kor-taşıyıcılı tekniklerle doldurulduğunda güta-perka oranının artıp pat miktarının azaldığı bildirmiştir. Azalan pat miktarı ile periapekte zaman içinde sızma ihtimali olan patın sitotoksik ürünlerin etkisinin azaltılmasına yardımcı olabilir (250).

2.6.7.1 Thermafil

Kor taşıyıcılı güta-perka tekniklerinin ilk örneği olarak piyasaya sürülen Thermafil, α faz güta-perka kaplı metal veya plastik bir taşıyıcı ile tanıtıldı. Merkezi kor materyali güta-perka'nın yerleştirilmesini kolaylaştıran rijit bir mekanizma sağlar (52, 251).

Thermafil kor taşıyıcıları Uluslar arası standartlar teşkilatı (ISO)standart eğe boyutlarına ve değişken koniklikteki nikel titanyum döner eğelerle uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Kanal için uygun taşıyıcının seçiminde çalışma uzunluğunda pasif olarak yerleştirilebilen boyut doğrulayıcılar kullanılır. Taşıyıcılar üzerinde mm

kalibrasyon işaretleri mevcuttur, boyut doğrulayıcı ile önceden belirlenen uzunluk işaretlenir. Kanal kurulanır, ince bir tabaka pat yerleştirildikten sonra ısıtma cihazında ısıtılan taşıyıcı kanala yerleştirilir. Klinisyenin taşıyıcıyı ısıtma cihazında alıp kanala yerleştirmek için yaklaşık 10 sn'si vardır. 2-4 dk güta-perka'nın sertleşmesi beklendikten sonra taşıyıcının koronal kısmı kanal ağzı hizasında uzaklaştırılır (52).

Thermafil kor taşıyıcısının soğuk lateral kondensasyon, tek kon tekniği ve sürekli ısı ile obturasyon tekniğine kıyasla kök dentinini daha fazla desteklediği ve kökün kırılma direncine katkı sağladığı bildirilmektedir (252). Kanala yerleştirilmeden önce ısı işlem uygulandığından, termoplastikleştirilmiş güta-perkanın avantajını kullanır ve homojen bir dolgu sağlar ancak internal rezorpsiyon gibi kanal içi düzensizliklerde dolgu kalitesi düşer (45). Bunda taşıyıcı üzerindeki güta-perka miktarının rezorpsiyon kavitesini doldurmaya yetecek miktarda olmamasının etken olabileceği bildirilmiştir (253).

2.6.7.2 Gutta-core

Kor taşıyıcılı sistemlerin güncel bir çeşidi olan Gutta-core termoplastikleştirilmiş güta-perkanın taşıyıcısı olarak metal, plastik ya da nikel titanyum gibi materyaller yerine çapraz bağlı güta-perkayı kullanır. Teknik hızlı, kaliteli ve üç boyutlu bir kanal dolumu sağlar (76). Çapraz bağlı güta-perka içeriği teknik için üretilen özel fırınlarda ayarlanan sıcaklıklarda erimez, güta-perka gibi solventlerle kolayca çözünmez (254). Gutta-core taşıyıcısının elastiklik modülü düşüktür ve torsiyonel yüklerle kırılma ihtimali yüksektir (255).

Gutta-Core, retreatment gerektiğinde diğer kor taşıyıcılı sistemlerden daha kolay bir şekilde kök kanalından uzaklaştırılabilir (254), bu sayede post boşluğu hazırlamak daha kolay hale gelir. Plastik kor taşıyıcılardan farklı olarak en az 20-25 °C'lik ısıtma sıcaklığına ihtiyaç duyulur. Isıtılmış güta-perka, kanalın koronal kısmında bir tepici yardımıyla sıkıştırılabilir bu ilave hidrodinamik basınç sağlar (76).

2.6.7.3 SuccessFill

Teknikte; titanyum veya radyoopak taşıyıcılar kullanır. Bir enjektör içinde muhafaza edilen güta-perka, enjektörün yerleştirilmesi için modifiye edilmiş küçük fırınlarda yumuşatıldıktan sonra taşıyıcı ölçülen kanal boyunda olacak şekilde enjektör içine yerleştirilir ve güta-perka ile kaplanmış olur (52).

2.6.7.4 SimpliFill

Kor taşıyıcılar Lightspeed döner ege sistemi ile uyumlu olarak üretilmiştir. Taşıyıcı apikal 5 mm'sinde güta perka veya resilon ile kaplı apikal tıkaçta sahiptir (256). Taşıyıcı çalışma boyunda kanala yavaşça yerleştirildikten sonra sap kısmı saatin tersi yönünde hızla en az dört tam tur döndürülür ve böylece taşıyıcı kanaldan uzaklaştırılırken apikal tıkaç yerinde kalmaktadır. Daha sonra kanalın koronal kısmı herhangi bir dolum tekniği ile doldurulabilmektedir (52, 67). Bu kesitsel teknik etkilidir ve sızıntı potansiyeli diğer yaygın tekniklere benzer özellik göstermektedir (256). Kor taşıyıcı materyal kök kanalında bırakılmadığı için diğer taşıyıcı bazlı tekniklerin retreatment uygulaması ve post boşluğu oluşturulması gerektiğinde yarattıkları sorunlarla karşılaşmamaktadır (213).

2.6.8 Termomekanik kompaksiyon teknikleri

2.6.8.1 McSpadden tekniği

McSpadden'in 1979'da kendi ismiyle geliştirdiği kompaktörün kullanıldığı teknik; güta-perkanın ısıtılıp yumuşatılması ve kök kanalında sıkıştırılması için önerilen tekniklere alternatif olarak sunulmuştur. McSpadden kompaktörü ters bir H-tipi eğeye veya ters bir vida taslağına benzer. Paslanmaz çelikten 25-80 boyutlarında 21-25 mm uzunluğunda üretilmiştir (44). Teknikte nihai kanal preparasyonu ile uyumlu ana kon pat ile beraber çalışma boyundan kısa olarak kanala uyumlanır, daha sonra kompaktör düşük hızda dönerek apikal 2 mm mesafeye kadar kök kanalına yerleştirilir. Seçilen kompaktör en azından kanalın üçte birlik kısmına sıkışmadan yerleştirilebilmelidir (257).

Kanalda minimum 8000 devir / dk hızında döndürüldüğünde, sürtünmeyle üretilen ısı güta-perka'yı yumuşatır ve kompaktörün bıçak tasarımı sayesinde anatomik düzensizlikler ve lateral kanalların varlığında bile dolgu materyali apikal ve lateral olarak kanal duvarlarına doğru itilir böylece homojen bir kök kanal dolgusu elde edilir (257-259). Tekniğin dezavantajları arasında; dolgu materyalinin olası ekstrüzyonu, kompaktörün kırılması, vertikal kök kırığı riski, kanal duvarlarının aşınması, tekniğin dar ve eğimli kanallarda kullanılamaması ve olası aşırı ısı üretimi sayılabilir (52, 213).

Tekniğin olumsuz özelliklerinin ortadan kaldırılması için Tagger, McSpadden tekniğinde bazı değişiklikler uygulayarak hibrit bir teknik önermiştir (260). Bu hibrit teknikte lateral kondensasyon ve termomekanik kompaksiyonun avantajları birleştirilmiştir. Kanalın apikal üçlüsü lateral kondensasyon ile doldurulurken, orta ve koronal üçlü termomekanik kompaksiyon ile doldurulur (257).

2.6.8.2 MicroSeal tekniği

Basınç altında akma özelliği bulunan Mikroflow ana kon, ısıtıcı cihazında 15 sn ısıtma ile akıcı hale gelen Mikroflow kartuşu ve 5000-7000 devir/dk ile çalışan Microseal kondenser'in kullanımı ile uygulanan bir tekniktir.

Nihai apikal çap ile uyumlu ana kon pata bulanarak kanala yerleştirildikten sonra kanal sondu ile ana konun yanında bir boşluk oluşturulur ve bu boşluğa da güta-perka ile kaplanmış microseal kondenser yerleştirilerek çalıştırılır. Amaç microflow ana konun kondenser üzerindeki microflow güta-perka ile birleşip kanal içi düzensizlikleri doldurmasıdır (113, 261).

2.6.8.3 Qickfill

Quickfill sisteminde alfa faz güta-perka kor materyalinin kök kanalına yerleştirilmesinde taşıyıcı olarak bir titanyum termokompaktör kullanılır (44). Taşıyıcı termokompaktör 3000-6000 devirle çalıştırılan düşük devirli bir başlığa uyumlandırılır ve kanal içinde çalıştırıldığında oluşturulan sürtünme ile açığa çıkan ısı güta-perka'yı yumuşatır. Bu sebeple ilave bir ısıtma prosedürüne ihtiyaç duyulmaz. Taşıyıcı kök

kanalına saat yönünde ve bir miktar basınçla yerleştirilirken, saatin tersi yönde bir dönüşle yavaşça kök kanalından uzaklaştırılır (213). Sistemin eğim açısı fazla olan kök kanallarında kullanımı önerilmemektedir (113).

2.6.9 Güta perkanın kimyasal yumuşatılması yöntemi

Homojen bir kanal dolgusu elde edebilmek adına günümüze kadar kanal dolgu materyalleri üzerinde çeşitli değişiklikler yapılarak yeni teknikler geliştirilmiştir. Bunlar; dolgu materyalini çeşitli sıcaklıklara maruz bırakarak yumuşatmak, tekniklere özel geliştirilen aletlerle kanal içinde sıkıştırmak ya da restoratif diş hekimliğinde kullanılan adeziv sistemleri kanal dolgu materyali olarak modifiye etmek şeklinde sıralanabilir.

Kök kanal dolumu için uygulanmış bir diğer teknik de güta-perka materyalinin çeşitli kimyasallar yardımı ile yumuşatılması esasına dayanmıştır. Çözücülerin etkisi ile daha akışkan hale gelen güta-perkanın kanal içi düzensizlikleri etkili bir şekilde doldurabilmesi hedeflenmiştir (262). Teknik için kullanılan çözücüler; kloroform, ökaliptol, ksilol vb.

Callahan-Johnson tekniğinde güta-perka kloroform içinde çözünür ve karışım bir enjektör yardımı ile kanala yerleştirilir, çözücü buharlaştıktan sonra sertleşmeye başlayan güta-perka kitlesi kondanse edilir (52). Nygaard-Ostby tekniği de Callahan-Johnson tekniğinin bir çeşididir. Farklı olarak ana kon kanal içine apeksten 2 mm kısa mesafede yerleştirilmeden önce içerisinde güta-perka parçaları, kanada balsamı, colophonium ve çinko-oksit bulunan kloroperka patına bulanır. Böylece apikal kontrolün daha kolay sağlandığı ve buharlaşma sonrası büzülme miktarının azaltıldığı belirtilmiştir (3).

Zaman içinde yapılan araştırmalarla kloroformun karsinojen maddeler sınıfına alınması ile kullanımı terkedilmiş ve farklı materyaller denenmiştir (263). Kloroform yerine tercih edilen ökaliptolün çözücü etkinliği daha yavaş olmakla beraber eğer ısı uygulanırsa yaklaşık 1 dk gibi bir sürede yumuşayan güta-perkanın ökaparka haline gelmesi beklenmektedir (113).

Kullanılan çözücüler buharlaşma eğilimindedir ve dolun sonrasında buharlaştıklarında dolgu materyalinin büzülmesi ve boşluk oluşma riskini de beraberinde getirirler. Çözücüler güta-perka'yı yumuşattığı için kanalda uzunluk kontrolünü sağlamak güçtür, taşkın dolgu ve beraberinde de periapikal iritasyon oluşturabilirler (3). Bu sebeplerle artık kök kanal dolumu için kimyasal çözücüler kullanılmamaktadır (52).

2.7 Dentin Tübül Penetrasyonu

Penetrasyon; dentin tübüllerine nüfuz eden pat miktarı olarak ifade edilir (Şekil 3.14) (264). Kemomekanik debridmanı tamamlanan bir kanalın hermetik olarak tıkanması için patın dentin tübüllerine penetrasyonu da önemli bir rol oynamaktadır. Dentin tübüllerine penetre olan pat sayesinde kök kanal dolgusunun tutuculuğu artar ve oluşturulan fiziksel bariyer sayesinde sızıntı ihtimali azalabilir. Ayrıca antibakteriyel özelliğe sahip patların dentin tübüllerine penetrasyon derinliği arttıkça, tübül içindeki mikroorganizmalarla daha yakın bir temas sağlanabileceği için antibakteriyel etkileri de artabilir (21). Dentinal tübül penetrasyon derinliğinin ölçülmesi endodontik patların performansını değerlendirmede kullanılan yöntemlerden birisidir (265).

Dentinal tübül penetrasyonunun kök kanal patlarının bağlantı dayanımı üzerinde sınırlı etkisi vardır. Birçok faktör penetrasyon derinliğini ve bir kök kanal patının kök kanal duvarlarına bağlanmasını etkileyebilir. Bu faktörler, patın fizikokimyasal özelliklerini, smear tabakasını, dentin tübüllerinin çapı ve yoğunluğunu, kök kanal morfolojisini ve obtürasyon tekniğini içerir (266).

Literatürde smear tabakasının kaldırılmasının pat penetrasyonunun artırılması ve mikrosızıntının önlenmesi konusunda sağladığı avantajlar hakkında çelişkili sonuçlar (267, 268) sunulsa da çoğunluk smear tabakasının irrigasyon solüsyonlarının ve kök kanal patlarının dentin tübüllerine nüfuz etmesini önlediği görüşündedir. Bu sebeple pat adaptasyonunu artırmak adına EDTA gibi şelasyon ajanlarının sodyum hipokloritle kombine kullanılarak smear tabakasının kaldırılması tercih edilmektedir (269-271).

Rezin esaslı kök kanal patlarının ince film yapıları sayesinde yeterli akıcılığa ve daha derin penetrasyona sahip oldukları bilinmektedir (272). Yapılan çalışmalarda patların dentin tübül penetrasyonu koronal ve orta üçlüde fazla iken apikal üçlüde en düşük değerleri göstermektedir. Bunun sebebi apikal bölgede dentin tübül yoğunluğunun daha az olması hatta bazı alanlarda hiç tübül bulunmamasıdır (273). Ayrıca apikal dentinin dentin sklerozu gösterdiği bu özelliğin ise irrigasyon solüsyonlarının ve kök kanal patlarının daha derine nüfuz etmesini önleyebileceği bildirilmiştir (272).

Kök kanalındaki pat kalınlığının büyük ölçüde obturasyon tekniği ile ilişkili olduğu ancak pat penetrasyonunun miktarı ve derinliğinin obturasyon tekniğinden bağımsız olduğu bildirilmektedir (22). Bazı araştırmacılar ise obturasyon tekniğinin patların dentin tübüllerine nüfuz etmesini etkilediğini ve en etkin sonucu da termoplastik tekniklerin sağladığını bildirmiştir (274).

Bazı dişler “Kelebek Etkisi” olarak bilinen optik bir fenomen sergiler ve mezio-distal ile karşılaştırıldığında bukkal-lingual yönde belirgin olarak daha yüksek bir dentinal tübül yoğunluğuna sahiptir (Şekil 3.13). Bu, enine kesitlerde dentinin farklı tonlarından kaynaklanan karakteristik bir kelebek şekli ortaya çıkarır. Sklerotik dentin, tübül sayısındaki azalma ile yarı saydam bir görünüm alarak ışığın kırılmasına ve saçılmasına neden olur (275).

“Kelebek etkisi” patların kök kanalı tıkaçıcılık özelliği üzerinde etkili olabilir. Kök kanal patı dentin tübüllerine ne kadar derin penetre olursa, kalan mikroorganizmaların o bölgede hapsedilmesi ve üremeleri için uygun olmayan bir ortam yaratılması o kadar etkili bir şekilde sağlanabilir (264). Bu bilgi temelinde, kelebek etkisine sahip dişlerde patların mezio-distal yönde azalan penetrasyonu, kök kanal tedavisinin sonucunu olumsuz yönde etkileyebilir.

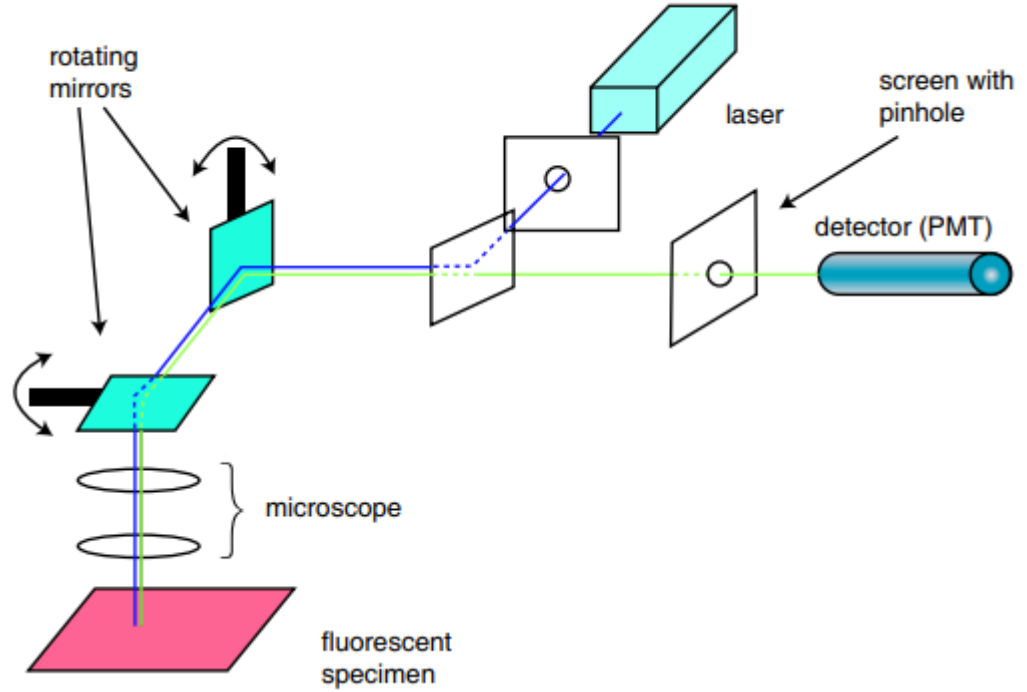
İyi şekillendirilmiş bir kök kanalında irrigant aktivasyonu; dentin tübüllerini dahil olmak üzere kök kanal sisteminin temizlenmesinde ve dezenfekte edilmesinde kritik bir rol oynar (276). Irrigasyon aktivasyonu ile sağlanan bu avantaj kök kanal patlarına uygulanabilirse dentin tübül penetrasyonunda artış olabileceği düşüncesi ile patların aktivasyonu gündeme gelmiştir.

2.8 Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop (CLSM)

1955 yılında konfokal mikroskopinin temellerini oluşturacak bir taslağı geliştiren Marwin Minsky'nin hedefi; bir örneğin tümü aydınlatıldığında görüntüyü belirsizleştiren istenmeyen dağınık ışığın çoğundan kaçınmaktı. Bunu sağlamak için de sadece örneklerden dönen ışığın geçebileceği, istenmeyen ve odaklanma ışınlarının dışında kalan diğer ışınların geçemeyeceği bir iğne deliği tasarladı. Daha sonra arzu edilen ışınlar bir foto çarpanı kullanılarak görüntünün yeniden yapılandırılması için toplandı. Ayrıca numuneleri tararken mikroskop tablasını hareket ettirerek optiklerin hassas uyumunu sağlama gereğini ortadan kaldırmış oldu (277).

Konfokal lazer taramalı mikroskop çalışma prensibi kısaca şu şekilde ifade edilebilir (Şekil 2.1) : Nokta ışık kaynağından gelen aydınlatma dikroik aynadan yansır ve objektif lens tarafından odaklanır. Objektif lens tarafından yakalanan flüoresans, daha uzun dalga boyuna sahip olması nedeniyle dikroik aynadan geçer. Konfokal iğne deliği (pinhole), numunedeki odak düzleminden floresansın, fotoğraf detektörüne (PMT) erişmesine izin verir, ancak odak düzleminin üstündeki ve altındaki alanlardan gelen floresansı engeller (278).

Konfokal mikroskop, numunenin nokta nokta aydınlatılmasını ve odak dışı ışığın kapsam dışı bırakılması fikirlerini benimser. Nokta-nokta aydınlatmayı gerçekleştirmek, belirsiz bir görüntü oluşturmaktan kaçınarak doğru bir ölçümle yeterli ışığın toplanması ve her bir noktanın uzun süre aydınlatılmasını gerektirmektedir. Bu da görüntü oluşturabilmek için gereken sürenin artması demektir. Minsky (277) bu soruna önce karbon ark daha sonra da zirkonyum ark lambasıyla yaptığı çok yüksek yoğunluklu bir ışık kaynağı kullanarak çözüm bulmuştur. Gelişen teknoloji ile birlikte ise bu sorun çok çeşitli dalga boyu seçeneklerini sunan lazer ışık kaynağının kullanılması ile bertaraf edilmiştir (279).



Şekil 2.1 Konkokal lazer taramalı mikroskobun temel kurulumu (279).

Konkokal lazer taramalı mikroskobun kullanım avantajları şu şekilde sıralanabilir (278, 280):

- Geleneksel mikroskoplardan farklı olarak; odak-dışı ışınların görüntüye dahil olmasının önüne geçen iğne deliği (pin hole) sayesinde daha fazla kontrast elde edilebilir.
- Lazer ışınlarının kullanıma dahil olması ile beraber daha yüksek çözünürlük elde edilebilir.
- İğne deliği açıklığını değiştirerek optik kesitler elde edilebilir.
- Farklı odak düzlemlerinde elde edilen kesitleri kullanılarak görüntülerin 3 boyutlu rekonstrüksiyonu elde edilebilir.

CLSM'nin sınırlamaları ise şu şekilde sıralanabilir: maksimum çözünürlüğü 200 nm ile sınırlıdır. Konfokal mikroskopta optik kesitleme, kullanılan iğne deliğinin boyutuna bağlıdır ve deliğin boyutunun artırılması ya da azaltılması çözünürlüğü

etkileyecektir. Floresans özellikli materyal cihazın verilen uyarım dalga boyu için yeterince hassas olmalıdır (279).

Konfokal lazer taramalı mikroskop 1990'ların başından bu yana; bakteriyel biofilm analizi (281), kök ucu kavitelerinin özelliklerinin 3 boyutlu değerlendirilmesi (282), ortodontik amaçlı kemik analizi (283), materyal yüzey pürüzlülüğü tayini (284), dentin-pat arayüzü uyumu ve dentin tübül penetrasyonu değerlendirilmesi (24, 34, 49, 265, 271, 272), gibi çeşitli dişhekimliği uygulamalarında bir analiz yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Kök kanal patının dentin tübüllerine adaptasyonu ve penetrasyon miktarını gözlemek için patın Rhodamin B gibi floresan bir boya ilavesi ile işaretlenmesi gerekmektedir. Dentin tübülleri içindeki floresan yoğunluğu, tübül içindeki pat miktarı ile ilgilidir. Daha yüksek bir floresan görüntü, dentinal tübüllerin artmış tıkanmasıyla ilgiliyken, daha düşük bir floresan görüntü, dentinal tübül lümeninin kısmen veya eksik bir şekilde tıkanmasına karşılık gelir (34).

2.9 Kök Kanalında Adezyon (Bağlanma)

Güta-perka'nın, kök dentinine bağlanma yeteneği yoktur bu nedenle sızdırmaz bir kök kanal dolgusu elde edebilmek için bir kanal patı ile birlikte kullanılması oldukça önemlidir (285). Endodontik patların dentin'e bağlanma dayanımı sayesinde restoratif işlemler ya da çiğneme fonksiyonu esnasında kök kanal dolgu materyalinin dentinden ayrılma riski en aza indirilerek sızdırmazlık sağlanabilir ve bunun sonucunda endodontik tedavinin klinik başarısı sürdürülmüş olur (46).

Kök kanal patlarının bağlanma dayanımı genellikle korondan apikal yöne doğru azalır. Bu, apikal üçlüde azalan dentin tübül çapı ve tübül yoğunluğunun pat penetrasyonunu azaltması ile açıklanabilir. İrrigasyon solüsyonlarının apikal bölgeye ulaşamaması ve bunun sonucunda smear tabakasının tam olarak kaldırılamaması da apikal bölgedeki bağlanmayı etkileyebilir (286, 287).

Son irrigasyon solüsyonu olarak EDTA gibi bir şelasyon ajanının tercih edilmesi patın bağlanma dayanımını artırır (288). Tek başına NaOCl'nin kullanımı

dentin tübüllerinden smear tabakasının uzaklaştırılmaması sebebiyle patın penetrasyon yeteneğini olumsuz yönde etkileyerek bağlanma dayanımını düşürür (286). Ayrıca, sodyum hipokloritin parçalanmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan oksijen, rezin içerikli patın dentin tübüllerine penetrasyonuna ve intertübüler dentine adezyonuna engel olur (286).

2.10 Bağlanmanın Değerlendirilmesinde Kullanılan Testler

İdeal bir bağlanma dayanımı testi doğru, klinik olarak güvenilir, ucuz ve kolay uygulanır olmalıdır. Laboratuvar testlerinde amaç klinik performansın sonuçları hakkında yorum yapabilmemize yarayan veriler toplayabilmektir (289).

Dolgu materyalinin bağlanma dayanımı, temel olarak bağlanma bölgesinin boyutuna bağlı olarak bir makro veya mikro test düzeneği kullanılarak statik olarak ölçülebilir. Makro test düzeneğinde 3 mm^2 'den büyük bir bağlanma alanı test edilirken mikro test düzeneğinde ise 3 mm^2 'den küçük bir bağlanma alanı test edilir (290). Kök kanal dolgu materyallerinin bağlantı dayanımının değerlendirilmesinde kullanılan mekanik bağlantı testleri şu şekilde sıralanabilir (291):

- 1- Makaslama bağlanma dayanımı testi (*Shear bond strength test*)
- 2-Gerilme bağlanma dayanımı testi (*Tensile bond strength test*)
- 3-Çekme bağlanma dayanımı testi (*Pull-out bond strength test*)
- 4-İtme bağlanma dayanımı testi (*Push-out bond strength test*)

Makaslama-bağlanma dayanımı testinde, iki materyal bir adeziv madde ile birleştirilir ve kırılma meydana gelinceye kadar substrat ve adezivin bağlandığı arayüze paralel olacak şekilde bir makaslama kuvveti uygulanır. Test ile ilgili önemli bir sorun, cihazın kuvveti paralel olarak gönderecek şekilde hizalamanın zor olmasıdır. Yük, bağlanma arayüzünden bir miktar uzakta dengelenir, bu da numuneye öngörülemeyen tork yüklenmesine neden olur (291). Bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak adına makaslama kuvvetini uygulamak için bıçak kenarı ya da tel halkaları gibi farklı materyaller kullanılmıştır (292).

Gerilme bağlanma dayanımı testinde, örneklere uygulanan germe kuvveti çift yönlüdür. Kuvvet uygulanırken örneklerin hareket etmemesi için aktif veya pasif tutma yöntemleri kullanılabilir. Test edilecek örneği sabitlemek için kısıkaç ya da yapıştırıcı kullanılması “aktif” , test cihazına yerleştirilecek örneği sabitlemek için ilave bir materyal ya da tekniğe ihtiyaç duyulmuyorsa “pasif” tutma yöntemi olarak tanımlanır (293). Bu testte arayüz boyunca makaslama dayanımı testine oranla daha homojen bir stres dağılımı gözlenir (289). Gerilme-bağlanma dayanımı testi hassastır, sonuçta numunedeki veya yük uygulama sırasındaki stres dağılımındaki küçük değişikliklerin sonuçlar üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle; test cihazı her ne kadar enine kuvvetleri en aza indirecek şekilde tasarlanmış olsa da numuneler yerleştirilirken çapraz kuvvetlerden etkilenmemeleri için son derece dikkatli olunmalıdır (294).

Çekme bağlanma dayanımı testi (Pull-out bond strength test), sıklıkla kök kanalına uygulanan metal veya fiber postların yapıştırıcı simanlara veya kök dentinine olan bağlanma dayanımının test edilmesi için tercih edilir. Test düzeneğinde çekme kuvveti uygulanacak postlu diş örnekleri hareket etmemeleri için akrilik rezin bloklara gömülür. Çekme kuvveti hem postun hem de dişin uzun aksına paralel bir şekilde 0,5-1 mm/dk hızla yönlendirilir. Postu kanaldan uzaklaştırabilecek kuvvet N (Newton) cinsinden kaydedilir (295, 296). Testte kullanılan her bir diş, bir örneği temsil eder ve doğru sonuç verebilmesi için çok miktarda örneğe ihtiyaç vardır bu da testin olumsuz özelliğidir (291).

İtme bağlanma dayanımı testinde (Push-out bond strength test) amaç; kök kanal patı, kor materyali veya kanal içine yerleştirilmiş postların kanal duvarına ne kadar bağlandığını ve bağlanmanın gücünü değerlendirmektir (131). Test uygulanırken universal test makinesine monte edilmiş bir itici uç aracılığıyla sabitlenmiş örnek üzerine yük uygulanır. Kullanılacak itici uç boyutunun, dolgu çapından sadece biraz daha küçük ayarlanması tavsiye edilir ve bu oranın dolgu materyalinin çapından 0.85 kat daha küçük olması, ancak dolgu malzemesini delemek kadar da küçük olmaması gerektiği bildirilmiştir (297). Örnek üzerine uygulanacak kuvvet, kök kanalında meydana gelen gerçek kuvvetlere benzer olacak şekilde dentin tübüllerine dik olarak uygulanır (47). Test cihazı ile kanal dolgu materyalinin yerinden

çıkarmak için uygulanan maksimum kuvvet Newton (N) cinsinden kaydedilir. Daha sonra bu değer bağlanma dayanımını ifade etmek için megapaskal (MPa)'a çevrilir. İtme-bağlanma dayanımı testi, kök kanal patlarının, bağlanma mukavemetleri düşük olduğunda bile değerlendirilmesine imkan verir (48).

Yukarıda bahsi geçen temel bilgiler dikkate alınarak, bu çalışmada kanal patı aktivasyon yöntemlerinin farklı kök kanal dolum teknikleri ile birlikte uygulandığında dentin tübül penetrasyonu (penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliği) ve push-out bağlanma dayanımı değerlerine etkilerinin değerlendirilmesi ve bu iki parametre arasındaki korelasyonun incelenmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın sıfır hipotezi; test edilen kanal patı aktivasyon yöntemleri arasında penetrasyon değerleri (yüzde-alan-derinlik) ve bağlanma dayanımı açısından fark olmadığı ve farklı kök kanal dolum teknikleri uygulanması durumunda elde edilecek sonuçların değişmeyeceğidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Kanal patı aktivasyon yöntemlerinin farklı kök kanal dolum teknikleri ile birlikte uygulandığında dentin penetrasyonu ve bağlanma dayanımına etkisinin incelenmesi: CLSM Değerlendirmesi başlıklı bu çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar ve Etik Kurulu tarafından değerlendirilip 07/03/2019 tarihinde 2019/44 no'lu karar ile etik açıdan uygun bulunmuştur (Bkz Ek 1). Çalışmada kullanılan bağlanma dayanımı testleri Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı ve AR-GE Laboratuvarı'nda ve dentin tübül penetrasyonlarının CLSM ile görüntülenmesi Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (YENİGİDAM) gerçekleştirilmiştir.

3.1 Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması

Çalışmanın örnek büyüklüğü; %90 güç, etki boyutu 0.40 ve $\alpha = 0.05$ olacak şekilde power analizi (GPower Programı ile) yapılarak her bir grupta 11 örnek olacak şekilde belirlendi.

3.2 Çalışma Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada; 176 adet çekilmiş, maksiller kesici insan dişi kullanılmıştır. Çalışma öncesi dişlerden bukko-lingual ve mezio-distal yönlerden alınan radyograflar ile dişlerin çalışmada kullanılabilme kriterleri şöyle sıralanmıştır:

1. Tek kök ve tek kanala sahip çürüksüz ancak periodontal veya protetik nedenlerle çekim endikasyonu konulmuş dişler,
2. Kök gelişimi tamamlanmış, kanal içinde herhangi bir anatomik düzensizliğe sahip olmayan dişler,
3. Çatlak, kırık, rezorpsiyon veya kalsifikasyon içermeyen dişler
4. Koronalden apikale kadar kanal açıklığı sağlanabilen, apikal kurvatürsüz dişler

Diş örnekleri üzerindeki sert veya yumuşak doku artıkları uzaklaştırıldıktan sonra çalışmada kullanılana kadar oda sıcaklığında % 0,9'luk serum fizyolojik içerisinde muhafaza edildi. Serum fizyolojik haftada bir yenilendi.

3.3 Kök Kanal Preparasyonu

Devamlı su soğutması altında elmas bir fissür frez yardımıyla diş örneklerinin kron kısımları mine-sement sınırının altından kesilerek uzaklaştırıldı ve örnekler kök boyları 15 mm olacak şekilde standardize edildi. Örneklerin kronları uzaklaştırıldıktan sonra #15 numaralı K-tipi eğe ile kanal açıklığı sağlandı. Eğenin ucu apikal açıklıkta görülene kadar kanal boyunca ilerletildi; bu uzunluktan 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi. Daha sonra tüm örnekler ProTaperNext (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) nikel titanyum döner eğeleri kullanılarak X4'e (0.40/.06) kadar genişletildi. Preparasyon işlemleri sırasında her eğe değişiminde 27G dental enjektör ile çalışma boyundan 2 mm kısa mesafede 2 ml % 5'lik NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) ile irrigasyon yapıldı. Son irrigasyon prosedüründe 5 ml % 5 NaOCl, smear tabakasını uzaklaştırmak için 5 ml % 17'lik EDTA (Werax, İzmir, Türkiye) 1 dk ve son olarak 5 ml distile su kullanıldı. İrrigasyonu takiben kök kanalları ProTaperNext X4 döner eğesine karşılık gelen kağıt konlar (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kurulandı.

3.4 Deney Gruplarının Oluşturulması

Çalışmada yukarıda ayrıntılı olarak bahsedilen pat aktivasyonu ve dolun teknikleri kullanılarak aşağıda sıralanan 16 deney grubu oluşturulmuştur:

1. Pat + Aktivasyon Yok (Pat + NA)
2. Pat + Manuel Dinamik Aktivasyon (Pat + MDA)
3. Pat + Sonik Aktivasyon (Pat + EDDY)
4. Pat + Pasif Ultrasonik Aktivasyon (Pat + PUA)
5. Tek Kon + Aktivasyon Yok (TK + NA)
6. Tek Kon + Manuel Dinamik Aktivasyon (TK + MDA)
7. Tek Kon + Sonik Aktivasyon (TK + EDDY)
8. Tek Kon + Pasif Ultrasonik Aktivasyon (TK + PUA)

9. Lateral Kondensasyon + Aktivasyon Yok (LK + NA)
10. Lateral Kondensasyon + Manuel Dinamik Aktivasyon (LK + MDA)
11. Lateral Kondensasyon + Sonik Aktivasyon (LK + EDDY)
12. Lateral Kondensasyon + Pasif Ultrasonik Aktivasyon (LK + PUA)
13. Devamlı Isı İle Obturasyon + Aktivasyon Yok (Elements + NA)
14. Devamlı Isı İle Obturasyon + Manuel Dinamik Aktivasyon (Elements + MDA)
15. Devamlı Isı İle Obturasyon + Sonik Aktivasyon (Elements + EDDY)
16. Devamlı Isı İle Obturasyon + Pasif Ultrasonik Aktivasyon (Elements + PUA)

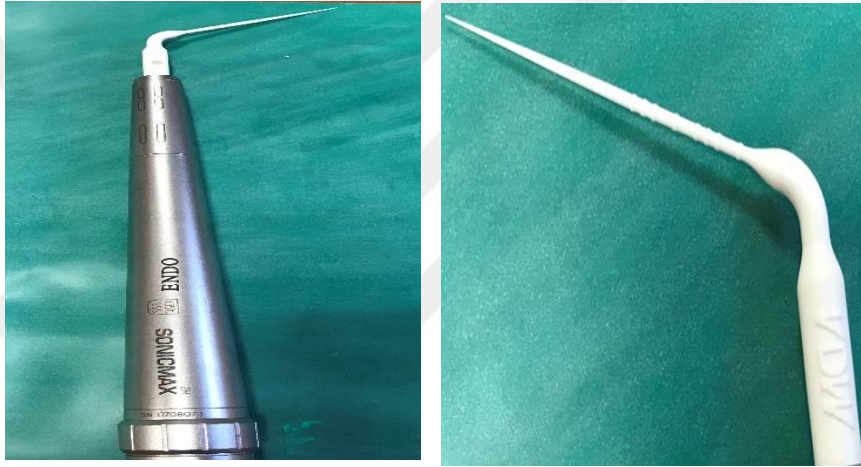
3.5 Pat Aktivasyonu

Tüm deney gruplarında AH Plus Jet (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) (Şekil 3.4) kanal patı kullanılmıştır. Konfokal lazer taramalı mikroskop incelemelerini gerçekleştirebilmek için kanal patı, kök kanalına yerleştirilmeden önce hassas terazide (Şekil 3.6) tartılarak yaklaşık konsantrasyonu % 0.1 olacak şekilde ayarlanan Rhodamin B (Sisco Research Lab., Maharashtra, Hindistan) (Şekil 3.5) boyası ile karıştırıldı. Tüm kök kanallarında eşit miktarda pat kullanımını sağlamak için her bir kanalda 1 ml tüberkülin iğnesi ile 0.05 ml pat kullanıldı. Kök kanallarının sadece pat ile doldurulduğu gruplarda ise kanalın geri kalanı yine pat ilavesi ile dolduruldu.

Örnekler öncelikle kullanılacak kanal patı aktivasyon yöntemine göre 1 tanesi aktivasyon yapılmayan kontrol grubu olmak üzere 4 gruba ayrıldı.

- **Aktivasyon yok (NA) (Kontrol):** Aktivasyon yapılmayan kontrol grubunda, her bir örnek için standart miktarda hazırlanan kanal patı, apikaldeki nihai çap ile uyumlu olacak şekilde ProTaperNext X4 döner eğesine karşılık gelen güta-perka kon yardımı ile kanala yerleştirildi. İlave herhangi bir işlem uygulanmadı.

- **Manuel Dinamik Aktivasyon Yöntemi (MDA):** Kanal patı, kök kanal preparasyonu sonrası çalışma uzunluğunda kanala yerleştirildiğinde geri çekmeye karşı direnç sağlayan (tug-back) bir güta-perka kon ile çalışma uzunluğundan 2 mm kısa mesafede kanala yerleştirilip sıklığı 100/dk olacak şekilde yukarı-aşağı hareketi sağlanarak pat aktive edilmiştir (49).
- **Sonik Aktivasyon Yöntemi (EDDY) :** Pat 25 no'lu bir spreader yardımı ile kanala yerleştirildikten sonra sonik aktivasyonu için 25-0.04 bir sonik- EDDY (VDW, Münih, Almanya) ucu (Şekil 3.1) kullanıldı. Kök kanalına çalışma uzunluğundan 2 mm kısa mesafede yerleştirilen EDDY 20 sn bukkolingual ve 20 sn mesiodistal yönde çalıştırıldı (30).



Şekil 3.1 Çalışmada kullandığımız sonik cihaz ve EDDY ucu.

- **Pasif Ultrasonik Aktivasyon Yöntemi (PUA):** Patın ultrasonik aktivasyonu için 25 numara bir İrrisafe ucu “9” güç ayarında (298) (28-36 kHz) Satelec P5 Newtron XS ultrasonik cihaza (Satelec Acteon Group, Fransa) bağlandı (Şekil 3.2). 25 numara bir spreader yardımı ile kök kanalına yerleştirilen pat, İrrisafe ucu çalışma boyundan 2 mm kısa olacak şekilde yerleştirilip aktif hale getirildikten sonra 20 sn boyunca bukkolingual yönde ve 20 sn mesiodistal yönde hareket ettirilerek pat aktive edildi (30).



Şekil 3.2 Çalışmada kullandığımız ultrasonik cihaz ve İrrisafe uçları.

Pat aktivasyonunu takiben her bir grup kendi arasında uygulanacak kök kanal dolum tekniğine göre 4 alt gruba ayrıldı:

- **Sadece pat ile dolum (AH Plus Jet)** : Kök kanalları, pat yerleştirilmesi ve aktivasyonunu takiben güta-perka kon kullanmaksızın tek başına pat ile dolduruldu. Pat, tek kullanımlık bir kanal ucu (Diadent, Burnaby, Kanada) vasıtasıyla bir şiringadan doğrudan kanala yerleştirildi.
- **Tek kon tekniği (TK) (pat + açılı güta-perka kon)**: Kök kanal dolumu için ProTaperNext X4 döner ege ile uyumlu, geri çekmeye karşı iyi direnç (tug-back) sağlayan X4 güta-perka kon çalışma uzunluğunda yavaşça kanal içine yerleştirildi. İlave yardımcı kon kullanılmadı. Fazlalık güta-perka kanal ağzı seviyesinde ısıtılmış bir el aleti ile uzaklaştırıldı.

- **Soğuk Lateral Kondensasyon tekniği (LK) (pat + standart güta-perka):** Pat aktivasyonunu takiben 40/0.02 güta -perka kon çalışma uzunluğunda kök kanalına yerleştirildi. 25 numara bir spreader çalışma uzunluğundan 2 mm kısa mesafeye kadar yerleştirildi ve oluşturulan boşluklar 20/0.02 yardımcı güta-perka konlar ile dolduruldu. Yardımcı kon ilavesi spreader koronal 2-3 mm'den daha fazla ilerlemeyinceye kadar devam ettirildi. Koronaldeki güta-perka fazlalıkları ısıtılmış bir el aleti yardımıyla uzaklaştırıldı devamında bir plugger ile vertikal olarak kondanse edildi.
- **Devamlı ısı ile obtürasyon tekniği (Elements free) (pat + elements heavy kartuş):** Bu grupta kök kanal dolumu için devamlı ısı ile obtürasyon tekniği, Elements Free obtürasyon sistemi (Kerr Endodontics, Orange, Kanada) (Şekil 3.3) kullanılarak uygulandı. Öncelikle cihazın downpack ünitesine takılması için apikalin 3-5 mm gerisinde sıkışan uygun bir Buchanan ısı pluggeri ve ısıtılan güta-perkanın sıkıştırılması için apikalden 2-3 mm geride sıkışan uygun bir Buchanan el pluggeri (Kerr Endodontics) seçildi ve referans noktaları lastik stoper yardımıyla işaretlendi. Çalışma boyuna kadar gidebilen ve kanalın son çapı ile uyumlu ProTaper Next X4 numaralı güta-perka kon bir bistüri yardımı ile uç kısmından 0.5 mm kesilerek, yukarıda bahsi geçen aktivasyon teknikleri ile aktive edilmiş patın bulunduğu kök kanalına yerleştirildi. Kanal ağzı girişindeki fazla güta-perka Buchanan ısı pluggeri kullanılarak uzaklaştırıldı. Devamında tekrar aktive edilen ısı pluggeri dolum öncesi lastik stoper ile işaretlenen referans noktasına kadar 2-3 saniye kanal içerisinde ilerletildi. Buchanan ısı pluggeri referans noktasına ulaştıktan sonra 10 sn deaktive edilip apikal basınç uygulandı böylece ana konun yerinden oynaması engellendi daha sonra plugger yeniden aktif hale getirilip kanaldan uzaklaştırıldı. El pluggeri kullanılarak apikal üçlü kondanse edildi ve kanalın geri kalan boşluğunu doldurmak için cihazın backfill ünitesine tek kullanımlık ve yoğunluğu en fazla olan güta-perka (heavy) kartuşu (Şekil 3.3) takılarak aktive edildi. Backfill ünitesi ısı ile aktive olduktan sonra yumuşamış güta-perka kanal içerisine yerleştirildi.

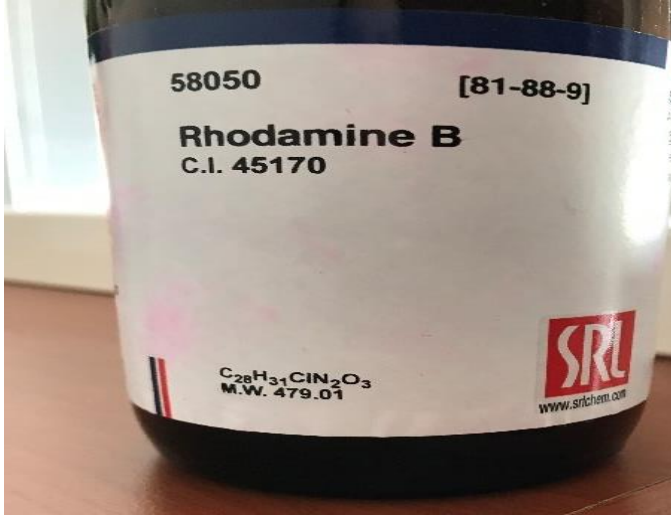
Backfill işlemi sırasında cihaza baskı uygulanmadı kendi basıncıyla geriye doğru hareket etmesine izin verildi. Daha sonra gütaperka katılaşmadan el pluggeri ile vertikal yönde kondansasyon yapıldı. Koronal kısımdaki fazlalık gütaperka ise kök kanal dolumunu takiben ısı pluggeri yardımıyla uzaklaştırıldı.



Şekil 3.3 Elements free obtürasyon cihazı ve heavy-body kartuşu.



Şekil 3.4 Çalışmamızda kullandığımız AH Plus Jet kök kanal patı.



Şekil 3.5 Çalışmamızda kullandığımız Rhodamin B boyası



Şekil 3.6 % 0.1'lik Rhodamin B oranının tartılması için kullanılan hassas terazi (Ohaus, Explorer, Amerika Birleşik Devletleri).

3.6 Örneklerin Saklanması

Kanal patı aktivasyonu ve takiben kök kanal dolumu gerçekleştirildikten sonra giriş kavimleri Cavit (i-dental, i-PRO^N, Litvanya) ile kapatıldı ve örnekler konfokal lazer taramalı mikroskop değerlendirmesi ve push-out testi öncesi 37°C'de % 100 nemli ortamda 100 ml'lik patolojik saklama kapları (Kimya ofisi, İstanbul, Türkiye) (Şekil 3.7) içerisinde 1 hafta bekletildi.



Şekil 3.7 Örneklerin muhafaza edildiği patolojik saklama kapları.

3.7 Örneklerden Kesit Elde Edilmesi

Kök kanal dolumları tamamlandıktan sonra kanal sistemini homojen olarak yansıtabilmek için, IsoMet cihazı (IsoMet, Buehler, İsrail) kullanılarak, düşük hızda dönen 0,3 mm kalınlığında elmas diskler yardımıyla su soğutması altında her bir diş örneğinden; apikal (3-4 mm), orta (7-8 mm), koronal (11-12 mm) olacak şekilde apektsten itibaren 3 kesit toplamda ise her bir grup için 33 kesit elde edildi. Kesitler dişin uzun eksenine dik olacak şekilde 1 mm kalınlığında 3 adet horizontal dentin diski şeklinde oluşturuldu. Her bir kesitin kalınlığı, 0.001 mm hassasiyete sahip bir dijital kumpas (Macrona, Simetri Teknik, İzmir, Türkiye) kullanılarak kontrol edildi.

Elde edilen dentin kesitleri CLSM incelemesi öncesi, kesim esnasında görüntüleme alanında oluşması muhtemel dentin talaşlarını uzaklaştırmak için sırasıyla % 37'lik fosforik asit ile 15 sn, serum fizyolojik, % 17'lik EDTA 1dk , serum fizyolojik ile yıkandı. Kesitlerin yüzeylerini pürüzsüzleştirmek için akan su altında dönen bir zımpara makinasında sırasıyla 400, 600 ve 1200 gritlik zımpara kağıtları kullanıldı (51).

3.8 Dentin Kesitlerinin CLSM İle İncelenmesi

Apikal-orta ve koronal üçlüden elde edilen dentin diskleri her grup için ayrı ayrı incelenmek üzere cam bir lam üzerine yerleştirildi (Şekil 3.8) ve CLSM'de (Nikon C2, Amerika Birleşik Devletleri) Argon lazer ışık kaynağı kullanılarak 633 nm dalga boyunda 4X objektif büyütmede incelendi (Şekil 3.9). CLSM ile inceleme yapılırken koronal ve orta üçlüden alınan kesitlerde görüntüleme alanı tüm örneği yansıtamadığında örneğin farklı bölgelerinden fotoğraflar alındı ve daha sonra bu fotoğraflar Adobe Photoshop CC 2019 programı ile birleştirilerek tek bir kesit görüntüsü elde edildi (Şekil 3.10).

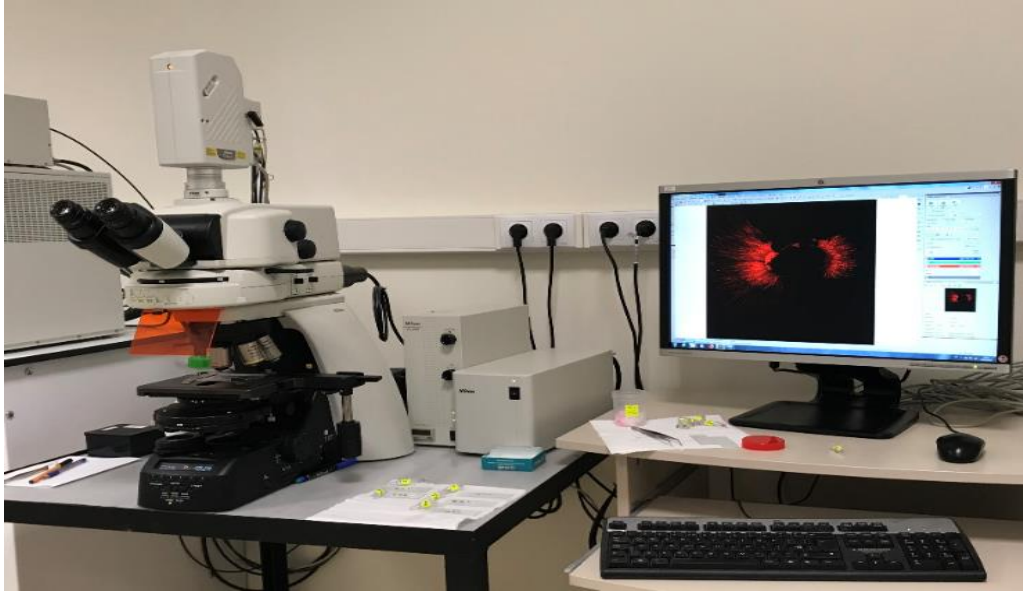
CLSM görüntülerinin analizi için LSM Image Browser (Carl Zeiss, Jena, Almanya) programı kullanıldı. Analiz edilen görüntülerde patın dentin tübül penetrasyon yüzdesi, alanı ve maksimum tübül penetrasyon derinliği değerlendirildi. Bu değerlendirmelerde; dentin tübül penetrasyon yüzdesi hesaplanırken Gharib ve ark.'nın kullandığı yöntem takip edildi (299). Bu yöntemle göre penetrasyon yüzdeleri,

patın kanal çevresi boyunca penetre olduğu bölgenin uzunluğu tüm kanal uzunluğuna oranlandı ve yüzde olarak hesaplandı (Şekil 3.12).

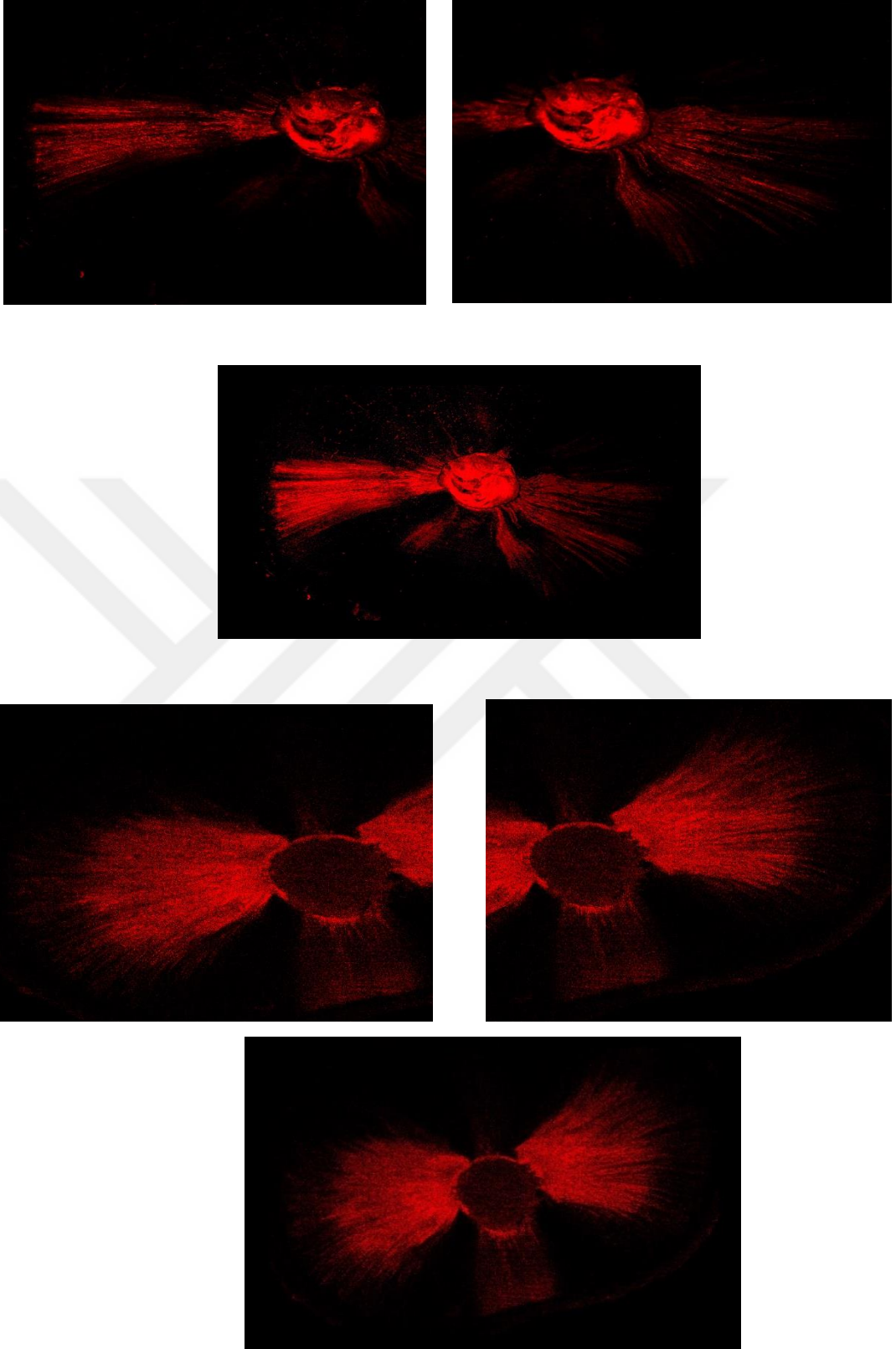
Maksimum dentin tübül penetrasyon derinliği, patın kök kanal duvarında en derin penetrasyon gösterdiği noktaya kadar olan mesafe ölçülerek hesaplandı (Şekil 3.12) (300). Patın dentin tübülü penetrasyon alanı hesaplanırken ise önce kanal boşluğunu dolduran ana gütta-perka konunun kapladığı alanın sonra da kök kanal patının penetre olduğu tüm alanın etrafı çizilerek ölçüldü. Daha sonra ölçülen iki alan arasındaki fark dentin tübülü penetrasyon alanı olarak değerlendirildi (Şekil 3.11) (301).



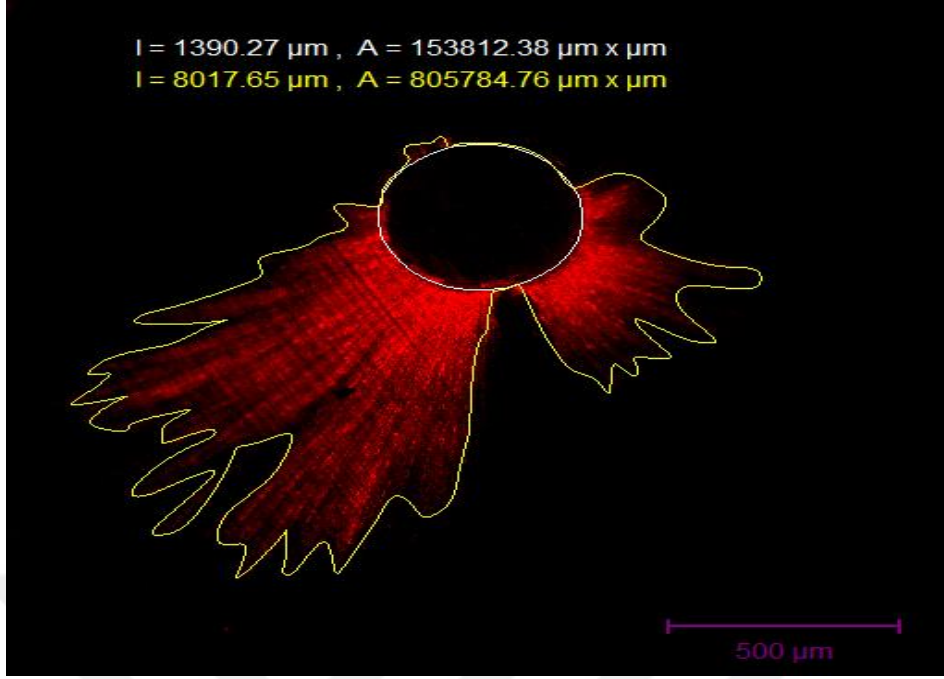
Şekil 3.8 Koronal-orta ve apikal üçlüden elde edilen dentin kesitleri.



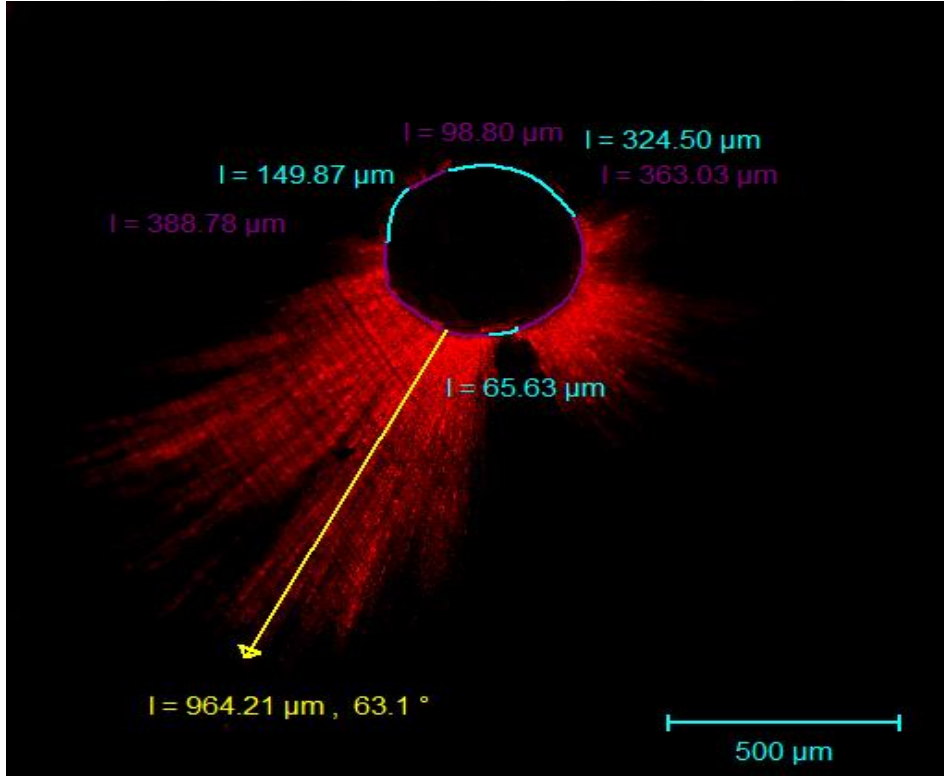
Şekil 3.9 Dentin kesitlerinin incelendiği konfokal lazer taramalı mikroskop (CLSM).



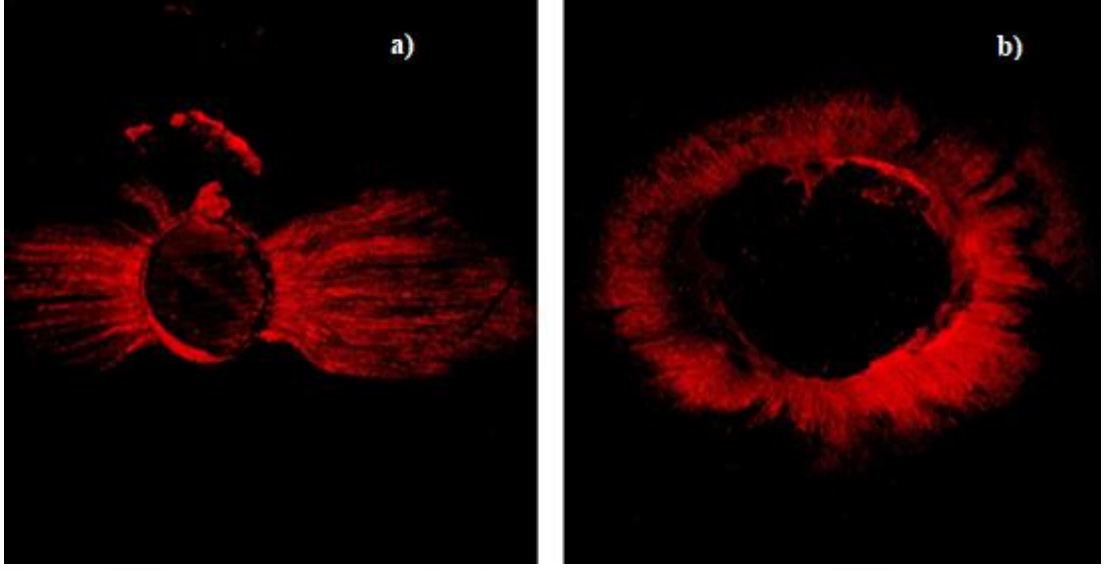
Şekil 3.10 Adobe Photoshop CC 2019 programı ile görüntülerin birleştirilerek tek bir kanal görüntüsü elde edilmesi (4X).



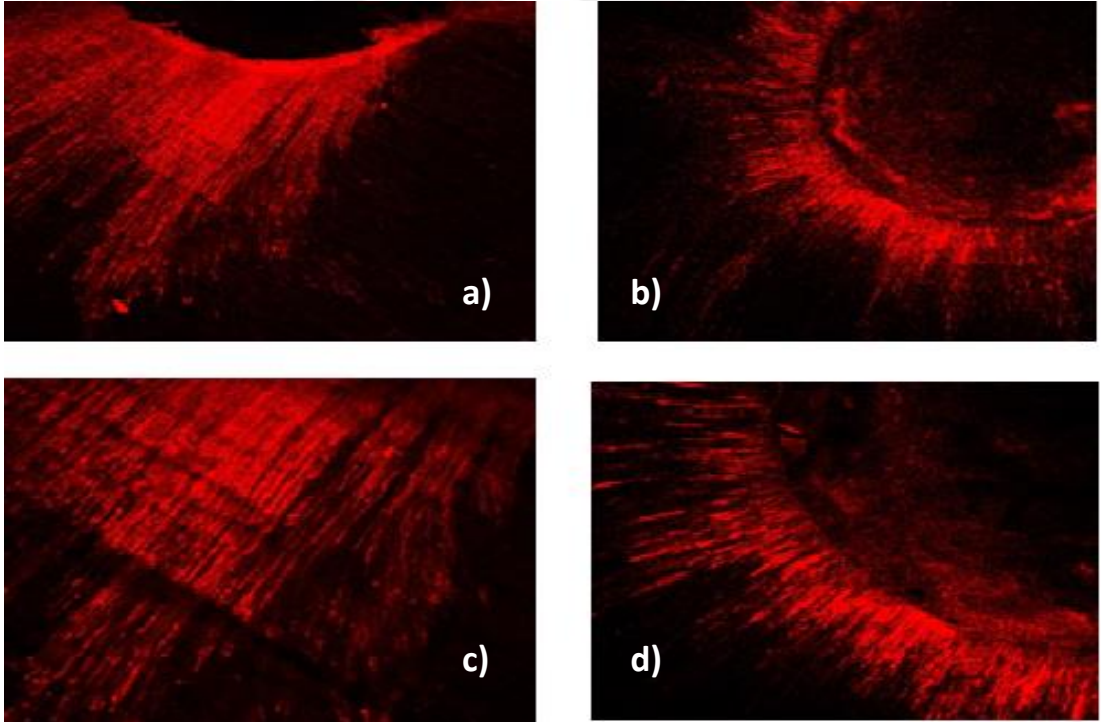
Şekil 3.11 Patın dentin tübülü penetrasyon alanının hesaplanması (4X).



Şekil 3.12 Patın dentin tübülü penetrasyon yüzdesi ve maksimum penetrasyon derinliğinin ölçülmesi (4X).



Şekil 3.13 AH Plus Jet'in kök kanalında kelebek etkisi varlığı (a) veya yokluğu (b) durumunda tübül penetrasyonuna ait CLSM görüntüleri.



Şekil 3.14 CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları (a) ve (b) 10X büyütme (c) ve (d) 20 X büyütme.

3.9 Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi

Koronal-orta ve apikal uçluden elde edilen 1 mm'lik dentin kesitleri CLSM değerlendirmesinin ardından, bağlanma dayanımı değerlendirmesi için mekanik bir test cihazına (AGS-X, Shimadzu, Kyoto, Japonya) adapte edildi (Şekil 3.15). Dolgu maddesine itme kuvvetini uygularken koronal-orta ve apikal dentin kesitlerine uyumlu olacak şekilde uçları ayrı ayrı modifiye edilen spreaderlar kullanıldı. Cihaza bağlanan modifiye spreader uçları çevre dentin dokusuna temas etmeksizin yalnızca kök kanal dolgusuna temas edecek şekilde konumlandırıldı (Şekil 3.16) ve her değişimde tekrar kalibre edilerek ölçüm yapıldı. İtme kuvveti 1 mm/dk hızla, apiko-koronal yönde kök kanal dolgusu kanaldan ayrılana kadar uygulandı. Trapezium X (Shimadzu Scientific Instruments Inc, Kyoto, Japonya) veri analiz yazılımı kullanılarak ölçülen maksimum kuvvet (Şekil 3.17) Newton (N) cinsinden kaydedildi ve aşığıda belirtilen formül kullanılarak Megapaskal (MPa)'a çevrildi.

$$\text{Bağlanma dayanımı (MPa)} = N / A$$

N: Ölçülen maksimum kuvvet (Newton)

A: kanal dolgu materyalinin bağlanma yüzey alanı (mm²)

$$A = \pi \cdot a \cdot (r_1 + r_2)$$

$$a^2 = (r_2 - r_1)^2 + h^2$$

Formüle göre; r₁: kök kanalının küçük yarıçapı

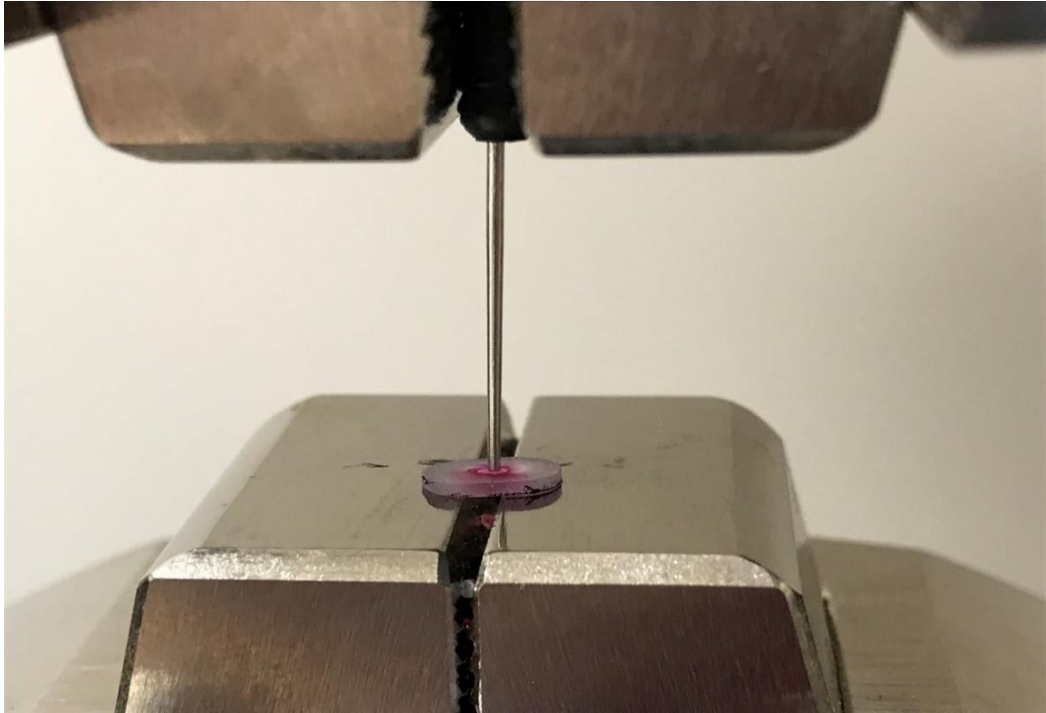
r₂: kök kanalının büyük yarıçapı

h: kesitlerin mm cinsinden kalınlığını göstermektedir.

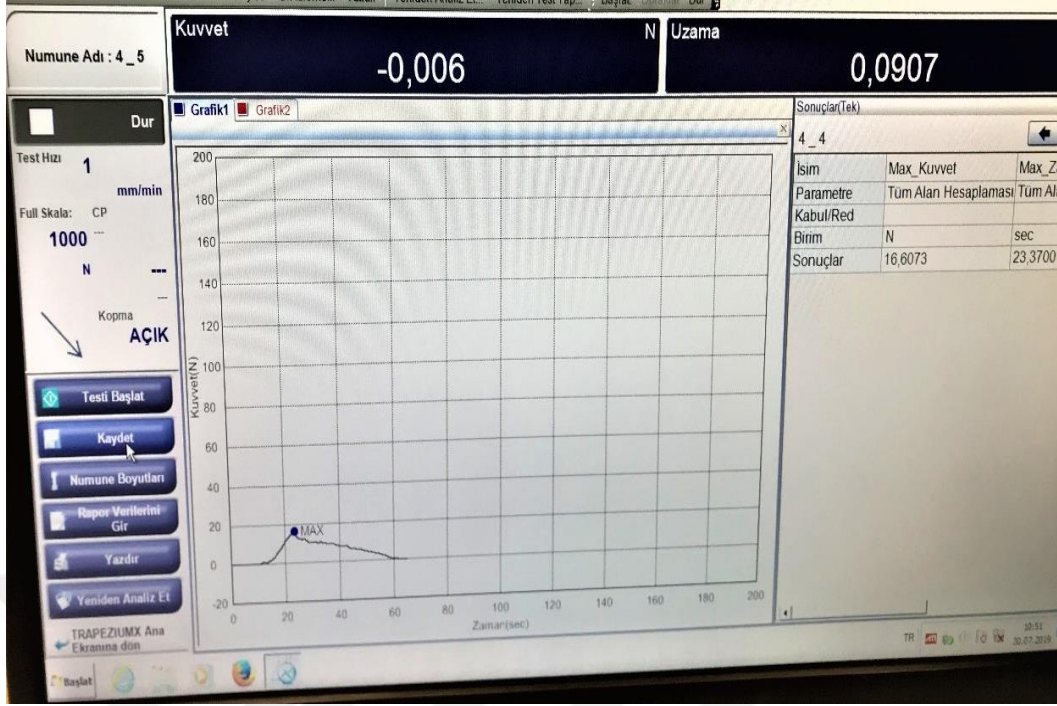
π : 3,14 kabul edilmiştir.



Şekil 3.15 Bağlanma dayanımı testi için kullanılan universal test cihazı.



Şekil 3.16 Universal test cihazı ile kuvvet uygulanması.



Şekil 3.17 Universal test cihazında kaydedilen maksimum kuvvet.

3.10 İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen veriler SPSS 19 (IBM SPSS Statistics 19, SPS inc., an IBM Co., Somers, NY) paket programı kullanılarak istatistiksel analize tabi tutuldu. Analiz için ilk olarak verilerin normal dağılıma sahip olup olmadıkları Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Normal dağılım göstermeyen verilerin değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA), çoklu karşılaştırmalarda ise Kruskal Wallis testi kullanıldı. Verilerin anlamlılık düzeyi $p \leq 0.05$ olarak kabul edildi.

CLSM görüntüleri ve push-out test parametreleri arasındaki korelasyon için Spearman testi kullanıldı.

4. BULGULAR

Kök kanal patının dentin tübülü penetrasyon yüzdesi, alanı ve ve derinliğinin kullanılan pat aktivasyon yöntemine ve obturasyon tekniğine göre değişebildiği tespit edilmiştir. Pat aktivasyon tekniğinin; penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliğini etkilediği ve elde edilen sonuçların kullanılacak obturasyon tekniğine göre değişiklik gösterebileceği görülmüştür. Bu sebeple bu yöndeki sıfır hipotezi kabul edilmedi.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde dentin tübülü penetrasyon derinliği ve bağlanma dayanımı arasında ilişki bulunmadığı ya da + yönde önemsenmeyecek düzeyde düşük bir ilişki varlığı tespit edildi. Yine dentin tübülü penetrasyon yüzdesi ve alanı ile bağlanma dayanımı arasında ilişki bulunmadığı ya da önemsenmeyecek düzeyde bir ilişki varlığı tespit edildi.

Ayrıca; CLSM görüntüleri değerlendirildiğinde, dentin tübülü penetrasyon değerlerinin koronalden apikale doğru azaldığı, boşluk oluşumunun ise lateral kondensasyon ve pat ile doldurulan gruplarda diğer dolum tekniklerine oranla daha fazla olduğu gözlemlendi.

4.1 Patın Dentin Tübülü Penetrasyonuna Ait Bulgular

Rhodamin-B ile işaretlenen AH Plus Jet kanal patının dentin tübüllerine penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliği ile ilgili elde ettiğimiz veriler ışığında;

1. Çalışmada kullandığımız kök kanal dolum teknikleri ve pat aktivasyon teknikleri kendi aralarında karşılaştırıldıklarında penetrasyon yüzdeleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p > 0,05$).
2. Penetrasyon alanı değerlendirmelerinde kök kanal dolum teknikleri içinde yapılan karşılaştırmalarda lateral kondensasyon grubunda LK-PUA en az penetrasyon alanına sahipken LK-MDA grubu en fazla penetrasyon alanına sahipti ve aralarında istatistiksel olarak önemli fark vardı ($p \leq 0,05$). Lateral kondensasyonun diğer alt grupları değerlendirildiğinde ise aralarında istatistiksel açıdan fark bulunmadı ($p > 0,05$).

Tek kon grubunda en fazla penetrasyon alanı TK-MDA grubuna aitken en düşük penetrasyon alanı TK-NA'ya aitti ve aralarında istatistiksel olarak fark vardı ($p \leq 0,05$). Ayrıca yapılan değerlendirmelerde TK-MDA ile TK-EDDY ve TK-EDDY, TK-PUA ile TK-NA arasında istatistiksel olarak fark bulunamadı ($p > 0,05$).

Pat grubunda yapılan grup içi değerlendirmelerde hiçbir grup arasında istatistiksel olarak fark bulunmamakla birlikte Pat-EDDY en yüksek, pat-PUA en düşük penetrasyon alanı değerini gösterdi ($p > 0,05$).

Devamlı ısı ile obturasyon (Elements) gruplarında yapılan grup içi karşılaştırmalarda ise yine pat grubu gibi hiçbir grupta penetrasyon alanları arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ($p > 0,05$). Elements-NA en yüksek, Elements-PUA en düşük penetrasyon alanı değerlerine sahipti.

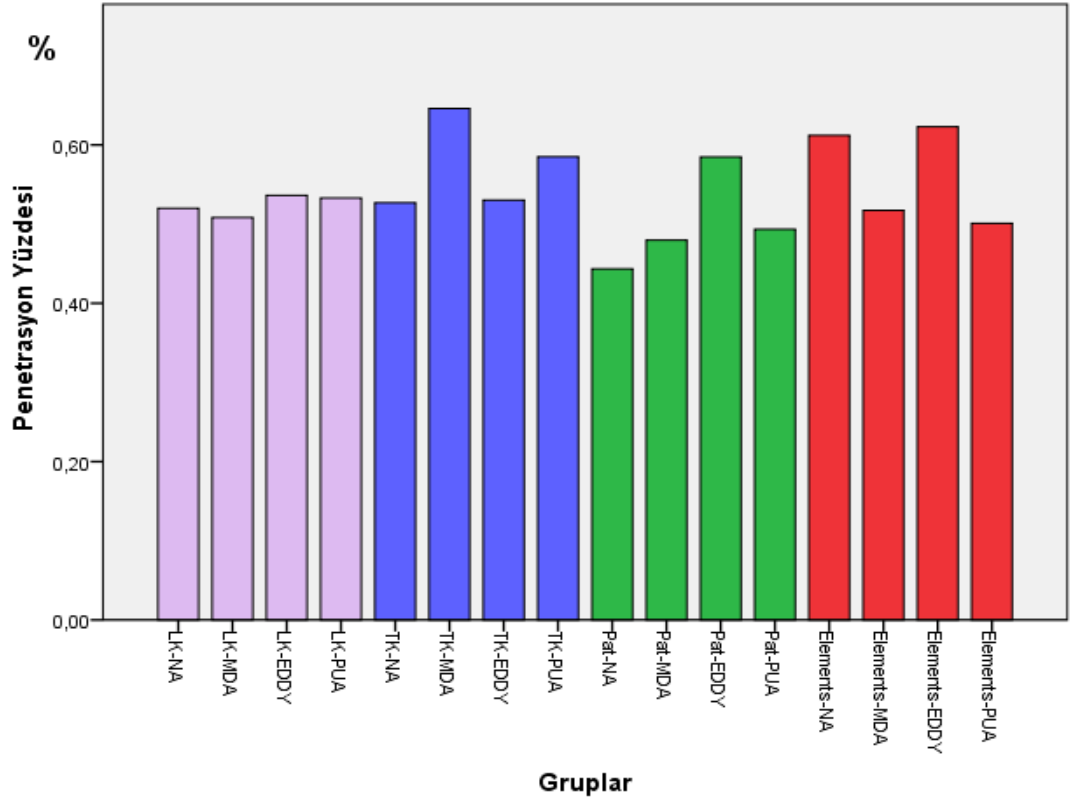
Penetrasyon alanı değerlendirmelerinde pat aktivasyon teknikleri karşılaştırıldığında pat aktivasyonunun yapılmadığı grupta (NA) hiçbir obturasyon tekniği arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p > 0,05$). LK-NA en yüksek, Pat-NA en düşük penetrasyon alanı değeri gösterdi. Manuel dinamik aktivasyon grubunda TK-MDA en yüksek penetrasyon alanına sahipti. LK-MDA grubu hariç diğer gruplar ile arasında istatistiksel açıdan fark vardı ($p \leq 0,05$). Pat-MDA en düşük penetrasyon alanına sahipti ancak Pat-MDA ile LK-MDA ve Elements-MDA arasında istatistiksel olarak fark bulunamadı ($p > 0,05$). EDDY grubu için yapılan değerlendirmede Pat-EDDY en yüksek, LK-EDDY en düşük penetrasyon alanına sahipti ancak hiçbir grup arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p > 0,05$). Pasif ultrasonik aktivasyon grubunda TK-PUA en yüksek Elements-PUA en düşük penetrasyon alanına sahipti ama hiçbir grup arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p > 0,05$).

3. Dentin tübülü penetrasyon derinliği değerlendirmelerinde kök kanal dolun teknikleri kendi içlerinde karşılaştırıldığında LK-PUA en az penetrasyon derinliğine sahipken LK-MDA en fazla penetrasyon derinliğine sahipti ve aralarında istatistiksel olarak fark vardı ($p \leq 0,05$). Lateral kondensasyonda diğer gruplar değerlendirildiğinde ise LK-PUA ve LK-EDDY arasında ve LK-MDA, LK-EDDY ve LK-NA arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı

($p>0,05$). Tek kon grubunda en fazla penetrasyon derinliği TK-MDA'ya aitti ve diğer gruplar ile arasında da istatistiksel açıdan fark vardı ($p\leq 0,05$). En düşük penetrasyon derinliği ise TK-PUA'da gözlandı ancak yapılan değerlendirmelerde TK-PUA ile TK-EDDY ve TK-NA arasında istatistiksel olarak fark bulunamadı ($p>0,05$).

Pat grubunda yapılan grup içi değerlendirmelerde hiçbir grup arasında istatistiksel olarak fark bulunmamakla beraber Pat-EDDY en yüksek, Pat-MDA en düşük penetrasyon derinliğine sahipti ($p>0,05$).

Devamlı ısı ile obturasyon (Elements) gruplarında yapılan grup içi karşılaştırmalarda ise yine pat grubu gibi hiçbir grupta penetrasyon derinlikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamadı ($p>0,05$). Elements-EDDY en yüksek, Elements-PUA en düşük penetrasyon derinliği değerlerine sahipti. Penetrasyon derinliği için pat aktivasyon teknikleri karşılaştırıldığında pat aktivasyonunun yapılmadığı grupta hiçbir obturasyon tekniği arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p>0,05$). LK-NA en yüksek, Elements-NA en düşük penetrasyon derinliği değeri gösterdi. Manuel dinamik aktivasyon grubunda en fazla penetrasyon derinliği TK-MDA'daydı. TK-MDA ile LK-MDA grubu hariç diğer gruplar arasında istatistiksel açıdan fark vardı ($p\leq 0,05$). Pat-MDA en düşük penetrasyon derinliğine sahipti ancak LK-MDA ve Elements-MDA ile arasında istatistiksel olarak fark bulunamadı ($p>0,05$). EDDY grubu için yapılan değerlendirmede Pat-EDDY en fazla, LK-EDDY en düşük penetrasyon derinliğine sahipti ancak hiçbir grup arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p>0,05$). Pasif ultrasonik aktivasyon grubunda TK-PUA en yüksek, Elements-PUA en düşük penetrasyon derinliğine sahipti ama hiçbir grup arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p>0,05$).



Şekil 4.1 Grupların dentin tübüllerine penetrasyon yüzdesi grafiği.

Tablo 4.1 Deney gruplarının dentin tübülü penetrasyon yzdelereine ait veriler.

| | | n | Penetrasyon Yüzdesi (%) | |
|--|---------------------------|-----|---------------------------|----|
| | | | Ortalama ± Standart Sapma | |
| Aktivasyon Yok (NA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | ,5200 ± ,17181 | ax |
| | Tek Kon (TK) | 33 | ,5270 ± ,17875 | ax |
| | Pat | 33 | ,4433 ± ,24835 | ax |
| | Elements | 33 | ,6121 ± ,24319 | ax |
| Manuel Dinamik Aktivasyon (MDA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | ,5082 ± ,25540 | ax |
| | Tek Kon (TK) | 33 | ,6461 ± ,23775 | ax |
| | Pat | 33 | ,4797 ± ,17008 | ax |
| | Elements | 33 | ,5173 ± ,25473 | ax |
| Sonik Aktivasyon (EDDY) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | ,5364 ± ,19715 | ax |
| | Tek Kon (TK) | 33 | ,5303 ± ,17716 | ax |
| | Pat | 33 | ,5848 ± ,16455 | ax |
| | Elements | 33 | ,6230 ± ,22066 | ax |
| Pasif Ultrasonik Aktivasyon (PUA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | ,5330 ± ,20159 | ax |
| | Tek Kon (TK) | 33 | ,5852 ± ,23627 | ax |
| | Pat | 33 | ,4936 ± ,15730 | ax |
| | Elements | 33 | ,5009 ± ,18142 | ax |
| Total | | 528 | ,5401 ± ,21280 | |

Aynı aktivasyon grubu ile aktive edilen farklı dolum tekniklerinin karşılaştırılmasında “a, b, c, d” simgeleri kullanıldı.

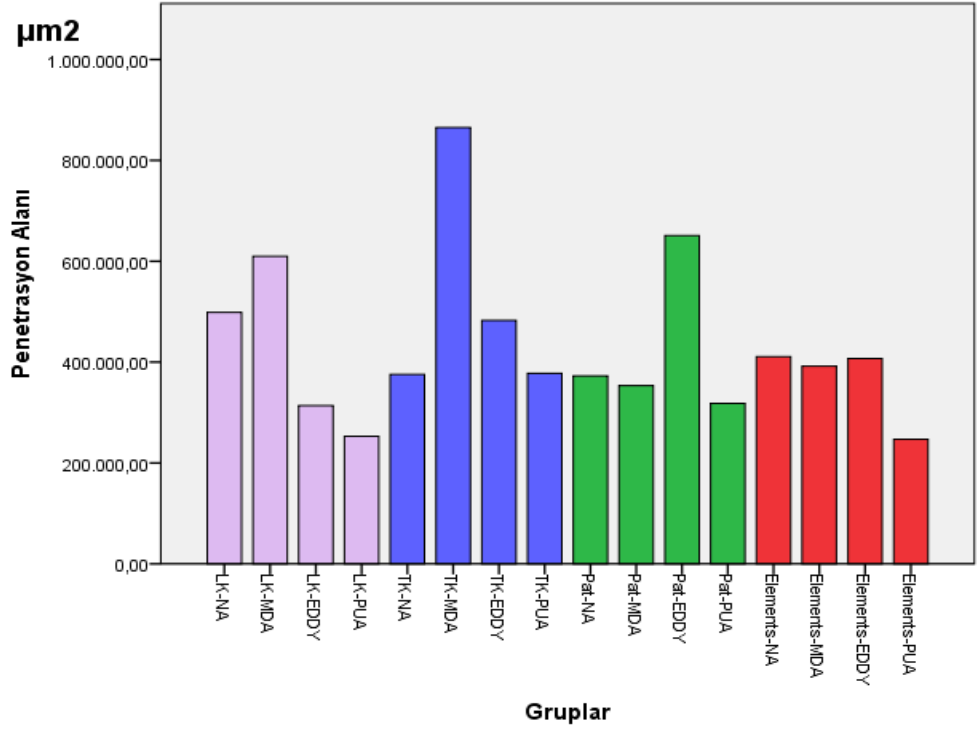
Aynı dolum tekniği ile doldurulan ancak farklı aktivasyon teknikleri ile aktive edilen grupların karşılaştırılmasında “x, y, z ,t” simgeleri kullanıldı.

Tablo 4.2 Deney gruplarının dentin tübülü penetrasyon alanına ait veriler (μm^2).

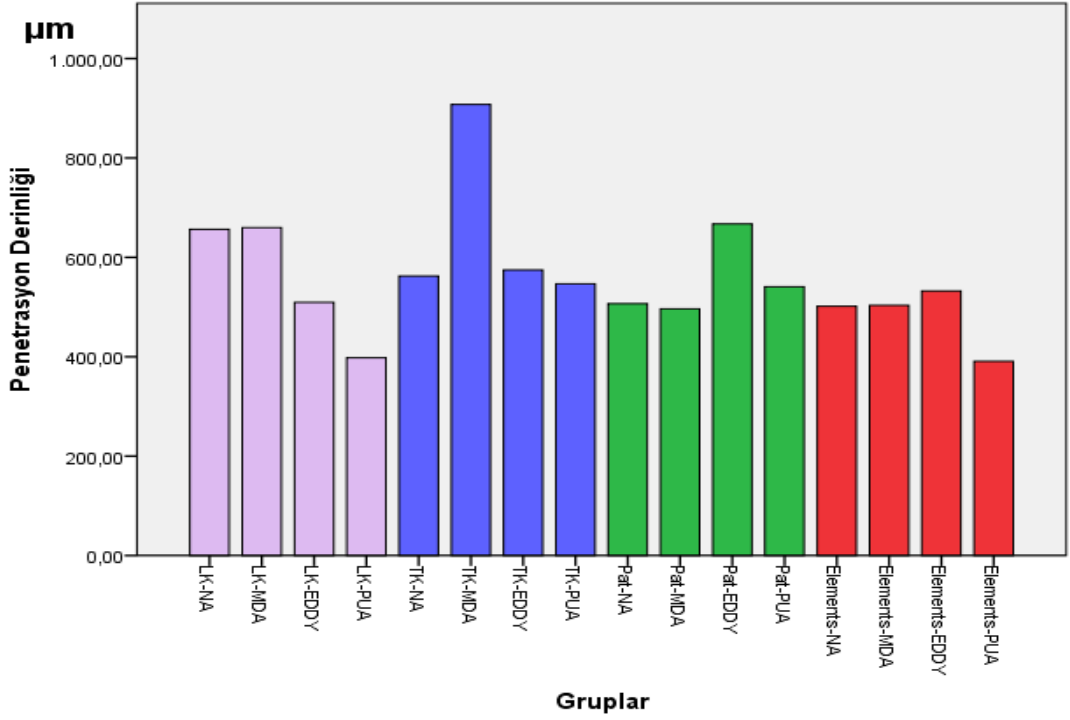
| | | n | Penetrasyon Alanı (μm^2) | |
|--|---------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| | | | Ortalama \pm Standart Sapma | |
| Aktivasyon Yok (NA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 498667,2848 \pm 352187,06626 | ax |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 375490,5827 \pm 221718,79575 | ax |
| | Pat | 33 | 372583,8209 \pm 353625,62166 | ax |
| | Elements | 33 | 410942,9652 \pm 322760,27335 | ax |
| Manuel Dinamik Aktivasyon (MDA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 609687,7979 \pm 547029,50404 | abx |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 865219,8767 \pm 495258,81728 | by |
| | Pat | 33 | 353382,0515 \pm 319790,45889 | ax |
| | Elements | 33 | 391859,7715 \pm 397311,43077 | ax |
| Sonik Aktivasyon (EDDY) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 313760,5300 \pm 194735,81319 | axy |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 482681,5867 \pm 353810,37000 | axy |
| | Pat | 33 | 650974,3873 \pm 545507,12331 | ax |
| | Elements | 33 | 407159,7218 \pm 295696,08094 | ax |
| Pasif Ultrasonik Aktivasyon (PUA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 252872,5839 \pm 243955,10534 | ay |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 377781,7945 \pm 256032,81768 | ax |
| | Pat | 33 | 318249,2036 \pm 208964,55698 | ax |
| | Elements | 33 | 246959,5024 \pm 192940,76047 | ax |
| Total | | 528 | 433017,0913 \pm 378485,10722 | |

Aynı aktivasyon grubu ile aktive edilen farklı dolun tekniklerinin karşılaştırılmasında “a, b, c, d” simgeleri kullanıldı.

Aynı obturasyon grubu içerisinde ancak farklı aktivasyon teknikleri ile aktive edilen grupların karşılaştırılmasında “x, y, z, t” simgeleri kullanıldı.



Şekil 4.2 Grupların dentin tübüllerine penetrasyon alanı grafiği.



Şekil 4.3 Grupların dentin tübüllerine penetrasyon derinliğine ait grafik.

Tablo 4.3 Deney Gruplarının dentin tübüllerine penetrasyon derinliğine ait veriler (μm).

| | | n | Penetrasyon Derinliği (μm) | |
|--|---------------------------|-----|---|-----|
| | | | Ortalama \pm Standart Sapma | |
| Aktivasyon Yok (NA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 656,3061 \pm 208,13231 | ax |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 562,2709 \pm 176,26608 | ax |
| | Pat | 33 | 506,6918 \pm 202,52736 | ax |
| | Elements | 33 | 501,4567 \pm 227,47069 | ax |
| Manuel Dinamik Aktivasyon (MDA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 659,8533 \pm 300,83886 | abx |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 907,6724 \pm 299,98924 | by |
| | Pat | 33 | 496,5670 \pm 210,24439 | ax |
| | Elements | 33 | 503,6255 \pm 284,89975 | ax |
| Sonik Aktivasyon (EDDY) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 509,2509 \pm 253,63022 | axy |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 574,5752 \pm 259,57693 | ax |
| | Pat | 33 | 667,2636 \pm 304,96406 | ax |
| | Elements | 33 | 532,4485 \pm 167,29983 | ax |
| Pasif Ultrasonik Aktivasyon (PUA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 398,0024 \pm 195,45480 | ay |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 546,8727 \pm 269,55754 | ax |
| | Pat | 33 | 541,0330 \pm 228,30860 | ax |
| | Elements | 33 | 390,9655 \pm 197,27582 | ax |
| Total | | 528 | 559,6785 \pm 265,24081 | |

Aynı aktivasyon grubu ile aktive edilen farklı dolum tekniklerinin karşılaştırılmasında “a, b, c, d” simgeleri kullanıldı.

Aynı obtürasyon grubu içerisinde ancak farklı aktivasyon teknikleri ile aktive edilen grupların karşılaştırılmasında “x, y, z, t” simgeleri kullanıldı.

4.2 Patın Bağlanma Dayanımı Testine Ait Bulgular

Dentin tübülü penetrasyon değerlendirmelerinden sonra itme-bağlanma testine tabi tutulan diş örneklerinden elde edilen sonuçlara göre: Patın bağlanma dayanımı; kök kanal dolum teknikleri kendi içinde karşılaştırıldığında lateral kondensasyon grubu için en fazla LK-MDA'da iken en düşük değer LK-EDDY için hesaplandı. LK-MDA ile diğer gruplar arasında LK-NA grubu hariç istatistiksel olarak fark bulunurken ($p \leq 0,05$), LK-NA, LK-EDDY ve LK-PUA arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p > 0,05$).

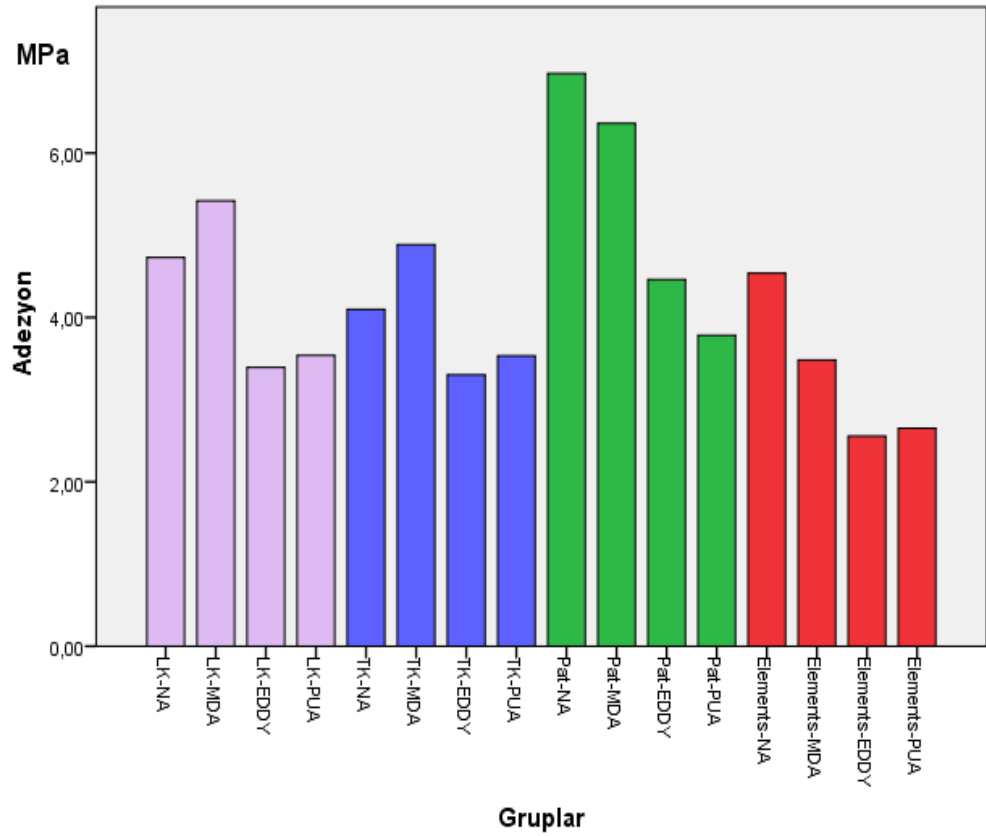
Tek kon grubunda bağlanma dayanımı en fazla TK-MDA'daydı, en az ise TK-EDDY grubundaydı ve aralarında istatistiksel açıdan fark vardı ($p \leq 0,05$). Değerlendirilen diğer gruplar arasında ise istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p > 0,05$).

Pat grubunda yapılan grup içi değerlendirmelerde Pat-NA en yüksek bağlanma dayanımına sahipken Pat-PUA en düşük değere sahipti ve aralarında istatistiksel açıdan fark vardı ($p \leq 0,05$). Pat-EDDY ile Pat-PUA arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p > 0,05$).

Elements grubunda yapılan grup içi karşılaştırmalarda ise Elements-NA en yüksek, Elements-EDDY en düşük bağlanma dayanımına sahipti ve Elements-NA ile diğer gruplar arasında Elements-MDA hariç istatistiksel olarak fark vardı ($p \leq 0,05$). Elements-MDA, Elements-PUA ve Elements-EDDY arasında ise istatistiksel olarak fark bulunamadı. ($p > 0,05$).

Bağlanma dayanımı için pat aktivasyon teknikleri karşılaştırıldığında pat aktivasyonunun yapılmadığı grupta bağlanma dayanımı en fazla Pat-NA grubunda en az TK-NA grubunda hesaplandı ve aralarında istatistiksel fark vardı ($p \leq 0,05$). Manuel dinamik aktivasyon grubunda en fazla bağlanma dayanımı Pat-MDA'daydı. En düşük bağlanma dayanımı ise Elements-MDA'ya aitti. Elements-MDA ile diğer gruplar arasında TK-MDA hariç istatistiksel olarak fark vardı ($p \leq 0,05$). EDDY grubu için yapılan değerlendirmede Pat-EDDY en fazla, Elements-EDDY en düşük bağlanma dayanımına sahipti ancak hiçbir grup arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı

($p>0,05$). Pasif ultrasonik aktivasyon grubunda Pat-PUA en yüksek Elements-PUA en düşük bağlanma dayanımı değerlerine sahipti ama hiçbir grup arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı ($p>0,05$).



Şekil 4.4 Grupların dentin adezyonlarına ait grafik.

Tablo 4.4 Deney Gruplarının dentine bağlanma dayanımına ait bulgular (MPa).

| | | n | Bağlanma Dayanımı (MPa) | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----|---------------------------|------|
| | | | Ortalama ± Standart Sapma | |
| Aktivasyon Yok (NA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 4,7288 ± 2,11278 | abxy |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 4,0985 ± 1,82154 | bexy |
| | Pat | 33 | 6,9688 ± 3,04736 | ax |
| | Elements | 33 | 4,5391 ± 1,73568 | acx |
| Manuel Dinamik Aktivasyon (MDA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 5,4197 ± 1,74819 | ax |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 4,8870 ± 2,18362 | abxz |
| | Pat | 33 | 6,3618 ± 3,18936 | axy |
| | Elements | 33 | 3,4818 ± 2,22902 | bxy |
| Sonik Aktivasyon (EDDY) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 3,3912 ± 1,28950 | ay |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 3,3018 ± 2,42946 | ay |
| | Pat | 33 | 4,4615 ± 2,80357 | ayz |
| | Elements | 33 | 2,5573 ± 1,41696 | ay |
| Pasif Ultrasonik Aktivasyon (PUA) | Lateral Kondensasyon (LK) | 33 | 3,5391 ± 1,78704 | ay |
| | Tek Kon (TK) | 33 | 3,5336 ± 1,79927 | ayz |
| | Pat | 33 | 3,7830 ± 2,19630 | az |
| | Elements | 33 | 2,6506 ± 1,53952 | ay |
| Total | | 528 | 4,2315 ± 2,43573 | |

Aynı aktivasyon grubu ile aktive edilen farklı dolun tekniklerinin karşılaştırılmasında “a, b, c, d” simgeleri kullanıldı.

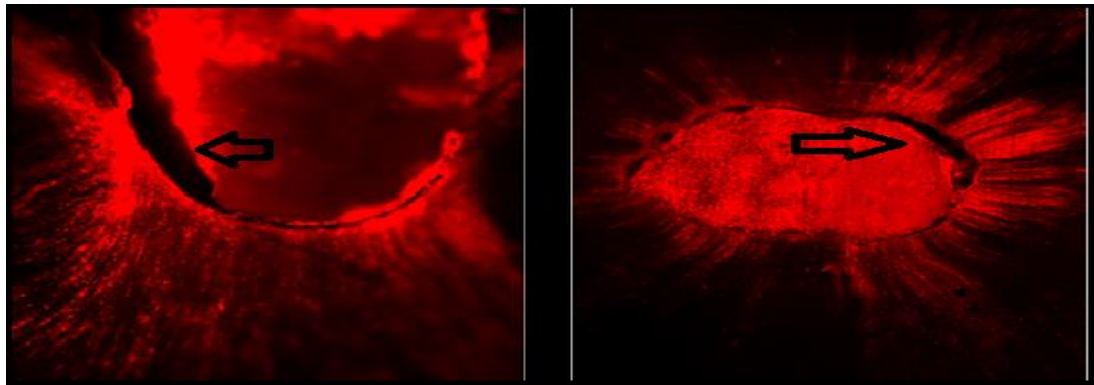
Aynı obturasyon grubu içerisinde ancak farklı aktivasyon teknikleri ile aktive edilen grupların karşılaştırılmasında “x, y, z, t” simgeleri kullanıldı.

Tablo 4.5 Değişkenler arasındaki korelasyon.

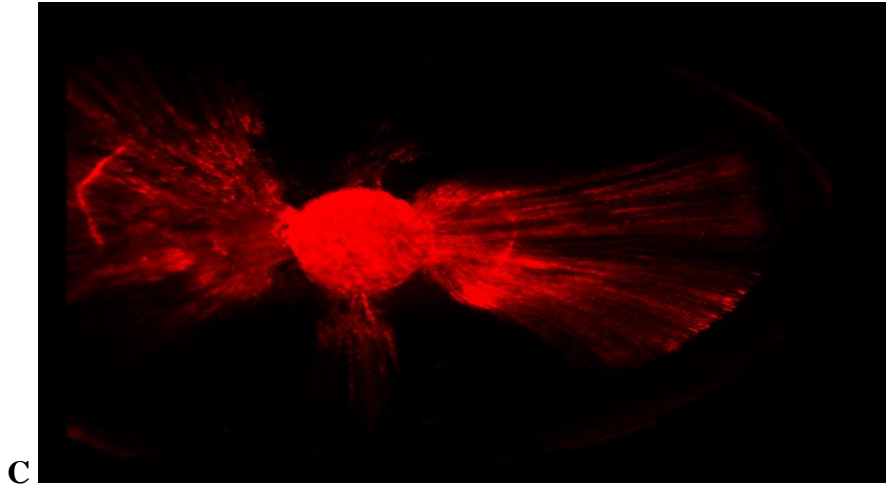
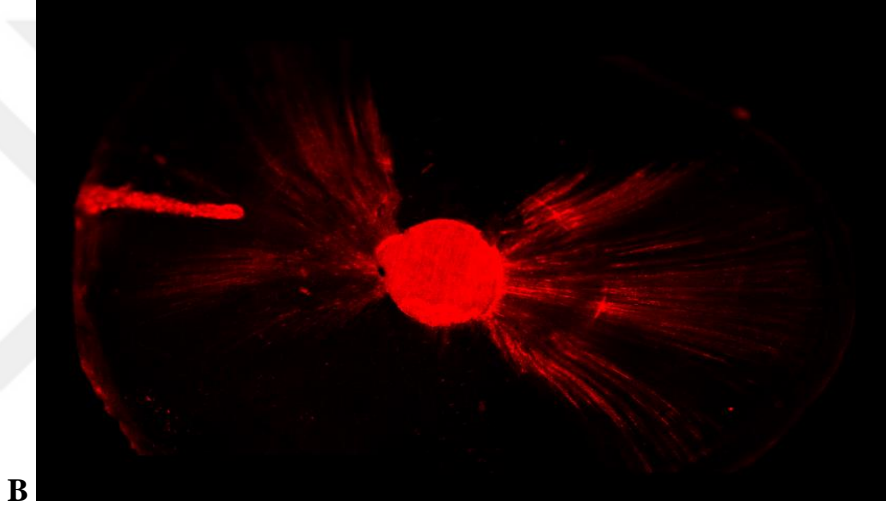
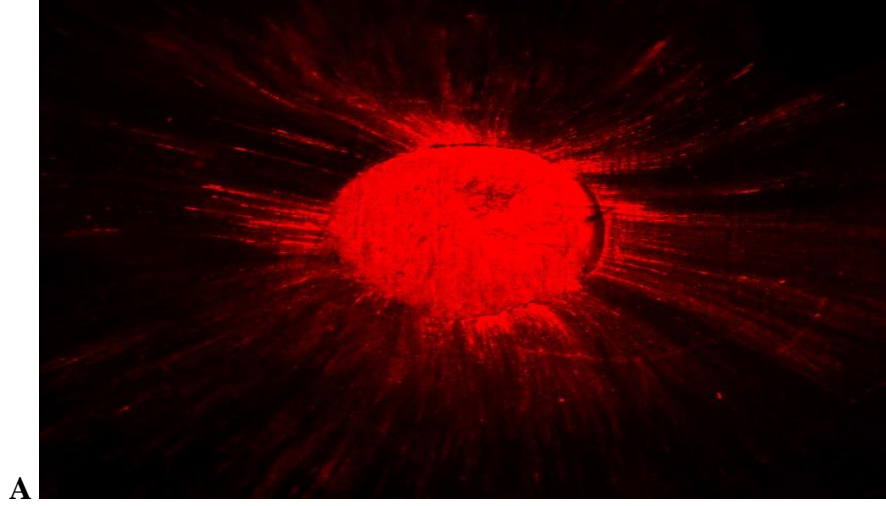
| | | Penetrasyon Yüzdesi | Penetrasyon Alanı | Penetrasyon Derinliği | Adezyon |
|-----------------------|---|------------------------|----------------------|--------------------------|---------|
| Penetrasyon Yüzdesi | r | 1,000 | ,580* | ,165* | -,145* |
| | p | . | ,000 | ,000 | ,001 |
| | n | 528 | 528 | 528 | 528 |
| Penetrasyon Alanı | r | ,580* | 1,000 | ,701* | -,017 |
| | p | ,000 | . | ,000 | ,694 |
| | n | 528 | 528 | 528 | 528 |
| Penetrasyon Derinliği | r | ,165* | ,701* | 1,000 | ,084 |
| | p | ,000 | ,000 | . | ,053 |
| | n | 528 | 528 | 528 | 528 |
| Adezyon | r | -,145* | -,017 | ,084 | 1,000 |
| | p | ,001 | ,694 | ,053 | . |
| | n | 528 | 528 | 528 | 528 |

*:0,05 düzeyinde anlamlılık

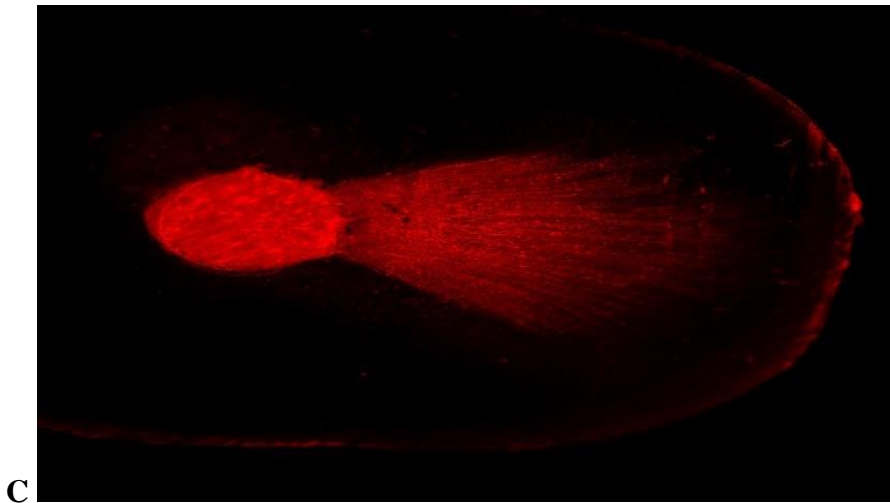
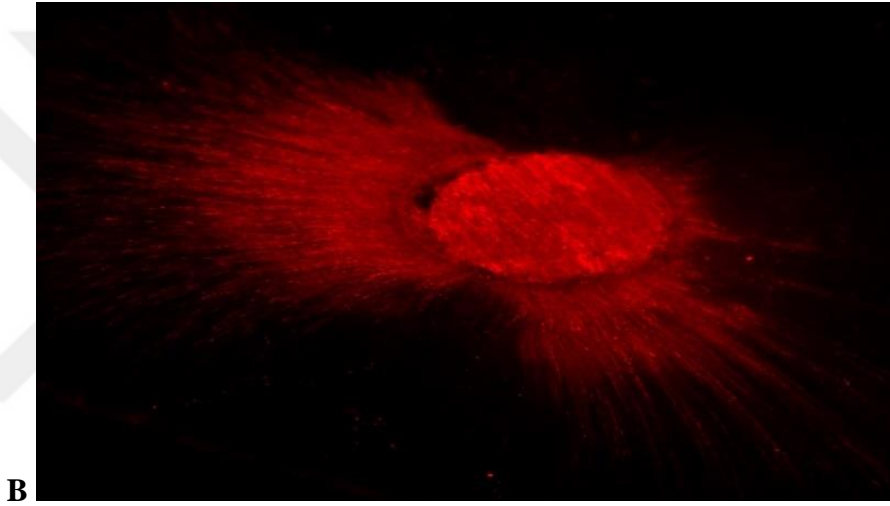
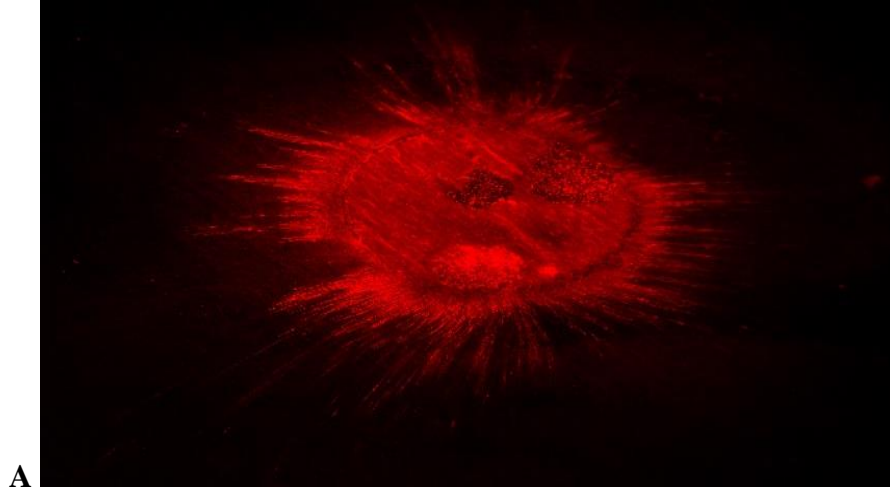
| r | Nitelendirme |
|-----------|--|
| 0,00-0,19 | İlişki yok ya da önemsenmeyecek düzeyde düşük ilişki |
| 0,20-0,39 | Zayıf ilişki |
| 0,40-0,69 | Orta düzeyde ilişki |
| 0,70-0,89 | Kuvvetli ilişki |
| 0,90-1,00 | Çok kuvvetli ilişki |



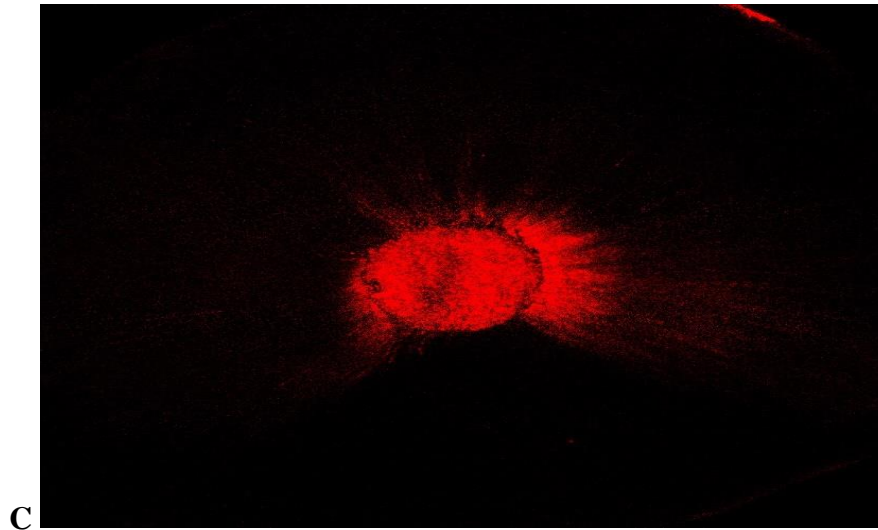
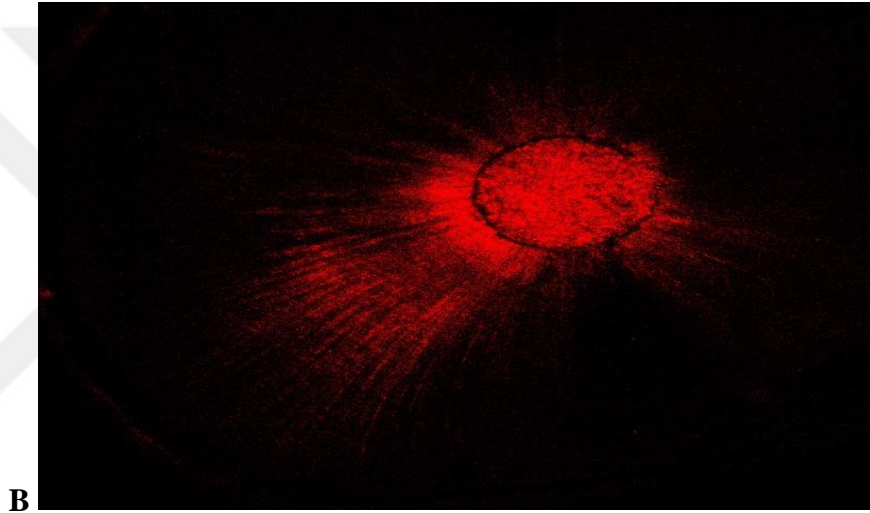
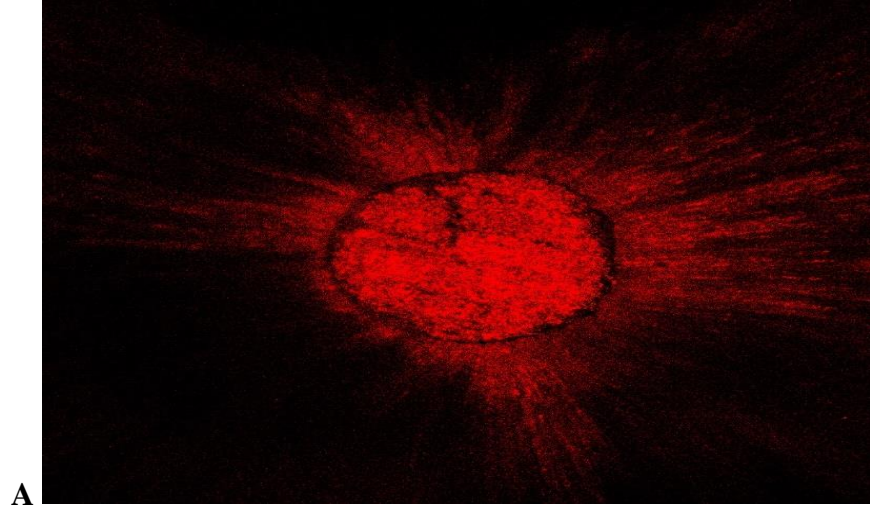
Şekil 4.5 LK-NA grubunda kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarı arasında boşluk oluşumu (10X).



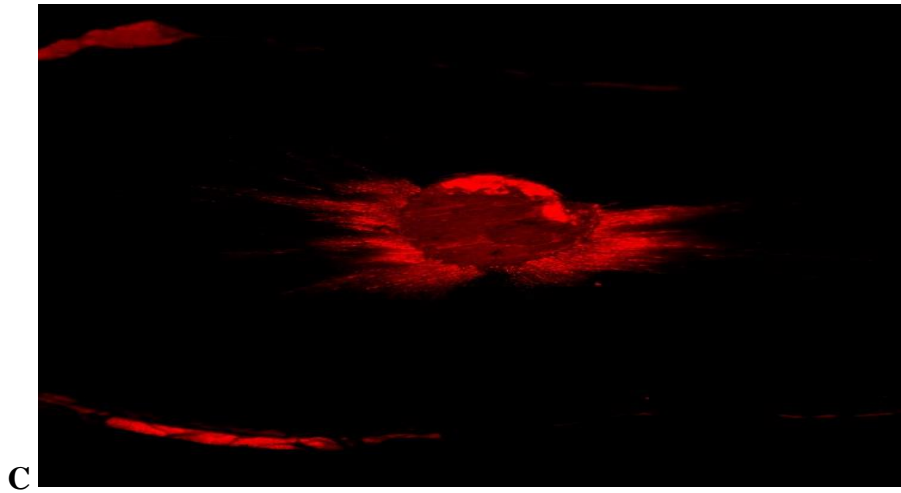
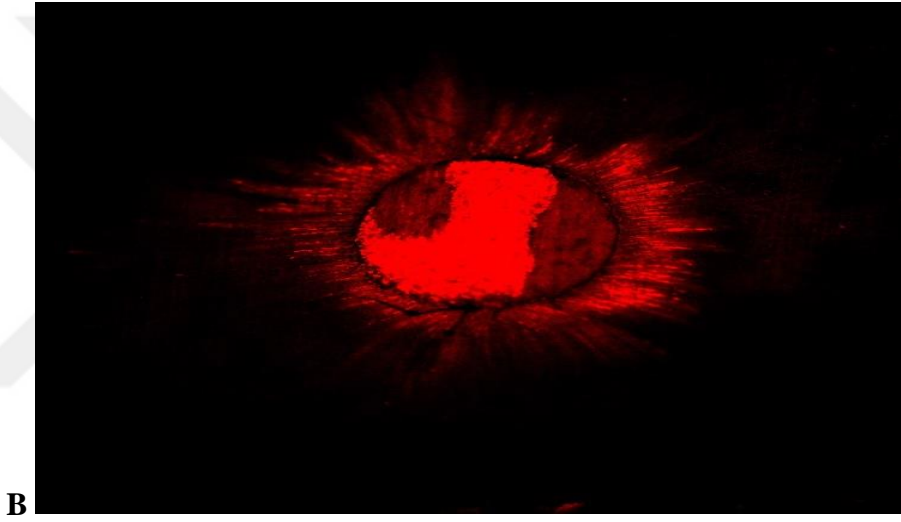
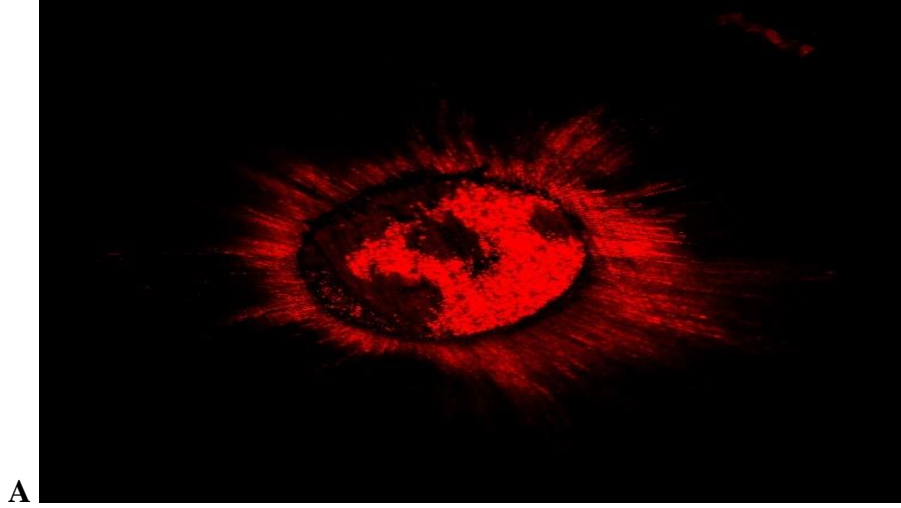
Şekil 4.6 LK-NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



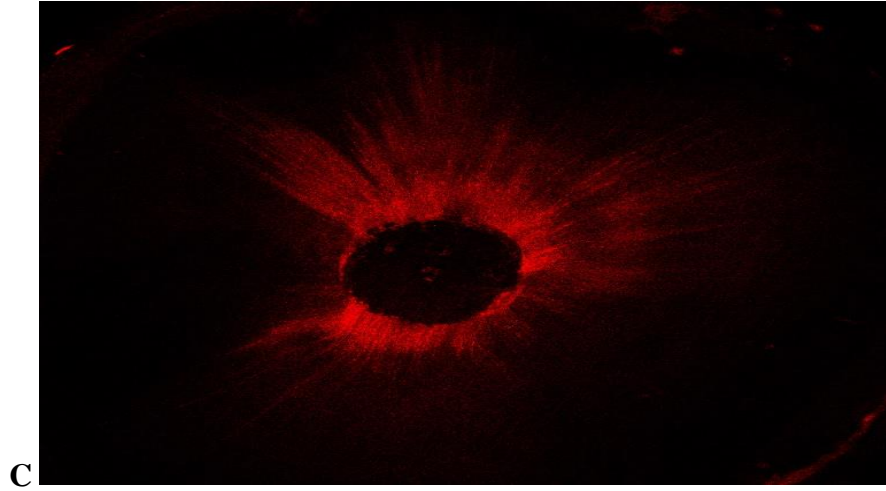
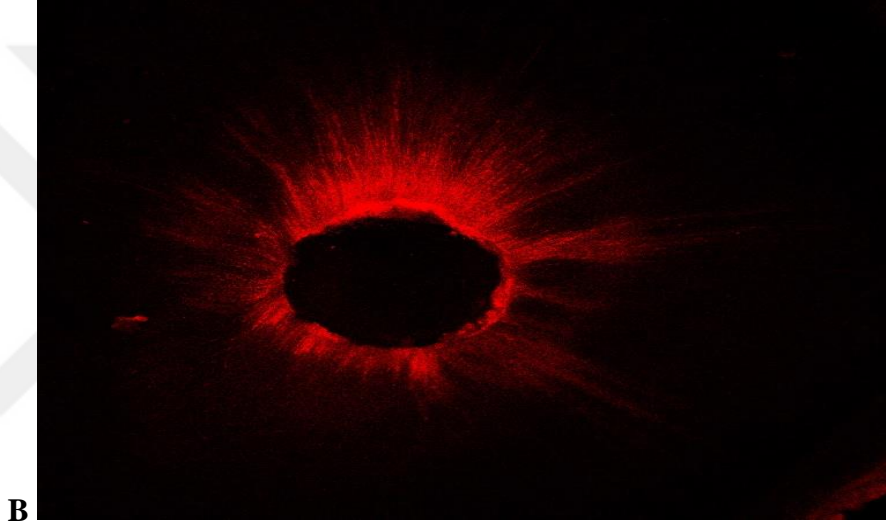
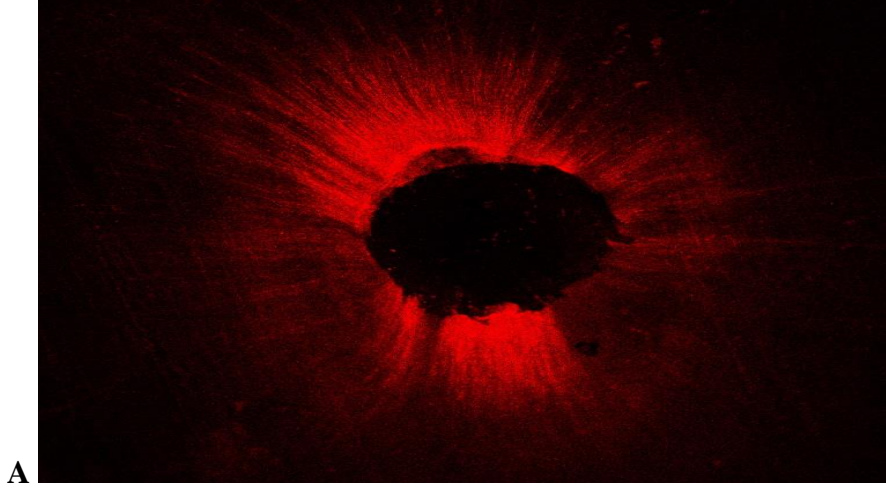
Şekil 4.7 LK-MDA grubunda, A; koronal B ;orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



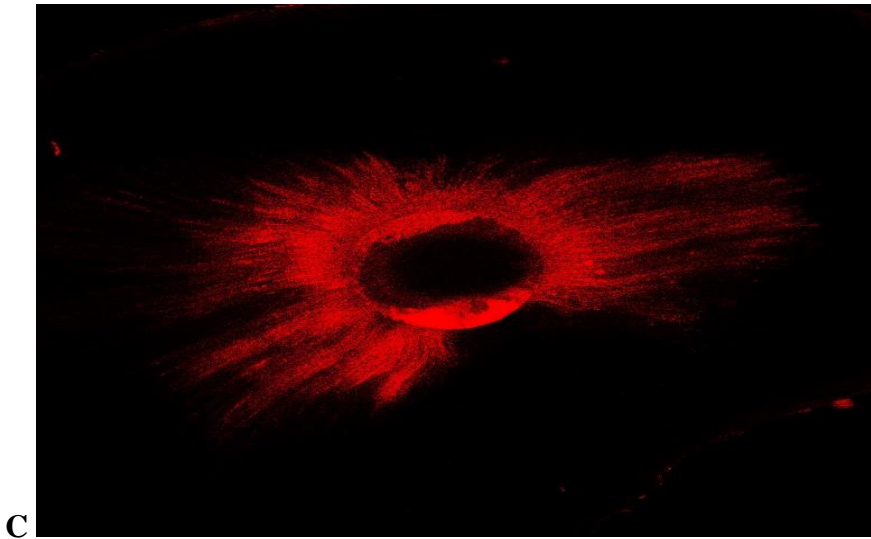
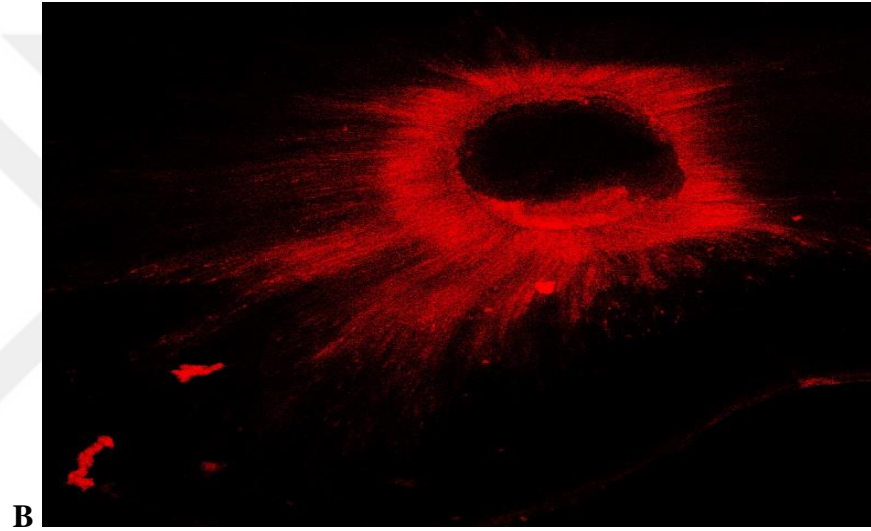
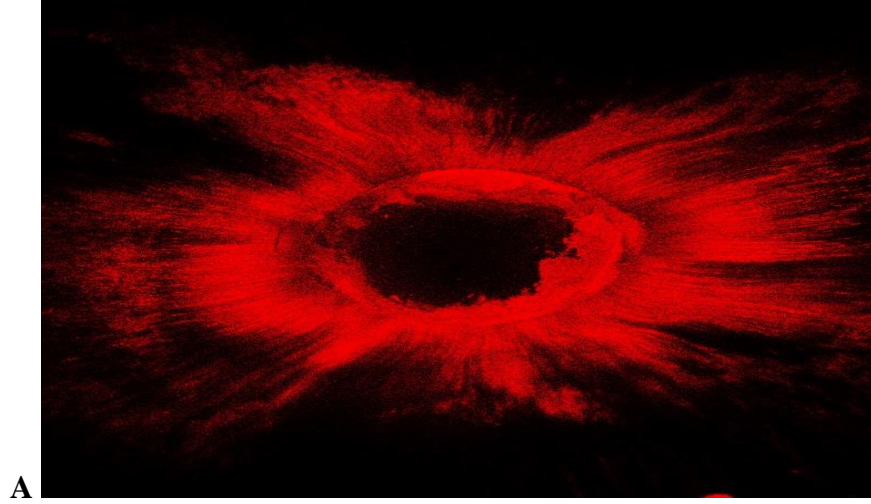
Şekil 4.8 LK- EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



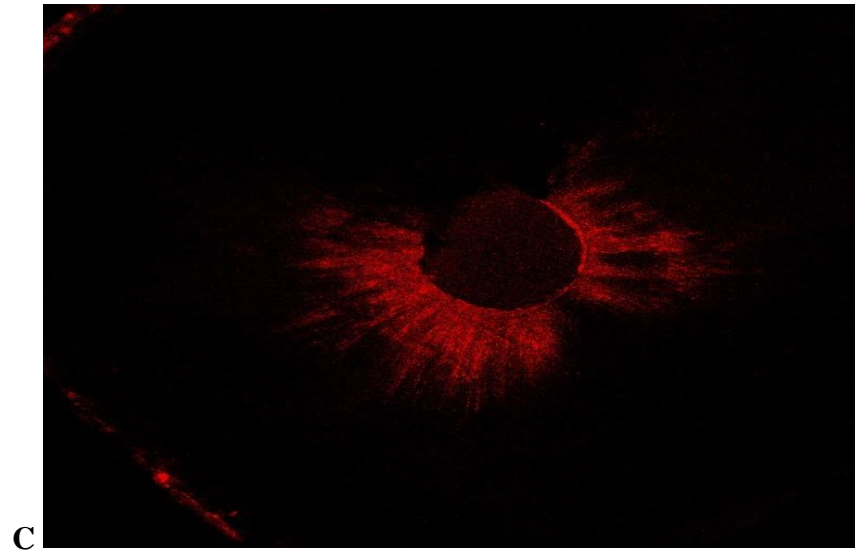
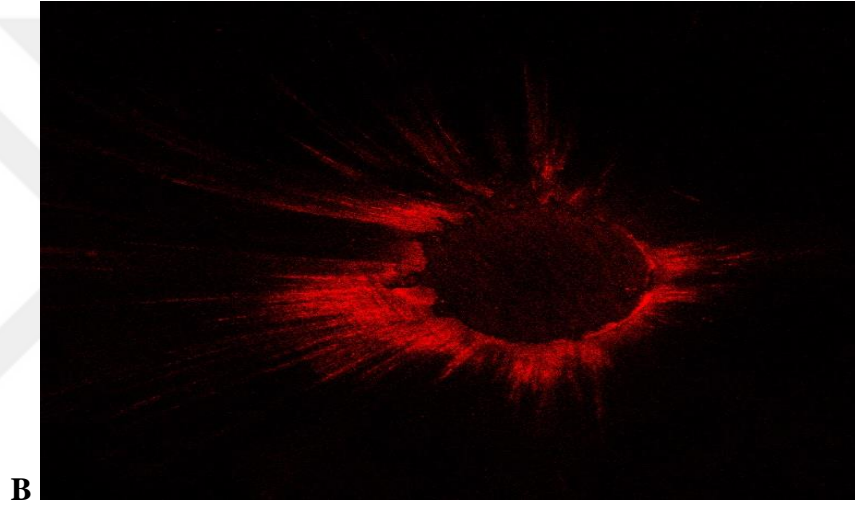
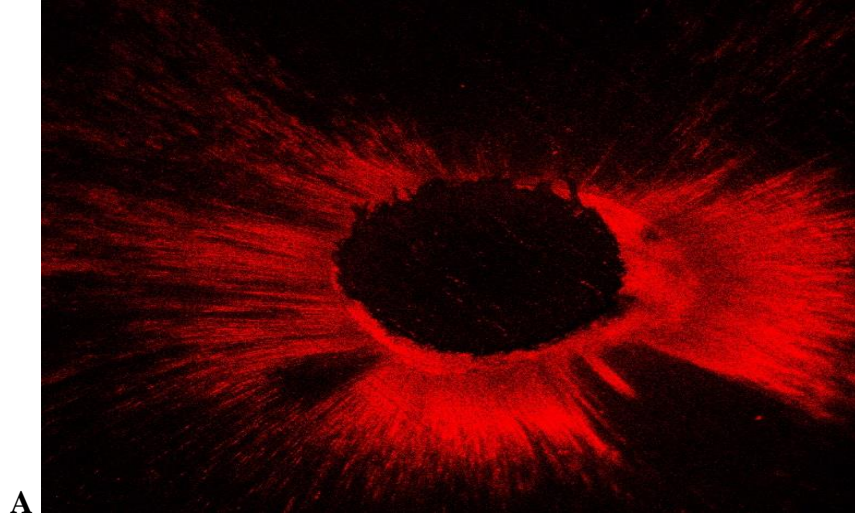
Şekil 4.9 LK- PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



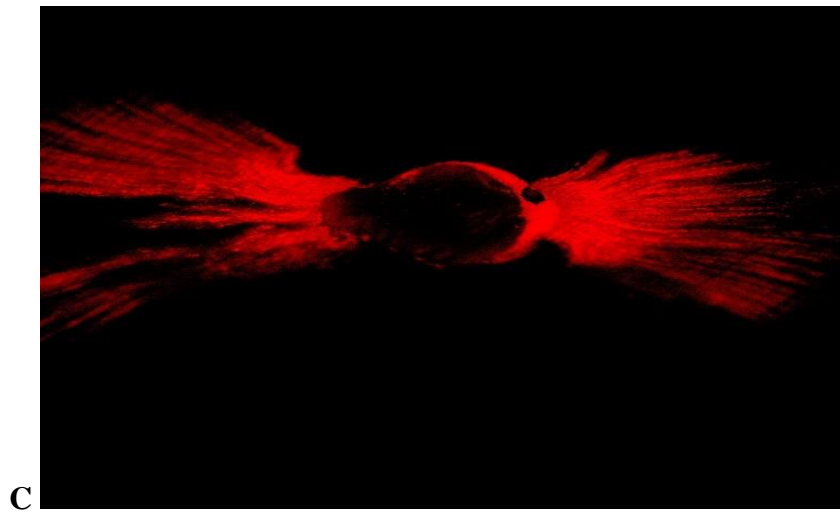
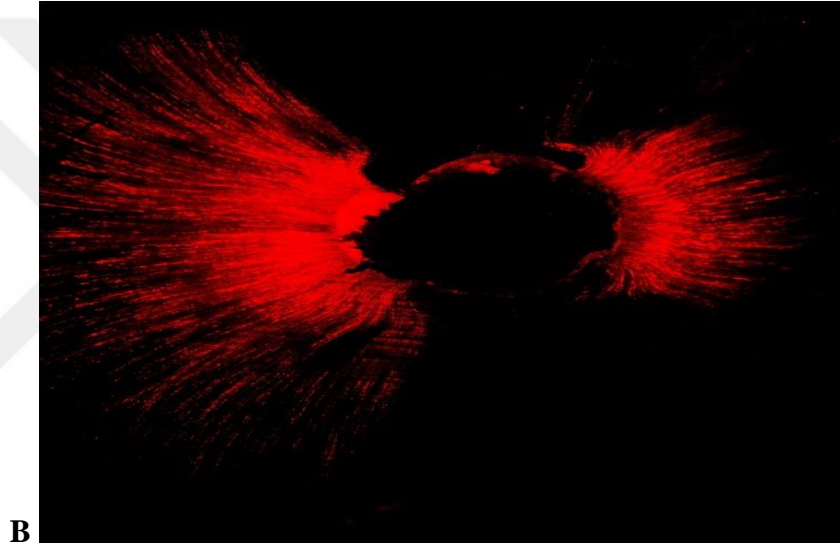
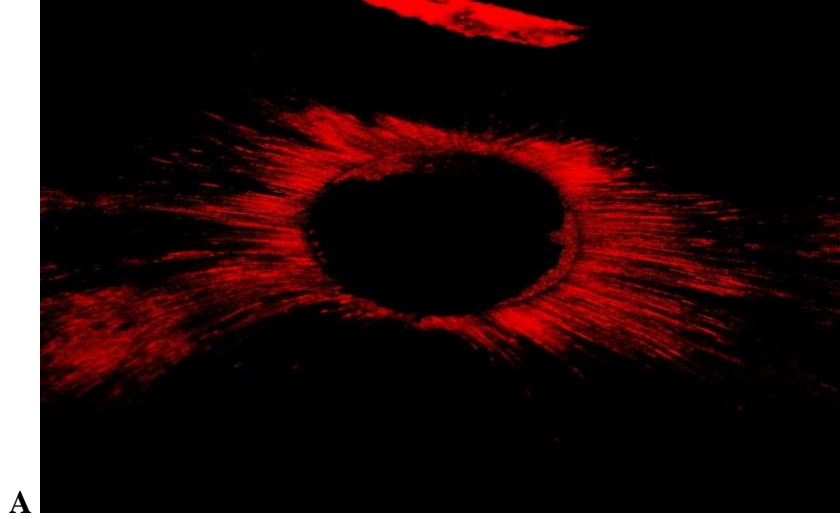
Şekil 4.10 TK-NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



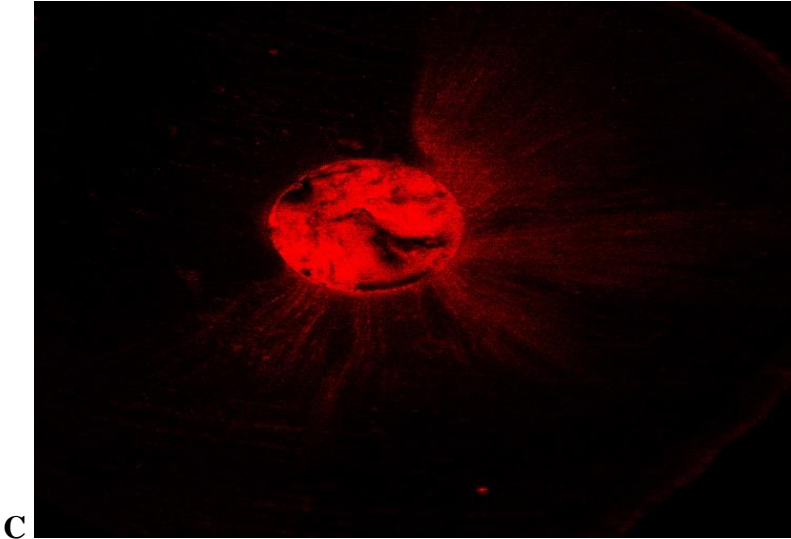
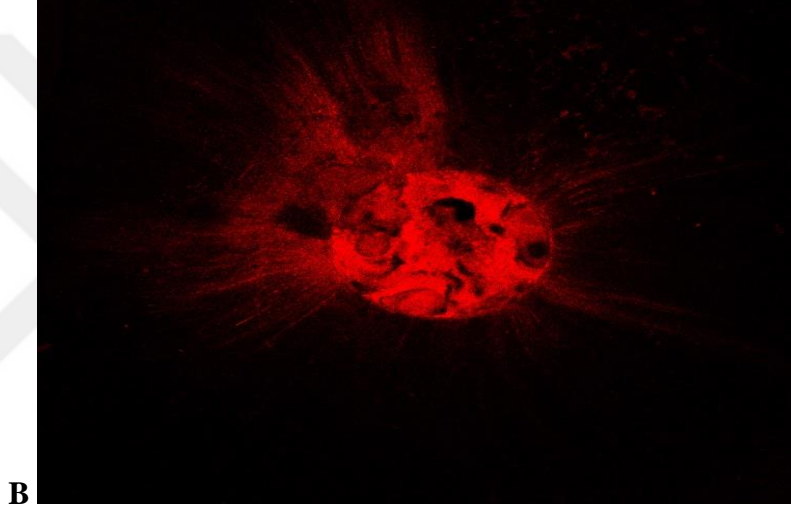
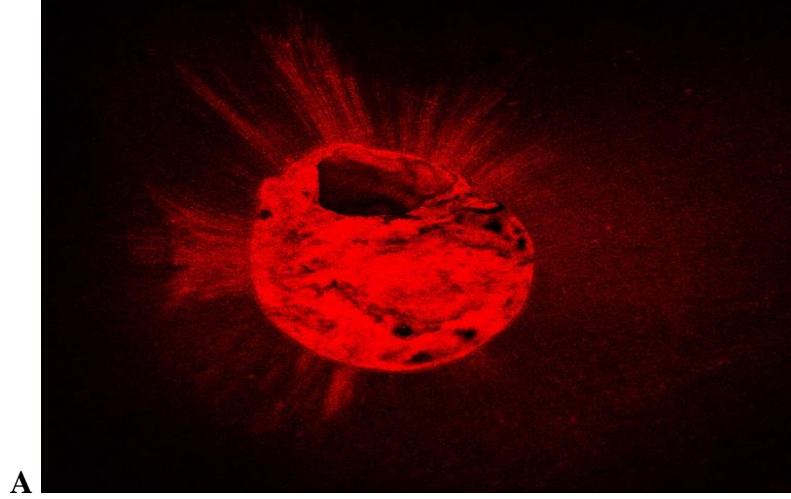
Şekil 4.11 TK-MDA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



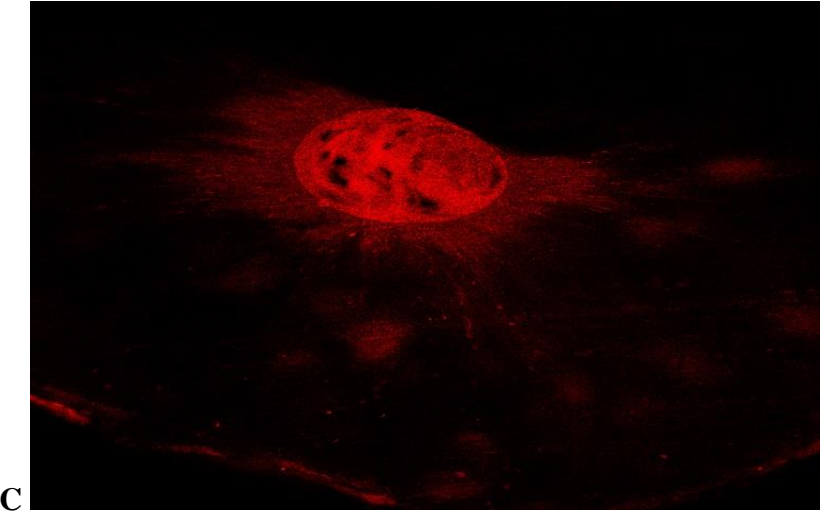
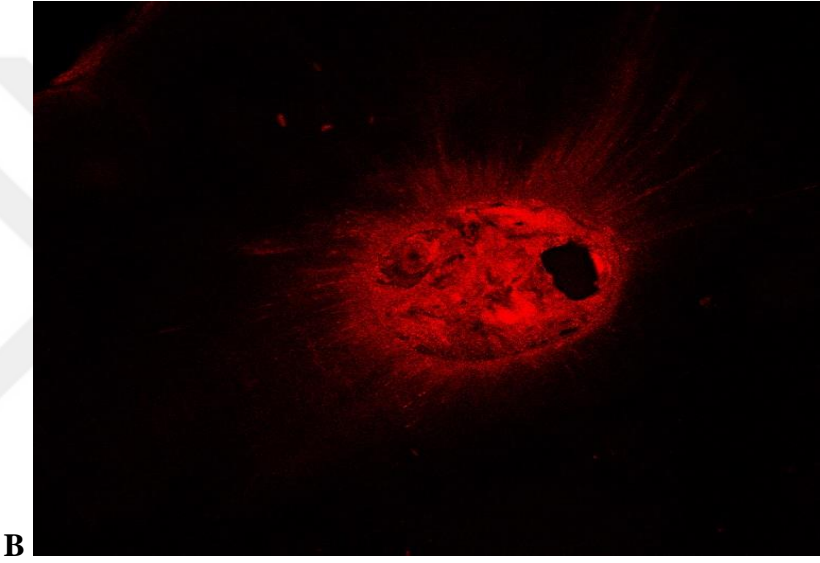
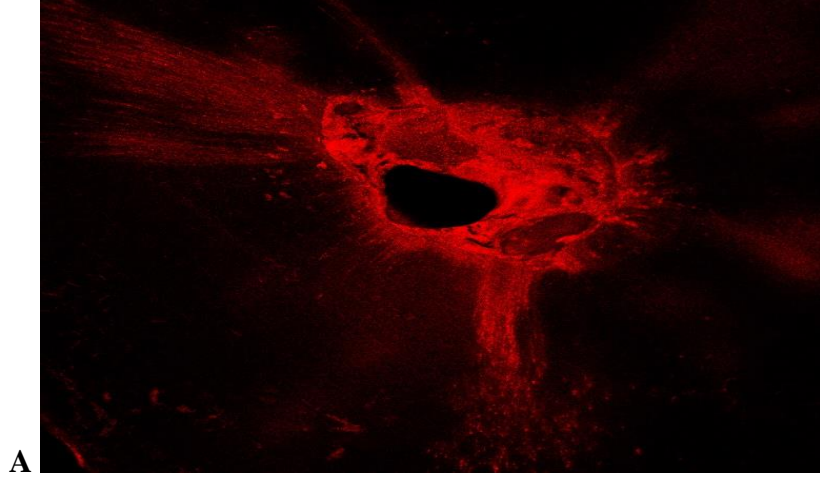
Şekil 4.12 TK-EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden CLSM görüntüleri (4X).



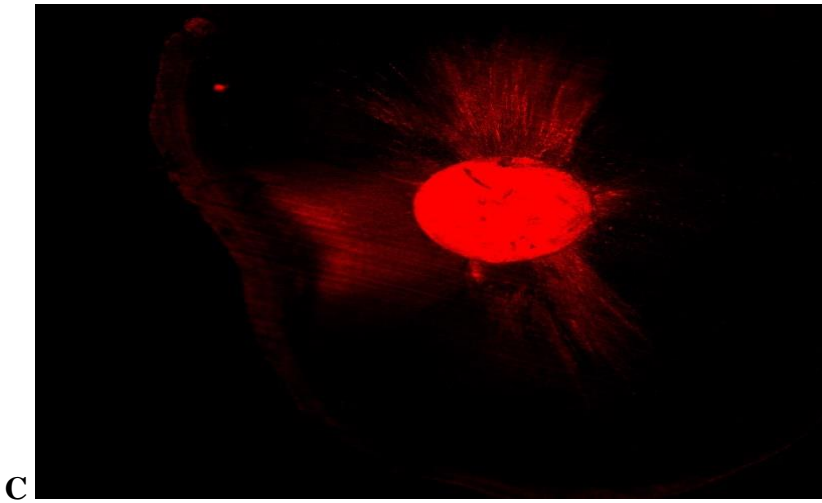
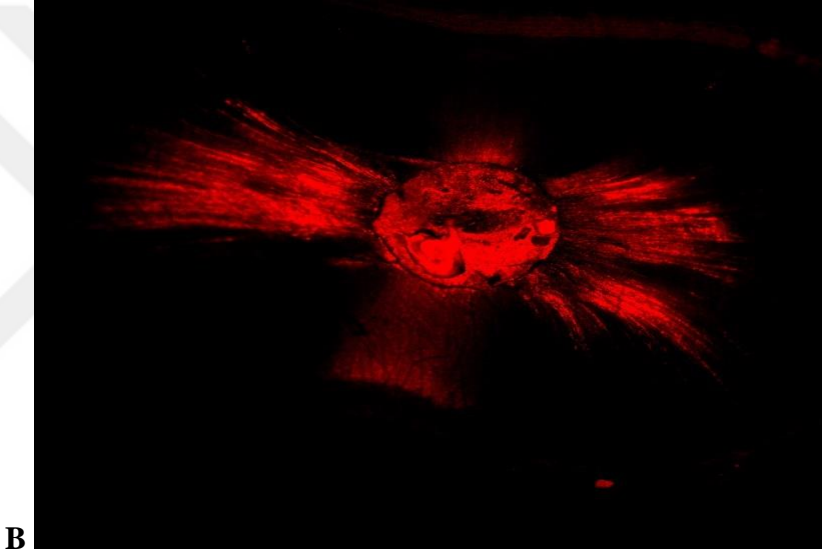
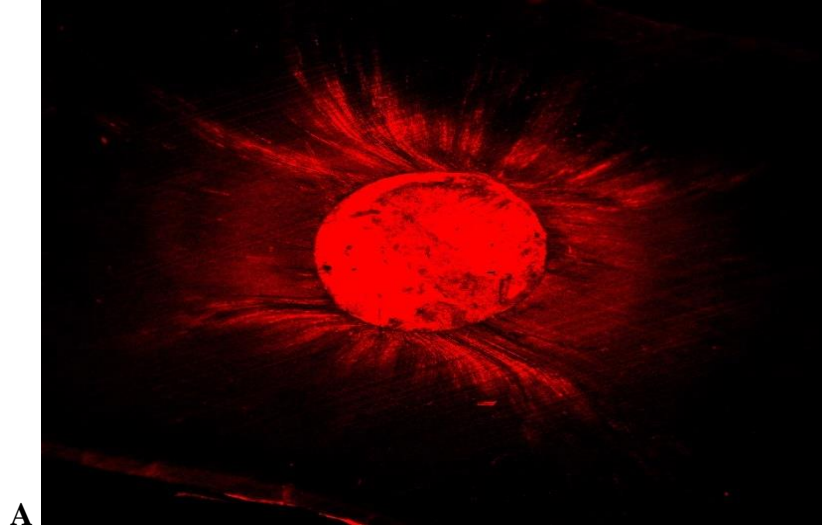
Şekil 4.13 TK-PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



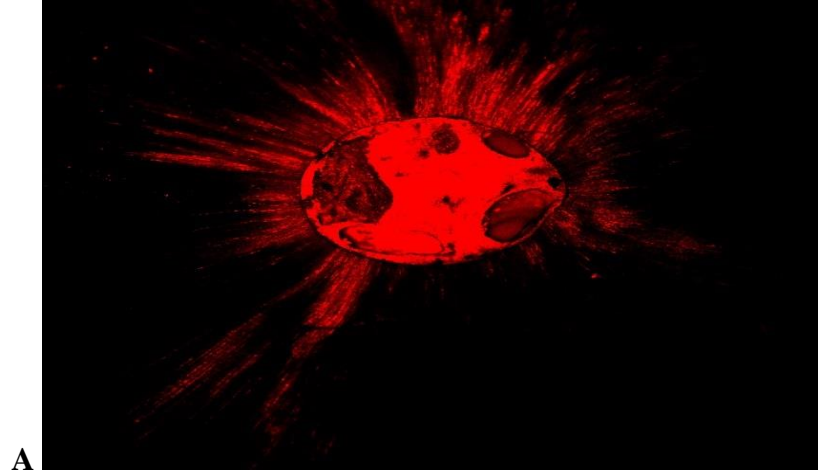
Şekil 4.14 Pat- NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



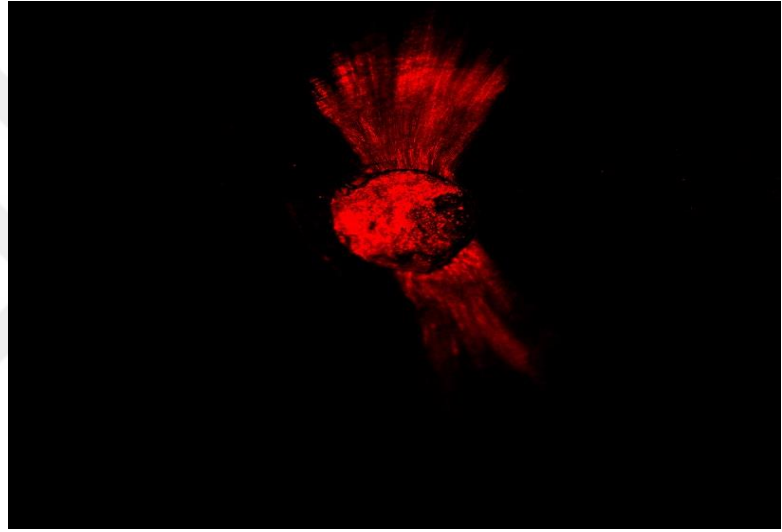
Şekil 4.15 Pat- MDA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden CLSM görüntüleri (4X).



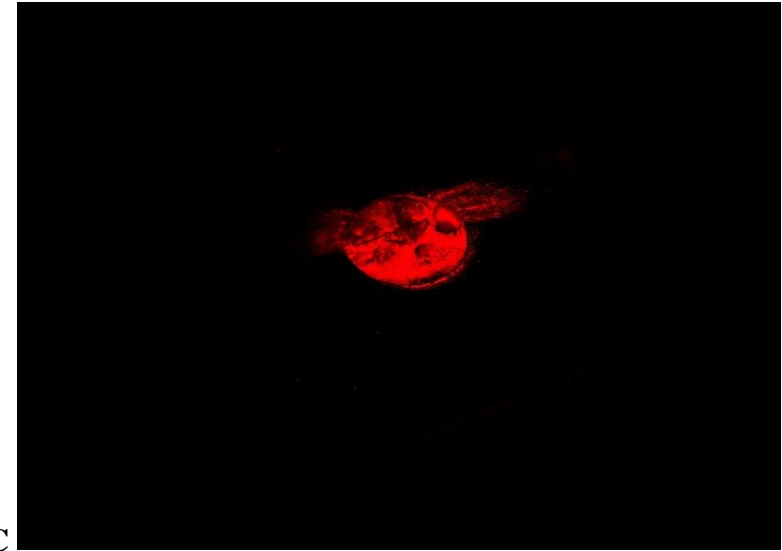
Şekil 4.16 Pat-EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden CLSM görüntüleri (4X).



A

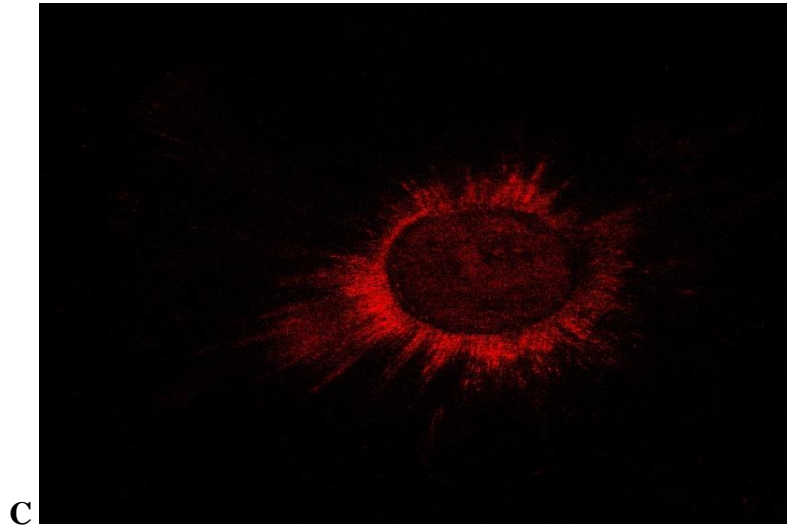
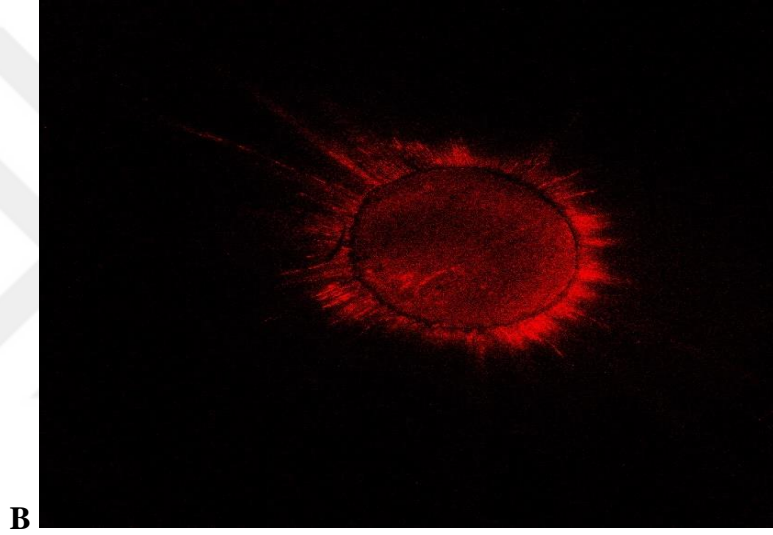
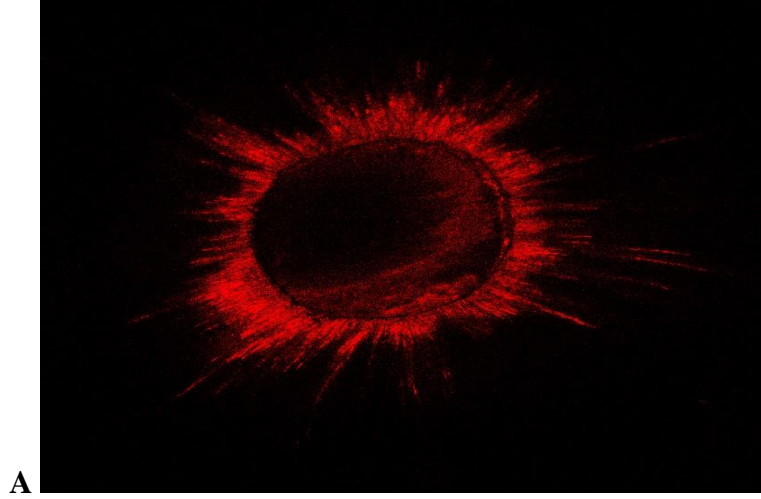


B

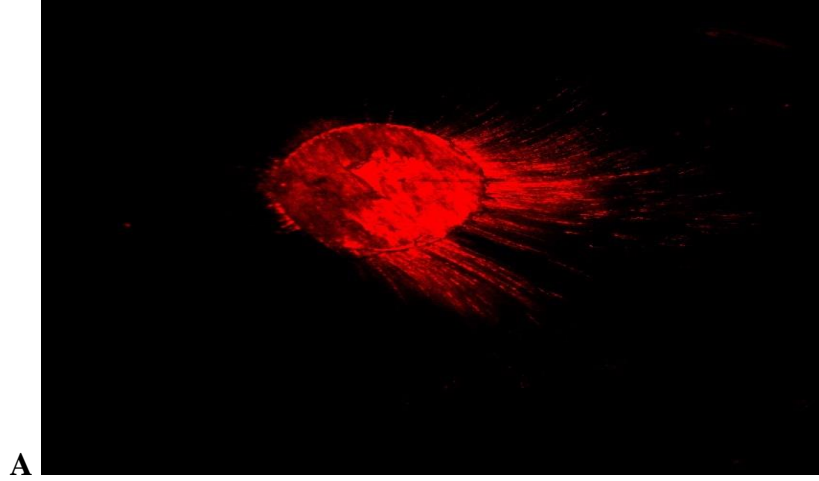


C

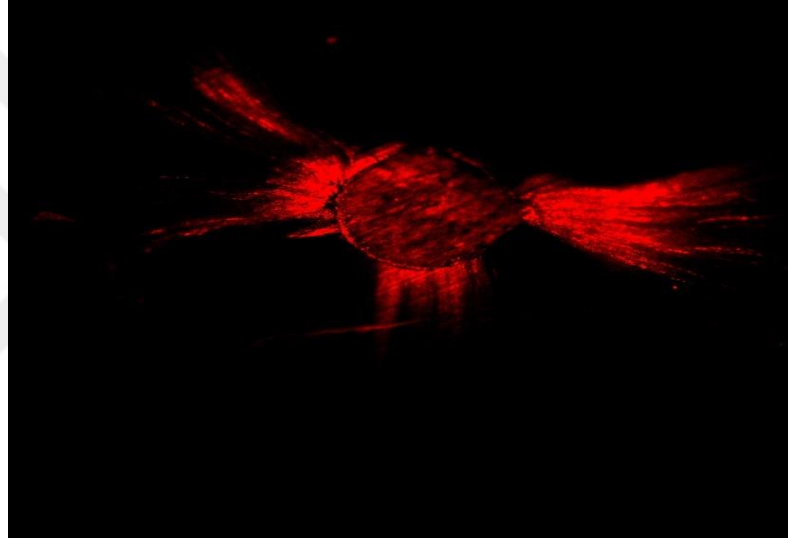
Şekil 4.17 Pat- PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



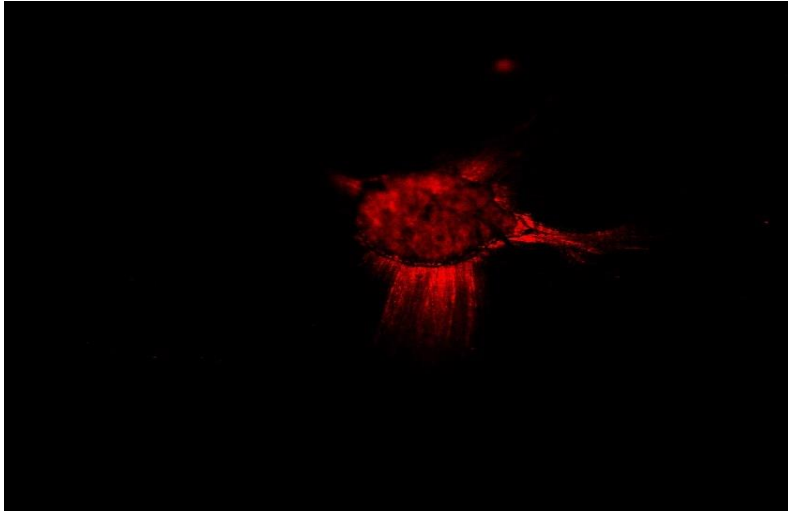
Şekil 4.18 Elements- NA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden CLSM görüntüleri (4X).



A

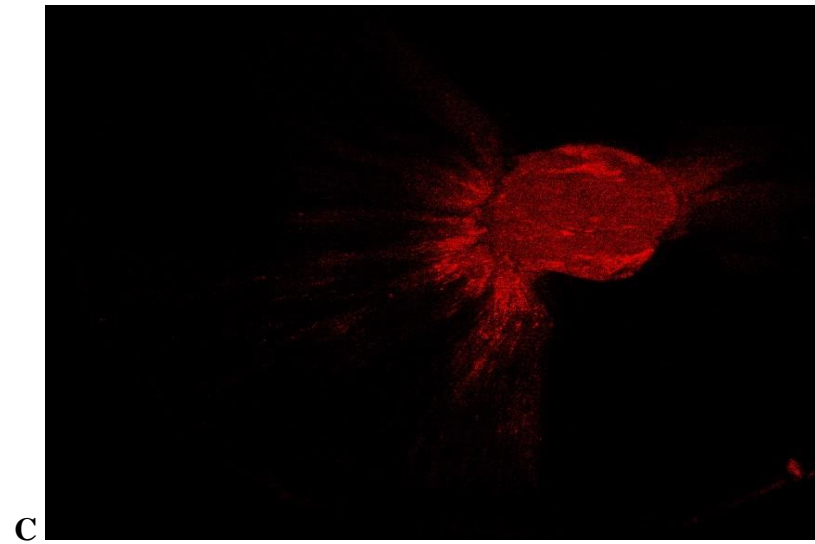
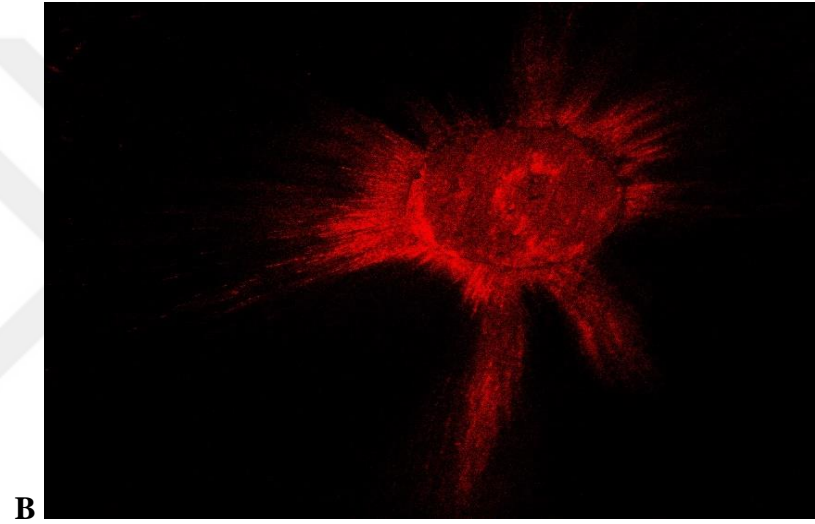
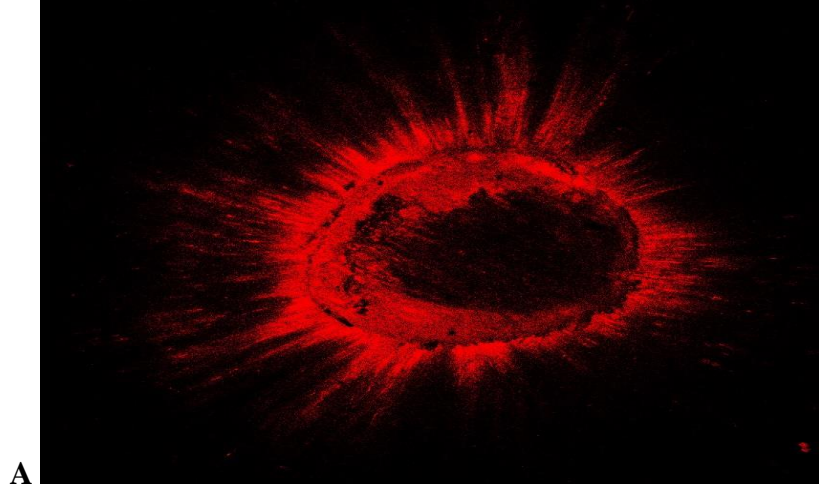


B

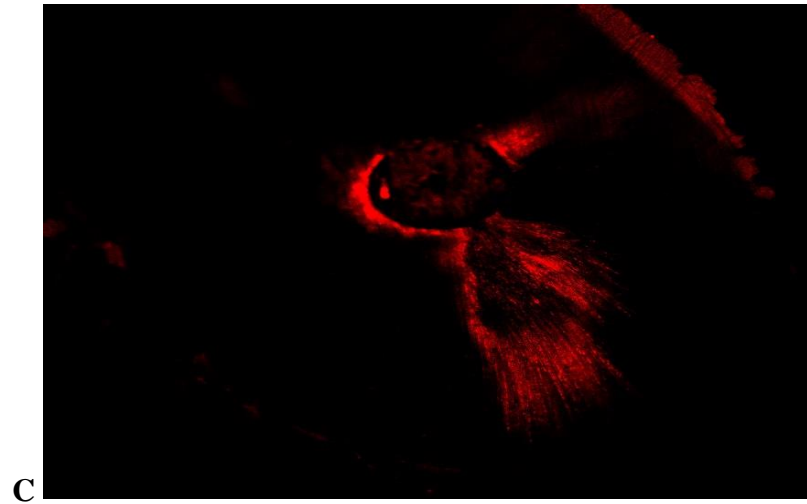
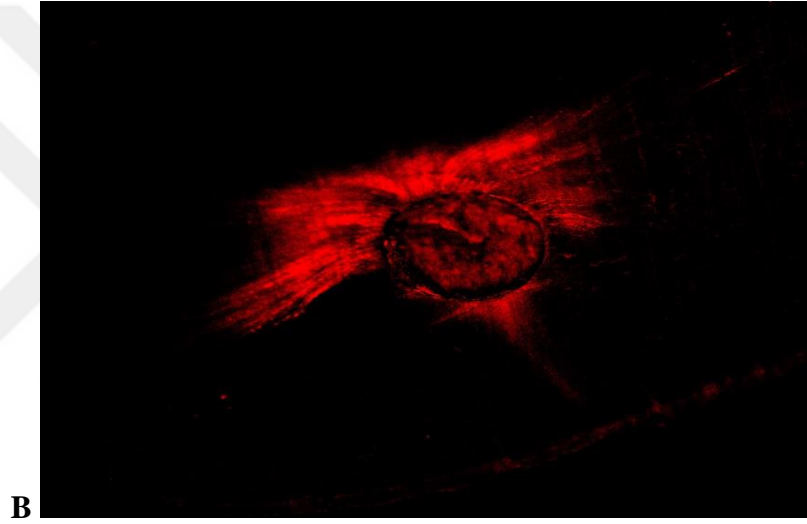
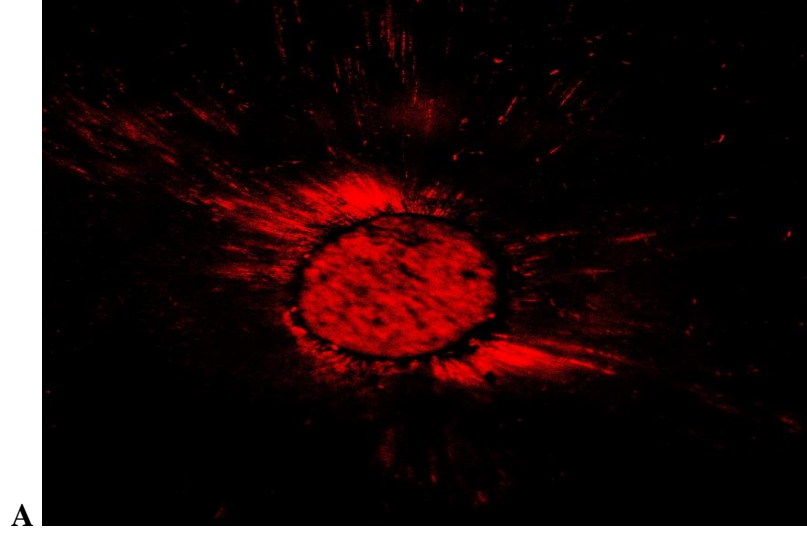


C

Şekil 4.19 Elements-MDA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden CLSM görüntüleri (4X).



Şekil 4.20 Elements-EDDY grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden alınan CLSM görüntüleri (4X).



Şekil 4.21 Elements-PUA grubunda, A; koronal B; orta C; apikal dentin kesitlerinden CLSM görüntüleri (4X).

5. TARTIŞMA

İdeal bir kök kanal tedavisinin temelinde; kanal boşluğunun şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve 3 boyutlu olarak doldurulması yer almaktadır (302). Giriş kavitesinin açılmasından obturasyona kadar ilerleyen her bir aşama kendi içerisinde tedavinin uzun dönem başarısında kritik role sahiptir. Biyomekanik preparasyonu tamamlanan kök kanalının hermetik olarak kapatılamaması veya dolum sırasında apikal tıkaçın sağlanamaması tedavinin sonucunu olumsuz yönde etkileyecek ve başarı oranını düşürecektir (2).

Kök kanal sistemi dentin tübülleri, kanal içi düzensizlikler, oluklar, lateral kanallar ile çok karmaşık bir yapı sergileyebilir. Bu kompleks morfolojinin preparasyonu ve dezenfeksiyonu kadar tamamen doldurulması da zordur ve çoğu zaman bu alanların bazılarını doldurabilecek tek materyal kanal patı olabilir. Sızıntı ve tekrar enfeksiyonu önleyecek hermetik bir tıkama elde edebilmek için kök kanal duvarları gütta-perka kon uygulanmasından önce tamamen pat ile kaplanmalıdır (303).

DeDeus ve ark. kök kanal patının dentin tübüllerine penetrasyon kabiliyetinin, bir kanal dolum tekniğinin veya dolum için kullanılan bir materyalin bir diğerine üstün olduğunun bir kanıtı olarak gösterilemeyeceğini bildirmiştir. Ayrıca patların dentin tübül penetrasyonları ile sızdırmazlık kabiliyetleri arasındaki ilişki doğrulanamamıştır (194). Öte yandan patın dentin tübüllerine penetrasyonu istenen bir sonuçtur. Çünkü; bu sayede kor materyali ile dentin arasındaki bağlantı arayüzünün arttırılabileceği ve oluşturulan mekanik kilitleme ile kök kanal dolgusunun tutuculuğuna katkı sağlanabileceği bildirilmiştir (304). Ayrıca patın tübül penetrasyonu sayesinde tübüller içinde kalmış olabilen herhangi bir artık bakterinin o bölgede hapsedilmesi ve bakteri ile daha yakın bir temas sağlanacağından patın antibakteriyel etkinliğinin arttırılabileceği de ifade edilmiştir (179).

Patların dentin tübülü penetrasyonunu etkileyen bir çok faktör mevcuttur. Bunlar; smear tabakasının mevcudiyeti (267-271), kök kanal dolumu için kullanılacak patların film kalınlığı, viskozitesi, akıcılığı (272, 305), yüzey aktiviteleri ve sertleşme reaksiyonu (34, 272) gibi fizikokimyasal özellikleri, kök kanal morfolojisi (264,275),

dentin tübüllerinin çapı ve yoğunluğu (272, 273) ve kullanılan obturasyon tekniği (22, 274) şeklinde ifade edilebilir. Patın dentin tübül penetrasyonunun arttırılmasında rol oynayabileceği düşünülen bir başka faktör ise kök kanal temizliği ve dezenfeksiyonunda kullanılan irrigasyon solüsyonlarının ve kullanılacak kök kanal patının aktivasyonudur. İrrigasyon solüsyonlarının çeşitli yöntemler kullanılarak aktive edilmesi (276, 287, 306) ile elde edilen başarılı sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda aynı tekniklerin patların aktive edilmesinde kullanılabileceği ve bu sayede patın dentin tübül penetrasyonu ve kanal içi adaptasyonunun artabileceği düşüncesi ön plana çıkmıştır.

Kök kanal tedavisi esnasında kullanılan dolgu materyalleri veya tekniklerinin etkinlikleri karşılaştırılırken; kök kanalının simüle edildiği rezin bloklar (26, 192, 307) çekilmiş insan dişleri (31, 32, 207, 308) veya hayvan dişleri (309, 310) kullanılarak değerlendirmeler yapılabilmektedir. Klinik koşulların daha gerçekçi olarak yansıtılması ve daha tutarlı sonuçlar ortaya çıkarabilmesi sebebiyle sıklıkla çekilmiş insan dişleri kullanılmaktadır. Biz de çalışmamızda 176 adet tek köklü ve tek kanallı, çekilmiş maksiller anterior insan dişi kullandık. Obturasyondaki farklılıkların önüne geçebilmek adına yuvarlak kanal morfolojisi olan örnekler seçildi ve her bir örneğin kök boyu 15 mm olacak şekilde standart hale getirildi.

Kök kanal tedavisinde apikal preparasyonun nihai boyutu ve preparasyon için kullanılan aletlerin artan koniklik derecesi, kanal debridmanı ve irrigant akışının sağlanması üzerinde etkili olabilir. Sağlanması gereken minimum apikal preparasyon boyutu veya konikliği konusunda bir fikir birliği olmamasına rağmen, düz kök kanallarında, hem pozitif hem de negatif basınçlı irrigasyon sistemlerinde ISO #35 veya #40 enstrümantasyon boyutunun yeterli bir irrigant hacmini kullanabilmek için uygun olduğu belirtilmiştir (311, 312). Biz de çalışmamızda kanal preparasyonu ve irrigasyonun etkinliğini arttırabilmek için tüm örneklerin apikal çapı 0.40 olacak şekilde preparasyonda NiTi Protaper Next döner eğer sistemini (X1-X2-X3-X4) kullandık.

Çalışma için kullanılan kök kanal patının miktarı, pat aktivasyonunda kullanılan aletlerin çalışma uzunluğu ve aktivasyon süreleri oluşabilecek hataları en aza indirmek için standardize edildi.

Kök kanal sistemi bir bütündür ve kullanılan bir materyalin ya da bir tekniğin kök kanalının sadece bir bölgesinde başarı göstermesi tedavinin başarısı için tek başına yeterli bir özellik değildir. Bu sebeple çalışmamızda kök kanalının bütünü üzerindeki etkisini yansıtabilmesi açısından her üç bölgeden birer kesit alarak (koronal-orta-apikal) pat aktivasyonu ve kök kanal dolum tekniklerini karşılaştırdık.

Yapılan bir çok çalışmada patın penetrasyon yüzdesi ve derinliğinin; kök kanal dolum tekniği veya pat aktivasyon tekniğinin yanısıra farklı fiziksel ve kimyasal özellikteki pat gruplarına göre de farklılık gösterebileceği belirtilmektedir (49, 101, 204).

AH Plus; yüksek bağlanma dayanımına, düşük çözünürlük özelliğine ve uzun vadeli boyutsal stabiliteye sahiptir. Ayrıca, düşük partikül boyutu, ince film kalınlığı ve antimikrobiyal aktivitesi sayesinde altın standart olarak kabul edilmiş ve bir çok çalışmada kontrol grubu olarak kullanılmıştır (20, 21, 22, 155, 182). AH Plus'ın enjektör içerisinde karışıma hazır olarak sunulan formunda el ile karıştırmaya ihtiyaç duyulmadığından doğru oranda ve daha homojen bir karışım elde edilebilmesi mümkündür. Bu sebeple biz de çalışmamızdaki tüm deney gruplarında "AH Plus Jet" patını tercih ettik ve her bir grup için eşit miktarda (0.05ml) pat kullandık. Böylelikle farklı pat gruplarının fizikokimyasal özelliklerinden ya da pat miktarının eşit kullanılmamasından kaynaklanabilecek farklılıkların önüne geçilmesi amaçlandı.

Kök kanal tedavisinde amaç; sadece kanal boşluğunu doldurmak değildir. Lateral kanallar, kanal içi defektler ve dentin tübüllerinin tamamen tıkanması da oldukça önemlidir. Ulaşılması zor olan bu bölgelerin temizlenmesi ve sızdırmaz bir şekilde doldurulması için irrigasyon solüsyonlarının yanısıra kullanılan patların da aktive edilmesi gündeme gelmiştir ve günümüze kadar patın kök kanalına yerleştirilmesi/aktivasyonu için kullanılacak birçok yöntem savunulmuştur. Bunlara; ana güta-perka konlar (191), kağıt konlar (192), reamer, spreader ya da el eğeleri kullanılarak uygulanan manuel dinamik aktivasyon (49), EZ-Fill cihazı (2,

193), saatin tersi yönünde döndürülerek kullanılan el eğeleri (194) ya da döner eğe sistemleri (31, 195), sonik veya ultrasonik enerji ile çalıştırılan farklı sistemler (195) örnek olarak gösterilebilir.

Sonik veya ultrasonik cihazlar yardımı ile uygulanan aktivasyonun temeli üretilen akustik enerjinin iletilmesine dayanır, böylece aktive edilen irrigasyon solüsyonu ya da patın akış hızlarının artırılması ve karmaşık kök kanal sistemi içinde homojen bir dağılım sergilemesi hedeflenir (200).

Şimdiye kadar, sonik enerji titreşimlerinin ürettiği mikro-akım etkisi ile çalışan birçok irrigasyon cihazı tanıtılmıştır. Bunlar içerisinde; "Rispisonik ve Shapersonik (Micro-Mega, Besancon, Cedex, Fransa)" eğeleri (313), "Vibringe (Vibringe B. V. Corp, Amsterdam, Hollanda)" iğne uçları (314) ya da tek kullanımlık polimer uçlara sahip "EndoActivator (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre)" cihazı sayılabilir (315). Ayrıca bahsi geçen bu cihazların pat aktivasyonu için kullanılarak etkinliklerinin değerlendirildiği farklı çalışmalar da mevcuttur (32, 49, 195, 204).

Arslan ve ark. (32) 30 gauge'lık bir sonik vibringe eğesini kullanarak (150 Hz) rezin içerikli kök kanal patını 10 sn aktive ettikleri çalışmalarında sonik aktivasyon ile aktive edilen grupların pat aktivasyonu yapılmayan gruba oranla lateral kanallarda daha fazla pat penetrasyonu oluşturduğunu ancak bu penetrasyon değerlerinin ultrasonikle aktive (10 sn 3 güç ayarında) gruptan daha az olduğunu bildirmişler. Bununla birlikte çalışma uzunluğundan farklı mesafelerdeki pat penetrasyon derinliğinde bir farklılık gözlenmemiştir. Ultrasonik cihazların (25-40 kHz) daha etkili sonuçlar vermesinde sonik sistemlere (10 kHz'e kadar) oranla daha yüksek bir frekansta çalışıyor olmalarının etkili olabileceği belirtilmiştir (32).

Hegde ve ark. (49) patın sonik olarak aktive edilmesinde 25.04 EndoActivator uçlarını 20 sn boyunca kullandıkları çalışmalarında dentin tübülü penetrasyon yüzdesi ve derinliğinin manuel dinamik aktivasyon ile aktive edilen gruba oranla daha fazla arttığını ancak bu penetrasyon değerlerinin ultrasonik aktivasyon yapılan gruba kıyasla daha düşük olduğunu belirtmişler.

Nikhil ve ark. (195) pat aktivasyonu ile dentin tübülü penetrasyon yüzdesi ve derinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında, Endoactivator uçlarını kullandıkları (5 sn) sonikle aktive grubun lentülo spiral ve ultrasonikle aktive edilen gruplara oranla en düşük değerleri gösterdiğini ifade etmiştirler.

EDDY (VDW, Münih, Almanya); EndoActivator'e benzer şekilde kesmeyen, esnek, polimer yapıdaki uçları sayesinde kanal duvarına istenmeyen bir temas durumunda dahi kök dentininin korunmasını sağlayan bir başka sonik aktivasyon cihazıdır. Ancak alışma frekansları farklılık göstermektedir. Bu değerler EndoActivator için 160-190 Hz (316) iken EDDY için 6000 Hz kadardır (317, 318).

Biz mevcut çalışmamızda güncel bir sonik aktivasyon cihazı olan EDDY (VDW, Münih, Almanya)'yi kullandık. Ancak şimdiye kadar EDDY'nin pat aktivasyonu kapsamında değerlendirildiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu sebeple EDDY ile pat aktivasyonu sonucu elde ettiğimiz verileri başka bir çalışma ile direkt olarak karşılaştırabilmemiz mümkün olmamıştır. Çalışmamızda farklı obturasyon tekniklerinin uygulandığı EDDY ile aktive edilen gruplarda; dentin tübülü penetrasyon değerleri (yüzde-alan-derinlik) patın aktive edilmediği gruplara kıyasla istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Pat aktivasyonu için sonik sistemlerin kullanıldığı diğer çalışmalarla oluşan farklılıklar farklı uç tasarımları, değerşen frekans değerleri ve aktivasyon srelerinden kaynaklanıyor olabilir.

Klinik olarak, psödoplastik bir patın kanala hızlı bir şekilde yerleştirilmesi veya aktive edilmesi patın viskozitesini azaltıp, akışkanlığını arttıracadı belirtilmektedir (31). Bu bilgi temelinde; çalışmamızda aktivasyonun yapılmadığı kontrol grubu haricinde pat aktivasyonunda; sonik aktivasyon için 25.04 EDDY uçları, pasif ultrasonik aktivasyon için İrrisafe uçları ve geleneksel ve basit bir yöntem olan manuel dinamik aktivasyon için kanalın nihai boyutuyla uyumlu Protaper X4 güta-perka konları kullanıldı. Pat aktivasyonu ile sağlanan dentin tübülü penetrasyonu ve bağlanma dayanımları karşılaştırıldı. Çalışmamızda ayrıca Guinesi ve ark. ile (191) benzer şekilde kanal patı aktivasyon yöntemlerinin farklı kök kanal dolum teknikleri ile birlikte uygulandıklarında tübül penetrasyonu ve bağlantı dayanımı değerlerini farklı etkileyebileceği düşüncesiyle kök kanal dolumlarında; kor materyalinin patın

yer değiştirmesine etkisini doğrulamada kullandığımız sadece pat ile doldurulan kontrol grupları dışında; klinik kullanımda sıklıkla tercih edilen lateral kondensasyon, tek kon ve devamlı ısı ile obturasyon tekniklerini kullandık.

Çalışmamızda kullanılan tüm gruplar dolunun kalitesine etki edebileceğini dūřündüęümüz 4 farklı parametre altında değerlendirildi. Bunlar: penetrasyon yüzdesi, penetrasyon alanı, penetrasyon derinliği ve bağlanma dayanımıydı.

Dentin tūbūl penetrasyonu deęerlendirmelerinde řimdiye kadar ışık mikroskobu (22, 274), SEM, TEM (Transmisyon elektron miroskobu), Stereomikroskop (27, 32, 206) ve CLSM (30, 195, 276) gibi birçok yöntem denenmiřtir. Biz de çalıřmamızda dentin tūbūl penetrasyonu deęerlendirmeleri için CLSM'yi kullandık.

Işık mikroskobu ile yapılan değerlendirmelerde pat ile radikūler dentinin birbirinden ayırt edilmesinin mūmkūn olmadığı belirtilmiştir (272). SEM ile yüksek büyütmelerde elde edilen görüntülerde pat ve dentinal tūbülleri detaylı bir şekilde izlenebilir ancak; düşük büyütmelerde aynı ayrıntılı görūř elde edilememektir; bu da yapılacak analizi zor hale getirmektedir. SEM ile yapılacak analiz için numunelerin hazırlanması sırasında artefakt oluşumu muhtemeldir. Çünkü; numunelerin inceleme öncesi dehidratasyonu ve ince bir tabaka altın ile kaplanması gerekir (64). Ayrıca SEM ile değerlendirilecek diř örnekleri inceleme öncesi, nemden arındırılmaları için bir fırında kurutma işlemine tabi tutulurlar dahası alkole batırılmaları ve yüksek vakum uygulanması gerekir. Bu örnek hazırlama süreci kök kanal patı da dahil olmak üzere materyal kaybına neden olabilir (274).

CLSM dentin tūbūl penetrasyonunun değerlendirilmesinde tercih edilebilir bir yöntemdir çünkü; numunelerin zarar görmeden standart, tekrarlanabilir (194) ve üç boyutlu olarak görüntülenebilmesine olanak tanır (34, 299). CLSM, örneklerin inceleme öncesi herhangi bir özel işleme tabi tutulmasını gerektirmez ve çevresel koşullar altında değerlendirmeler yapılabilir. Örnekler inceleme sırasında nemli tutulabilir, kurutma işlemi gerekli olmadığından örnek üzerinde büzölme artefaktı oluşma potansiyeli düşüktür ve yüzey altı örnek tahrip edilmeden analiz edilebilir (36). Bununla birlikte, CLSM kullanırken, örnekler farklı derinliklerde görselleştirilebilir.

Kimyasal formülü $C_{29}H_{30}ClN_3O_3S$ olan Rhodamine B izotiyosiyanat floresan özelliğe sahip bir boyadır. Sıklıkla CLSM ve mikrobiyal sızıntı çalışmalarında kullanılır. Rhodamine, yüksek emme katsayısı seviyeleri ile mükemmel fotofiziksel özelliklere sahiptir. Rhodamine B izotiyosiyanat'ın endodontik patın kimyasal özelliklerini etkilemediği bildirilmektedir (319). CLSM görüntülemelerinde kullanılacak Rhodamin B miktarı önemlidir çünkü % 0.1'den fazla herhangi bir konsantrasyonun kullanılması örneklerin görüntülenmesini zorlaştıracak aşırı flüoresan etkiye sebep olduğu bildirilmektedir (299). Biz de çalışmamızda daha kaliteli görüntü elde etmek adına öncesinde yaptığımız pilot bir çalışma ile kullanılacak Rhodamin B miktarını ~ % 0.1 olarak belirledik ve uygulama öncesi hassas terazi ile ölçerek her bir örnek için eşit miktarda Rhodamin B kullandık.

CLSM yönteminde, yatay görüntü kesitlerinin üst üste binmesi, boş dentin tübüllerini gizleyerek, pat penetrasyonunu olduğundan fazla olarak gösterebilir (319). CLSM, mikro-BT verileri gibi hacim bilgisi vermez ve BT'ye kıyasla daha yıkıcı bir teknik olarak değerlendirilebilir (320). Bu özellikler ise CLSM yönteminin kısıtlamaları olarak gösterilebilir.

Dentin tübül penetrasyonu için önemli etkenlerden biri olan smear tabakasının kaldırılması ya da kaldırılmaması (267, 268) yönünde karşıt görüşler belirtilmiş olsa da çoğunluk smear tabakasının ortadan kaldırılması ile irrigasyon solüsyonlarının ve kök kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine nüfuz etmesinde olumlu bir etki yaratacağı görüşündedir (269-271). Biz de çalışmamızda pat penetrasyonu ve adaptasyonunu olumsuz yönde etkilebileceğini düşündüğümüz için 1 dk % 17'lik EDTA kullanarak smear tabakasını uzaklaştırdık.

Kök kanal patlarının dentin yapısına bağlanma dayanımı yeterli olursa restoratif işlemler ya da çiğneme fonksiyonu esnasında gelebilecek yükler karşısında kök kanal dolgu materyalinin dentinden ayrılma riski ve buna bağlı olarak gelişebilecek sızıntı ihtimali en aza indirilebilir ve bunun sonucunda endodontik tedavinin klinik başarısı devamlılığını korur (46). Kök kanal patının itme bağlanma dayanımı değeri, patın tipine, pata uygulanacak aktivasyon ya da obturasyon tekniğine bağlı olarak değişebilir bu nedenle, kök kanal dolgusunda oluşabilecek herhangi bir

bozulmaya karşı direnç gösterebilecek kritik bağlanma dayanımı değerinin belirlenmesi için araştırma ve karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir (321).

Smear tabakası uzaklaştırıldıktan sonra kök kanal patının dentin tübüllerine daha fazla penetre olması ve bağlanma dayanımı değerlerinin de artması beklenir. Ancak kök kanal dolgu patlarının bu koşullarda dahi tübüllere penetre olamama (322) durumu söz konusu olabilir ya da penetrasyon miktarı artmış olmasına rağmen bağlanma dayanımı değerleri artmayabilir (322, 323). Dentinal tübül penetrasyonunun kök kanal patlarının bağlanma dayanımı üzerinde sınırlı etkisi olduğu bildirilmiştir (301).

Kanal patlarının dentin tübülü penetrasyonları ve bağlanma dayanımları arasındaki muhtemel ilişki konusunda şimdiye kadar farklı değerlendirmelerde bulunan birçok çalışma mevcuttur. Jain ve ark. (324), dentinal tübüllerdeki pat penetrasyonu ile sağlanan mikromekanik tutuculuğun, kök kanal patlarının dentine bağlanmasını etkileyen önemli bir faktör olmadığı sonucuna varmıştır.

Benzer şekilde bizim çalışmamızda da patın penetrasyon değerleri ile bağlantı dayanımı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Nitekim; tek kon tekniği ile doldurulan grupta EDDY ile penetrasyon alanı ve derinliği artmış olan pat, bağlanma dayanımı testinde en düşük değerleri göstermiştir. Öte yandan yine tek kon grubunda MDA ile aktive edilen patın penetrasyon değerlerinin artmasına paralel olarak bağlanma dayanımı değeri de artmıştır ancak bu artış istatistiksel açıdan anlamlı değildir. Deney gruplarındaki penetrasyon ve bağlanma dayanımı değerlerinde meydana gelen artma ve azalmalar gözönünde bulundurulduğunda pat aktivasyonunun bağlanma dayanımı değeri üzerinde ilave bir katkı sağlamadığı aksine test edilen tüm obtürasyon tekniklerinde frekansı manuel dinamik aktivasyona oranla daha fazla olan PUA ve EDDY aktivasyonunun patın bağlanma dayanımını düşürdüğü gözlenmektedir. Bu etkide ise patın sertleşme süresi ve akıcılığı gibi farklı fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelebilecek değişimlerin etkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Sonik ve ultrasonik aktivasyon kök kanal patlarının fizikokimyasal özelliklerinde kalıcı değişikliklere yol açabilir. Kök kanal patlarının polimerizasyonu

üzerinde sonik aktivasyonun etkisi ultrasonik aktivasyona oranla daha azdır. Sonik aktivasyon ses dalgalarının ortamdaki yayılımı ile oluşan sıkıştırma ve patın yoğunluğundaki azalma sayesinde sadece fiziksel değişikliklere neden olur. Ultrasonik aktivasyonun aksine, ses dalgası karışımının parçacıklarını sürüklemeyebilir, yalnızca denge konumlarının etrafında titreşmelerine neden olur, ayrıca hidrodinamik ajitasyon ve sıcaklıkta küçük bir değişiklik meydana getirir (204).

Yapılan in vitro bir çalışmada hem ultrasonik hem de sonik aktivasyonun AH Plus'ın sertleşme zamanını arttırdığı, ultrasonik aktivasyon ile patın akıcılığının (mm) daha yüksek olduğu, sonik aktivasyonda ise test edilen tüm patlar için ara sonuçlar elde edildiği bildirildi. Aynı çalışmada sonik aktivasyonun, AH Plus için boyutsal değişim yüzdesi değerlerini önemli ölçüde azalttığı ve patın daha düşük çözünürlük gösterdiği, ultrasonik aktivasyonun ise boyutsal değişikliği önemli ölçüde etkilemediği ancak patın daha yüksek çözünürlük sergilediği bildirilmiştir (204). Bahsi geçen çalışmada, ultrasonik aktivasyon için düşük güç ayarlarında aktive edilmesi önerilen E1- İrrisonic ucu (Helse Dental Technology, São Paulo, Brezilya), sonik aktivasyonda ise EndoActivator ucu (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, Oklahoma, Amerika Birleşik Devletleri) 20 sn boyunca kullanılmıştır. Mevcut çalışmamızda ise; ultrasonik aktivasyonda 9 güç ayarında İrrisafe (Satelect, Acteon, Fransa) ucu ve sonik aktivasyon için de 25.04 EDDY uçları (VDW, Münih, Almanya) 40 sn boyunca kullanıldı. Değişen güç ayarları, frekans değerleri ve aktivasyon süresi patın fizikokimyasal özelliklerini farklı yönde etkilemiş olabilir.

Sıvı filtrasyonu da dahil olmak üzere sızıntı testlerinin çoğu, yalnızca apikalden koronal üçlüye uzanan en az bir boşluk olduğunda sızıntı meydana geldiğini göstermektedir. Radyografide iyi kondanase edilmemiş gibi görünen bir kök kanalı dolgusu birçok "kör sonlanan" boşluk içerebilir ve sızıntı yapmayabilir. Öte yandan, radyografilerde görünmeyen çok küçük ama apikalden-koronale uzanan boşluklar önemli miktarda sızıntı gösterebilir. Daha iyi bir tutuculuk, pat penetrasyonu veya dentin tübüllerine uzanan resin tag'lerin sağladığı muhtemel mekanik örtücülük ile ilişkili değildir. Dentin tübülleri içerisinde oluşturulabilen kalıcı bir hibrit tabaka, kök dentinine daha iyi bir bağlanmanın sağlanmasında daha önemli bir rol oynar. Bu temel

baz alındığında tübüler dentinde pat penetrasyonu, adezyon ve sızıntı arasında bir korelasyon olmadığı ifade edilmiştir (325).

Yapılan bazı çalışmalarda patın bağlanma dayanımının obturasyon tekniğinden etkilendiği ve soğuk lateral kondensasyonun bağlanma dayanımının tek kon ve sıcak vertikal kompaksiyona oranla daha fazla olduğu bildirilmiştir (257, 326, 327). Bunun muhtemel sebebi olarak; soğuk lateral kondensasyon tekniğinde ana kon ve yardımcı konlara spreader tarafından uygulanan basınç ile kanal düzensizliklerinde patın penetrasyonunu kolaylaştıracak şekilde hem apikal hem de lateral yönde oluşturacağı kuvvet gösterilmektedir. Tek kon tekniğinde ise bu muhtemel kuvvet sadece apikal yönde etki etmektedir (327).

Ayrıca; AH Plus'ın sıcak vertikal kondensasyon tekniğinde bağlanma dayanımının düşmesini kök kanal dolumu esnasında uygulanan ısının patın yapısı ve sertleşme süresi üzerindeki etkisine bağlayan çalışmalar da mevcuttur (13, 321, 328, 329). Sıcak vertikal kondensasyon esnasında uygulanan ısının patın sertleşme reaksiyonunu hızlandırdığı (13), böylece akıcılığını engelleyerek kanal düzensizliklerine ve dentinal tübüllere nüfuz etmesine izin vermediği bildirilmiştir. Ayrıca, Atmeh ve ark. AH Plus'ın kimyasal yapısının ısıya maruz kaldıklarında etkilendiğini bildirmişlerdir (329). Termoplastik güta-perka, soğurken büzülme eğilimindedir ve bu büzülme, pat üzerinde bir gerilmeye yol açarak patın dentin yüzeyine yapışmasını etkiler. Tek kon tekniğinde AH Plus patının düşük bağlanma dayanımına sahip olması, pat hacminin güta-perka'ya oranla diğer tekniklerden daha yüksek olması boşluk oluşumuna yol açabilir bu da kök kanal dolgusunun kalitesini düşürür şeklinde yorumlanmıştır (330). Bu açıklamalara paralel olarak mevcut çalışmamızda da benzer şekilde pat aktivasyonu yapılan ve yapılmayan tüm gruplarda lateral kondensasyon grubunun bağlanma dayanımı değerlerinin tek kon ve devamlı ısı ile obturasyon grubuna oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Bir kanal patının etkili bir şekilde yerleştirilmesi, kanal şekillendirme işleminin yanı sıra kanalın anatomik özelliklerine de bağlıdır (319). Pat penetrasyon yüzdesinin, kök kanal dolgusunun sızdırmazlık kalitesini göstermek için muhtemelen maksimum

pat penetrasyon derinliğine göre klinik olarak daha uygun olduğu belirtilmektedir (331).

Elde ettiğimiz bulgular ışığında; çalışmamızda test edilen kök kanal dolum tekniklerinin pat aktivasyonu ile elde edilen penetrasyon yüzdesi değerlerinin ~ % 48-65 arasında olduğu gözlenmiştir. Pat aktivasyonu yapılmayan gruplarda Elements grubu en yüksek penetrasyon yüzdesi değerlerine (% 61.2) sahipken, pat aktivasyonu sonrası en yüksek değer TK-MDA (~ % 65) grubuna aitti. Ancak; farklı obtürasyon teknikleri uygulansa bile pat aktivasyonu ile patın dentin tübülü penetrasyon yüzdeleri üzerinde meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak bir fark yaratmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Ultrasonik aktivasyonun, irrigasyon solüsyonları üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu, debrislerin yerini değiştirip, çözelti içinde türbülansa yol açtığı, hidrostatik basıncı arttırıp, azalttığı ve sonunda patlayarak sıcaklık ve basıncı artıran kavitasyon kabarcıkları oluşturduğu belirtilmektedir (332). Benzer düşünceden yola çıkılarak pat aktivasyonu için kullanıldığı çalışmaların bazılarında da etkili sonuçlar gösterdiği ifade edilmiştir.

Patın kök kanalına yerleştirilmesi sırasında uygulanacak ultrasonik aktivasyonda yeterli süreyi belirlemek için yapılan bir pilot çalışmada (308) ultrasonik eğe, test edilen kök kanal patlarının her biriyle kanalların içinde 5, 10, 15, 20 ve 30 sn'lik aralıklarla aktive edilmiş ve 10 saniyede, patların hala yeterli çalışma ve sertleşme süreleri sergilediği bulunmuştur. Aktivasyon süresi arttıkça, ultrasoniğin gücü kapatılır kapatılmaz patların sertleştiği gözlenmiştir. Diğer bazı yazarlar da aktivasyon sürelerini 3 - 5 sn arasında kullanmış ve patların özellikleri üzerinde istenmeyen etkileri olmadığını bildirmişlerdir (27). Buna rağmen hala aktivasyon süreleri konusunda kesin bir görüş birliği olmadığı söylenebilir. Nitekim uzatılmış aktivasyon sürelerine rağmen etkili sonuçların ortaya çıktığını ifade eden çalışmalar da mevcuttur (33, 190).

Guimaraes ve ark. (30) lateral kondensasyon ile doldurdukları örneklerde ultrasonik aktivasyon (40 sn) ile epoksi rezin esaslı patların dentin tübülü penetrasyon yüzdesinin artacağını belirttiler. Ayrıca boşluk oluşumunu azalttığı ancak boşluk

oluşumunun aktivasyon tekniğinden ziyade kök kanal dolum tekniğinden kaynaklandığını da ifade etmişlerdir. Biz de çalışmamızda benzer şekilde lateral kondensasyon grubunda ultrasonik aktivasyonun penetrasyon yüzdesi değerlerini arttırdığını ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gözlemledik. Guimaraes ve ark. (30) bizim çalışmamızdan farklı olarak ultrasonik aktivasyon için cihaza adapte ettikleri bir parmak spreader'ını kullanarak cihazı %50 potens değerinde çalıştırmışlardır. Aktivasyon süreleri aynı olmasına rağmen farklı etkilerin oluşması çalışmamızda ultrasonik cihazın potens değerinin artırılmış olmasına ve farklı ultrasonik uç tasarımlarının kullanılmasına bağlanabilir.

Pat aktivasyonu yapılmadan (NA) doldurulan kontrol grubu temel alındığında; lateral kondensasyon ile doldurulan gruplarda PUA ve EDDY ile aktive edilen örneklerin penetrasyon alanı ve derinliğinde azalma meydana gelirken, MDA uygulanan örneklerde arttığı gözlemlendi. Öte yandan sadece PUA uygulandığında meydana gelen azalma istatistiksel açıdan fark yarattı ($p \leq 0,05$), diğer aktivasyon yöntemleri ile meydana gelen değişimler istatistiksel açıdan ihmal edilebilir düzeydeydi ($p > 0,05$). Lateral kondensasyon grubu için bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında ise; penetrasyon derinliği ve alanında artışa yol açan MDA yönteminin benzer şekilde patın bağlanma dayanımı değerini de arttırdığı, öte yandan PUA ve EDDY'nin bağlanma dayanımını azalttığı ancak tüm bu değişimlerin istatistiksel açıdan fark yaratmadığı tespit edildi ($p > 0,05$). Dentin tübül penetrasyonu (penetrasyon yüzdesi-alanı ve derinliği) ve bağlanma dayanımı değerlerindeki değişimlere bakıldığında lateral kondensasyon ile doldurulacak gruplar için pata uygulanan aktivasyonun ilave bir avantaj sağlamayacağı söylenebilir.

Wiemann ve ark. (27) pat aktivasyonu için K-Flex tipi eğe, lentülo spiral, güta-perka kon ve ultrasonik eğeyi (5sn) kullanarak patın kanal duvarı adaptasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında aralarında istatistiksel açıdan fark bulunmadığını ve en fazla değişimin apikal bölgede meydana geldiğini belirttiler.

İrrigant aktivasyonu için yapılan güncel bir çalışmada koronal ve orta bölgede, MDA, sonik aktivasyon ve ultrasonik aktivasyon arasında bir fark bulunmadı. Farklılıkların ise apikal bölgede belirgin hale gelmeye başladığı, sonik ve ultrasonik

aktivasyonun apikalde manuel dinamik aktivasyona oranla daha fazla penetrasyon derinliği sağlayabildiği ancak ilave bir avantaj sağlamadığı belirtildi (306).

Dash ve ark. ultrasonik uç (5 sn), lentülo spiral ve çift yönlü spiralin pat yerleştirme etkinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında analiz edilen hiçbir yöntemin kök kanalında devamlı bir pat adaptasyonu oluşturamadığını, apikal 3 mm’de daha az pat penetrasyonu oluştuğunu ve lentülo spiral’in diğerlerine oranla daha fazla pat penetrasyonu sağladığını belirttiler (207). Buna sebep olarak da lentülo spiralin, patı kök kanal merkezinden dışarı doğru iterek hareket ederken ultrasonik eğelerin, patı eğe uzunluğu boyunca itmesi gösterilmiştir. Ayrıca; ultrasonik eğenin apikal bölgedeki zayıf pat penetrasyonu yüzdesi ve pat penetrasyon derinliğinde, daha kısıtlı alanda kanal duvarına dokunması ile aktif hale gelerek akustik akış ve kavitasyon etkisini yeterince oluşturamamasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (207).

Wiese ve ark. (51) AH Plus ve MTA Fillapex’i kıyasladıkları çalışmalarında patları sonik (EndoActivator-20 sn) ve ultrasonik (1 güç ayarında-20 sn) yöntemle aktive ettiler ve tüm örnekleri lateral kondensasyon ile doldurmuşlardır. Ultrasonik aktivasyon ile daha homojen bir dolgu elde edildiğini, sonik ve aktivasyon yapılmayan grupta tüm kesitlerde boşluklar olduğunu ifade etmişlerdir. Bağlanma dayanımı ise ultrasonik ile daha yüksek bulunmuş, sonik ve aktivasyon yapılmayan grup arasında ise fark bulunamadığını belirtmişlerdir. Yine mevcut çalışma ile aralarındaki farklılıkta aktivasyon süresi ve kullanılan sistemlerin farklı olması etken olabilir.

Mevcut alışmamızda; tek kon tekniği ile doldurulan gruplar değerlendirildiğinde; MDA, EDDY ve PUA’nun patın penetrasyon yüzdelerinde artış sağladığı ancak bu artışların istatistiksel açıdan herhangi bir farklılık yaratmadığı tespit edildi ($p>0,05$). Yine tek kon tekniğinde penetrasyon alanının MDA, EDDY ve PUA ile arttığı, penetrasyon derinliğinin ise MDA ve EDDY ile artarken PUA ile azaldığı gözlemlendi. Ancak; tüm bu artma ve azalma değerleri içinde sadece MDA ile sağlanan artış istatistiksel açıdan bir farklılık oluşturdu ($p\leq 0,05$). Tek kon tekniğinde bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında ise MDA ile artış sağlanırken EDDY ve PUA’nun patın bağlanma dayanımı değerlerini düşürdüğu gözlemlendi ancak bu azalma ve artma değerleri istatistiksel açıdan bir fark yaratacak düzeyde değildi ($p>0,05$). Tek

kon tekniği için elde edilen veriler dikkate alındığında yapılan kıyaslamalarda dentin túbül penetrasyonu değerlerini anlamlı düzeyde artırması gözönünde bulundurulduğunda kök kanal dolumu sırasında pata MDA uygulanması avantaj sağlayabilir. MDA basit, ucuz ve ilave herhangi bir malzeme gerektirmeyen bir yöntem olduğu için tercih edilebilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde; Guinesi ve ark. (191)'da kanal patı yerleştirme tekniğinin farklı obturasyon teknikleri ile kullanıldığında aynı sonuçları verip vermediğini araştırdıkları in vitro çalışmalarında, tek kon tekniğinde patın yerleştirilmesi için patı aktive edebilen bir enstrümanın kullanılmasının boşluk oluşumunu azalttığını, en fazla boşluk oluşumunun ise apikal ve orta üçlüde patın ana güta-perka kon ile birlikte yerleştirildiğinde oluştuğunu, lateral kondensasyonda ise patı yerleştirmek için kullanılan bu tekniklerden hiçbirisinin dolunun kalitesini etkilemediğini ifade ettiler.

Nikhil ve ark. (31) AH Plus ve MTA Fillapex'in penetrasyon yüzdesi ve derinliğini karşılaştırdıkları çalışmalarında pat aktivasyonu için lentülo spiral, ultrasonik uç (K15 Sonofile) (20 sn) ve saatin tersi yönünde döndürülerek çalıştırdıkları bir döner eğe kullandılar ve örnekler tek kon tekniği ile dolduruldu. Patın ultrasonik aktivasyonunun diğerlerine kıyasla túbül penetrasyonu yüzdesi ve derinliğini arttırdığını, diğer iki grup arasında ise fark olmadığını belirttiler. Buna sebep olarak da ultrasonik eğelerin ilettikleri akustik mikro-akış enerjisini göstermişler. Bizim çalışmamızda ise tek kon tekniği ile doldurulan ultrasonikle aktive gruplarda penetrasyon yüzdesi artarken penetrasyon derinliğinin azaldığı ancak bu değişimlerin istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığı görüldü. Mevcut çalışmadaki farklılık aktivasyon sürelerinin daha uzun tutulması (40 sn), kullanılan ultrasonik uç ve güç ayarının değişkenlik göstermesinden kaynaklanıyor olabilir.

Kim ve ark. (206) direkt patın ultrasonik aktivasyonu yerine patı kanala yerleştirdikten sonra ana-kona kanal boyunda yerleştirene kadar 2-3 sn ultrasonik titreşim uyguladılar ve ultrasonik enerjinin kon aracılığıyla azaltılmış olarak pata uygulanması ile daha az hava kabarcığı oluştuğunu belirttiler.

Parashos ve ark. (307) aşırı ultrason titreşimi uygulanmasının MTA özelliklerini ve boşluk oluşumunu olumsuz yönde etkilediğini bildirmiştir. Ultrasonik enerjinin indirekt olarak ya da kısa süreli olarak uygulanmasının daha tatmin edici sonuçlar verebileceğini ifade ettiler. Aynı şekilde El-Ma'aita ve ark. (333) uzun süreli aktivasyon sürelerinin boşluk sayılarında, yoğunlukta ve mikro sertlikte değişikliklere yol açacak şekilde MTA parçacıklarını yeniden düzenleyebileceğini belirtmiştir. Bizim çalışmamızda da frekans değerleri MDA'a göre oldukça fazla olan sonik ve ultrasonik sistemler yukarıda bahsedildiği gibi patın fizikokimyasal özelliklerini etkileyip boşluk formasyonunu tetikleyerek penetrasyon değerlerinde ve bağlanma dayanımı değerlerinde düşüşe yol açmış olabilir.

Sadece pat ile doldurulan gruplar; güta-perka kor materyali, spreader ya da plugger kullanımına bağlı olarak pat üzerinde oluşabilecek ilave kuvvetlerin etkisini ortadan kaldırarak sadece aktivasyon yöntemlerinin pat üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi için oluşturuldu. Çünkü patın kanal içine yerleştirilmesinin ardından ana güta-perka kon kanala yerleştirildiğinde patın yer değiştirdiği varsayılır. Ayrıca spreader'ın kanala yerleştirilirken uyguladığı basıncın da patın yer değiştirmesinde bir etken olabileceği belirtilmiştir (27). Ek olarak; konun sadece pata bulanıp kanala yerleştirilmesinin patın büyük çoğunluğunun kanal girişinde kalması sebebiyle tatmin edici bir sonuç vermeyeceği ve bu sebeple pata bulanana ana kona pompalama hareketinin verilmesi ile patın kanal içinde akmasının ve kanal duvarlarına daha kolay adapte olmasının sağlanabileceği belirtilmiştir (26).

Pat aktivasyonu yapılmadan sadece çalışma için belirlenen dolum teknikleri ile doldurulan örnekler incelendiğinde, lateral kondensasyon, tek kon ve elements gruplarında sadece pat ile doldurulan gruba oranla dentin tübül penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliğinin daha fazla olduğu gözlemlendi. Ancak bu artış istatistiksel olarak herhangi bir fark oluşturmadı. Bağlanma dayanımı değerlendirildiğinde Pat-NA en yüksek değere sahipken TK-NA en düşük değere sahipti ve her ikisi arasında istatistiksel olarak fark vardı ($p \leq 0,05$).

Çalışmamızda kullandığımız sadece pat ile doldurularak oluşturulan gruplarda örneklerin penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliği değerlendirildiğinde kullanılan

hiçbir aktivasyon yönteminin istatistiksel açıdan fark oluşturabilecek bir değişime yol açmadığı gözlemlendi ($p > 0,05$). Bununla birlikte Pat-EDDY grubu test edilen tüm gruplar içinde tübül penetrasyonunu en çok arttırabilen gruptu ($p > 0,05$). Pat grubunda bağlanma dayanımına bakıldığında patın aktivasyonunun bağlantı dayanımını düşürdüğü gözlemlendi, en fazla azalma Pat-PUA grubundaydı ve aktivasyon yapılmayan grup ile aralarında istatistiksel açıdan fark olduğu görüldü ($p \leq 0,05$).

Kanal doluları Elements free cihazı kullanılarak yapılan gruplarda, güta-perka'nın en yoğun formunu içeren (heavy) kartuşlar kullanıldı. Heavy kartuşlar diğer test edilen dolum tekniklerinde kullanılan güta-perka'ya daha yakın yoğunluktadır, daha tepilebilir bir kıvamda olması ile boyutsal kontrol daha kolay sağlanabilir ve ayrıca bu daha yoğun formun patın dentin tübüllerine penetrasyonunda ilave bir itici güç olarak katkı sağlayabileceği düşünüldü. Ancak; penetrasyon yüzdesi, alanı ve derinliği değerlendirildiğinde kullanılan hiçbir aktivasyon yöntemi arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı. Bununla birlikte Elements-PUA diğer gruplar arasında en düşük değerlere sahipti. Bağlanma dayanımı değerlerine bakıldığında patın aktive edildiği gruplarda bağlanma dayanımının düştüğü en düşük değerlerin PUA ve EDDY'e ait olduğu ve aktivasyon yapılmayan grup ile aralarında istatistiksel olarak fark olduğu görüldü ($p \leq 0,05$). Şimdiye kadar bildirilen pat aktivasyonu çalışmaları içinde devamlı ısı ile obtürasyon tekniğinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu sebeple elde edilen sonuçların direkt karşılaştırılması mümkün olmamıştır. Sıcak güta-perka tekniklerinin rezin bazlı patların polimerizasyon reaksiyonlarını hızlandırarak patın akıcılığını azalttığı, sertleşme daha çabuk gerçekleştiği için büzülme gerilmesinin azalması için vakit kalmayacağından, patın bağlanma dayanımının düşeceği bildirilmiştir (326, 328, 334). Tüm bunlara ek olarak pat aktivasyonunda soğutma suyundan yoksun daha yüksek frekans değerlerinde çalıştırılan sonik veya ultrasonik sistemlerin kullanılması ile mevcut çalışmada olduğu gibi bağlanma dayanımının azalmaya devam etmesi muhtemeldir.

Kahn ve ark. (192) çalışmalarında patı kağıt-kon, saatin tersi yönünde döndürülerek kullanılan 25-K tipi eğe, ultrasonikle aktive endosonik eğe, sonik aktive trisonik eğe, basınçla aktive Maxi-Probe ve lentülo spiral kullandı. Her birinin uygulama süresi 10 sn olarak sabitlendi. Stereomikroskop altında incelendiğinde

lentülo spiral ve maxi probe sistemi en etkili bulunurken K tipi eğe ve kağıt kon en etkisiz ve en fazla varyasyona sahip olan gruptu. Ultrasonik aktivasyonun etkisinin daha az olmasını soğutma suyunun eksikliği ve oluşacak ısının patın sıvılaşmasına yol açacağı ve bunun da tıkamayı etkileyebileceği şeklinde açıklamıştır (192).

Buna bağlı olarak patın ultrasonik olarak aktive edilmesinde elde edilecek sonuçları değiştirebilmek açısından aktivasyon suresinin tek başına bir etken olamayacağı soylenebilir. Kullanılacak cihazın potens değeri ve kok kanal dolum tekniği de elde edilecek sonuçları değiştirebilmektedir. Çalışmalarda elde edilen birbirini tam ya da kısmen desteklemeyen sonuçlarda kullanılan sonik veya ultrasonik cihazın frekansı, gu ayarı ve aktivasyon sureleri konusunda farklı metodolojilerin izlenmesi etkili olabilir.

Sonik aktivasyonun irrigasyon solusyonları üzerinde hidrodinamik bir etkiye neden olmasına rağmen, kok kanal patlarında bu etkiyi meydana getiremediği çünkü patın irrigasyon solusyonuna oranla daha yoğun olmasının, duşuk frekansta (1–6 kHz) alışan sonik sistemin etkinliğini engellediği duşunlmektedir (51). Ultrasonik aktivasyonun pat partiküllerinin yeniden duzenlenmesine yol açarak, içerisinde hapsolan hava kabarcıklarının uzaklaştırılmasını kolaylaştırdığı iddaa edilmektedir (206). Ancak çalışmamızdan elde edilen veriler dikkate alındığında ultrasonik aktivasyonun suresi ve ultrasonik cihazın potens değeri arttırıldığında patın penetrasyon ve bağlanma dayanımı değerlerini olumsuz yonde etkileyeceği gorlmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmamızın sınırlamaları dahilinde aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kök kanal patı penetrasyon değerleri (penetrasyon yüzdesi-alanı ve derinliği) ile bağlanma dayanımı değerleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir
2. Çalışmamızda etkinlikleri değerlendirilen pat aktivasyon yöntemlerinin bağlanma dayanımı değerleri üzerinde ilave bir katkı sağlamadığı aksine frekans değerleri manuel dinamik aktivasyona oranla daha fazla olan PUA ve EDDY aktivasyonunun patın bağlanma dayanımını düşürdüğü gözlenmiştir. Bu etki patın fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelebilecek değişimlerden kaynaklanabilir.
3. Bağlanma dayanımı değerleri kullanılan obtürasyon tekniğine bağlı olarak değişebilmektedir.
4. Pat aktivasyonu yapılan ve yapılmayan tüm gruplarda lateral kondensasyon grubunun bağlanma dayanımı değerlerinin tek kon ve devamlı ısı ile obtürasyon grubuna oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir
5. Test edilen pat aktivasyon yöntemlerinin hiçbirisi kök kanalının tamamını kapatabilecek ölçüde bir penetrasyon yüzdesi sağlayamamıştır. Penetrasyon yüzdesi değerleri ~ % 48-65 arasında bulunmuştur.
6. Farklı obtürasyon teknikleri uygulansa bile pat aktivasyonu ile patın dentin tübülü penetrasyon yüzdeleri üzerinde meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak bir fark yaratmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$)
7. Dentin tübül penetrasyonu (penetrasyon yüzdesi-alanı ve derinliği) ve bağlanma dayanımı değerleri açısından bakıldığında lateral kondensasyon ile doldurulacak gruplar için pata uygulanan aktivasyonun ilave bir avantaj sağlamayacağı söylenebilir.
8. Tek kon tekniği ile doldurulan örneklerde dentin tübül penetrasyonu değerlerini anlamlı düzeyde artırması gözönünde bulundurulduğunda kök kanal dolumu sırasında pata MDA uygulanması avantaj sağlayabilir.
9. Devamlı ısı ile obtürasyon tekniği ile dolduracak kanallarda pat aktivasyonu ilave bir avantaj sağlamamakla birlikte bağlanma dayanımı değerlerini

düşürmüştür. Sıcak güta-perka tekniğinde patın maruz bırakıldığı ısıya ilaveten soğutma suyu olmaksızın çalıştırılan sonik ve ultrasonik sistemler ilave ısı üreterek patın fizikokimyasal özellikleri üzerindeki olumsuz etkileri arttırabilmektedirler.

10. Mevcut çalışmamızda pat aktivasyonundaki etkinliği test edilen sonik aktivasyon cihazı EDDY'nin ilave bir avantaj sağlamadığı söylenebilir. Ancak farklı aktivasyon süreleri uygulandığında etkinliğinin değişebileceği gözönünde bulundurularak yapılacak başka çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.
11. Patın ultrasonik aktivasyonu için kullanılan ultrasonik cihazın güç ayarı, ultrasonik ucun tipi ve aktivasyon sürelerine bağlı olarak dentin tübülü penetrasyonu ve bağlanma dayanımı değerleri etkilenebilmektedir ve bu parametrelerin hangisinin ideal sonuca ulaştıracağına dair farklı çalışmalar gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. **Vats A, Farva U, Paliwal A, Bharadawaj K, Chhabbra HS, Singh A.** Comparative evaluation of apical dye penetration of hydrophilic and hydrophobic obturation system: A stereomicroscopic study. *Endodontology*. **2019**;31(1):40.
2. **Whitworth J.** Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic topics*. **2005**;12(1):2-24.
3. **Schilder H.** Filling root canals in three dimensions. 1967. *Journal of endodontics*. **2006**;32(4):281-90.
4. **Haapasalo M, Udnæs T, Endal U.** Persistent, recurrent, and acquired infection of the root canal system post-treatment. *Endodontic topics*. **2003**;6(1):29-56.
5. **Al-Nazhan S, Al-Sulaiman A, Al-Rasheed F, Alnajjar F, Al-Abdulwahab B, Al-Badah A.** Microorganism penetration in dentinal tubules of instrumented and retreated root canal walls. In vitro SEM study. *Restorative dentistry & endodontics*. **2014**;39(4):258-64.
6. **Dumani A, Guvenmez HK, Yilmaz S, Yoldas O, Kurklu ZGB.** Antibacterial efficacy of calcium hypochlorite with vibringe sonic irrigation system on *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *BioMed research international*. **2016**;2016.
7. **Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM.** Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic topics*. **2005**;10(1):77-102.
8. **Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G.** Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *International endodontic journal*. **1997**;30(5):297-306.
9. **Prasad PK, Sankhala A, Tiwari A, Parakh S, Madan GR, Singh A.** Influence of ultrasonics on the penetration depth of AH plus, acroseal, and EndoREZ root canal sealers: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2018**;21(2):221.
10. **Moinzadeh AT, Zerbst W, Boutsoukis C, Shemesh H, Zaslansky P.** Porosity distribution in root canals filled with gutta percha and calcium silicate cement. *Dental materials*. **2015**;31(9):1100-8.
11. **Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani M.** Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *International endodontic journal*. **2014**;47(12):1177-84.
12. **Flores D, Rached-Júnior F, Versiani M, Guedes D, Sousa-Neto MD, Pécora JD.** Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International endodontic journal*. **2011**;44(2):126-35.
13. **Camilleri J.** Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *Journal of endodontics*. **2015**;41(1):72-8.
14. **Peters DD.** Two-year in vitro solubility evaluation of four gutta-percha sealer obturation techniques. *Journal of endodontics*. **1986**;12(4):139-45.
15. **De-Deus G, Coutinho-Filho T, Reis C, Murad C, Paciornik S.** Polymicrobial leakage of four root canal sealers at two different thicknesses. *Journal of endodontics*. **2006**;32(10):998-1001.
16. **Georgopoulou MK, Wu M-K, Nikolaou A, Wesselink PR.** Effect of thickness on the sealing ability of some root canal sealers. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*. **1995**;80(3):338-44.

17. **Wu MK, Wesselink P, Boersma J.** A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *International endodontic journal*. **1995**;28(4):185-9.
18. **Schäfer E, Zandbiglari T.** Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International endodontic journal*. **2003**;36(10):660-9.
19. **Giacomino CM, Wealleans JA, Kuhn N, Diogenes A.** Comparative Biocompatibility and Osteogenic Potential of Two Bioceramic Sealers. *Journal of endodontics*. **2019**;45(1):51-6.
20. **Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Bernardes RA, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al.** Influence of calcium hydroxide association on the physical properties of AH Plus. *Journal of endodontics*. **2010**;36(6):1048-51.
21. **Wang Z, Shen Y, Haapasalo M.** Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Journal of endodontics*. **2014**;40(4):505-8.
22. **Weis MV, Parashos P, Messer H.** Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International endodontic journal*. **2004**;37(10):653-63.
23. **Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, et al.** Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *Journal of endodontics*. **2011**;37(10):1417-21.
24. **Jardine AP, Da Rosa RA, Santini MF, Wagner M, Só MVR, Kuga MC, et al.** The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clinical oral investigations*. **2016**;20(1):117-23.
25. **Martins C, Leoni G, Oliveira H, Arid J, Queiroz A, Silva L, et al.** Influence of therapeutic cancer radiation on the bond strength of an epoxy-or an MTA-based sealer to root dentine. *International endodontic journal*. **2016**;49(11):1065-72.
26. **Jeffrey I, Saunders W, Thomas G.** An investigation into the movement of sealer during placement of gutta-percha points. *International endodontic journal*. **1986**;19(1):21-8.
27. **Wiemann AH, Wilcox LR.** In vitro evaluation of four methods of sealer placement. *Journal of endodontics*. **1991**;17(9):444-7.
28. **Hall MC, Clement DJ, Dove SB, Walker III WA.** A comparison of sealer placement techniques in curved canals. *Journal of endodontics*. **1996**;22(12):638-42.
29. **Stamos DE, Gutmann JL, Gettleman BH.** In vivo evaluation of root canal sealer distribution. *Journal of endodontics*. **1995**;21(4):177-9.
30. **Guimaraes BM, Amoroso-Silva PA, Alcalde MP, Marciano MA, de Andrade FB, Duarte MA.** Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. *Journal of endodontics*. **2014**;40(7):964-8.
31. **Nikhil V, Bansal P, Sawani S.** Effect of technique of sealer agitation on percentage and depth of MTA Fillapex sealer penetration: A comparative in-vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2015**;18(2):119.
32. **Arslan H, Abbas A, Karatas E.** Influence of ultrasonic and sonic activation of epoxy-amine resin-based sealer on penetration of sealer into lateral canals. *Clinical oral investigations*. **2016**;20(8):2161-4.
33. **Alcalde MP, Bramante CM, Vivan RR, Amoroso-Silva PA, Andrade FB, Duarte MAH.** Intradentinal antimicrobial action and filling quality promoted by ultrasonic agitation of epoxy resin-

based sealer in endodontic obturation. *Journal of applied oral science : revista FOB*. **2017**;25(6):641-9.

34. **Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Graeff MS, del Carpio Perochena A, Vivan RR, Camargo EJ, et al.** Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2009**;108(3):450-7.

35. **De-Deus G, Reis C, Di Giorgi K, Brandão MC, Audi C, Fidel RAS.** Interfacial adaptation of the Epiphany self-adhesive sealer to root dentin. *Oral Surgery, Oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*. **2011**;111(3):381-6.

36. **Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa A.** A confocal laser scanning microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *International endodontic journal*. **2004**;37(12):840-8.

37. **Ma J, Wang Z, Shen Y, Haapasalo M.** A new noninvasive model to study the effectiveness of dentin disinfection by using confocal laser scanning microscopy. *Journal of endodontics*. **2011**;37(10):1380-5.

38. **Schäfer E, Nelius B, Bürklein S.** A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clinical oral investigations*. **2012**;16(1):225-30.

39. **Tasdemir T, Yesilyurt C, Ceyhanli KT, Celik D, Er K.** Evaluation of apical filling after root canal filling by 2 different techniques. *Journal of the canadian dental association*. **2009**;75(3).

40. **Cavenago BC, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Carpio-Perochena AEd, Bramante CM.** Interfacial adaptation of an epoxy-resin sealer and a self-etch sealer to root canal dentin using the System B or the single cone technique. *Brazilian dental journal*. **2012**;23(3):205-11.

41. **Bradshaw G, Hall A, Edmunds D.** The sealing ability of injection-moulded thermoplasticized gutta-percha. *International endodontic journal*. **1989**;22(1):17-20.

42. **Angerame D, De Biasi M, Pecci R, Bedini R, Tommasin E, Marigo L, et al.** Analysis of single point and continuous wave of condensation root filling techniques by micro-computed tomography. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*. **2012**;48:35-41.

43. **Al-Shimari SAT, Al-Nuaimi NE.** Elevation in Surface Temperature of Root Canals Obturated with Different Thermoplasticized Gutta-Percha Obturation Techniques: An in Vitro Study. *Journal of baghdad college of dentistry*. **2014**;325(2212):1-4.

44. **Estrada M, López B.** Do Thermoplastic Materials Improve the Obturation of the Root Canal? Bibliographic Review of the Different Techniques Available in the Market. *Journal of dental health oral disorder therapy*. **2018**;9(1):00323.

45. **Elenjikal MJ, Latheef AA, Kader MAM, Ganapathy S, Mohamed AB, Sainudeen SS, et al.** A comparative evaluation of five obturation techniques in the management of simulated internal resorptive cavities: An ex vivo study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. **2019**;11(Suppl 2):S450.

46. **Madhuri GV, Varri S, Bolla N, Mandava P, Akkala LS, Shaik J.** Comparison of bond strength of different endodontic sealers to root dentin: An in vitro push-out test. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2016**;19(5):461.

47. **Sousa-Neto M, Silva Coelho F, Marchesan M, Alfredo E, Silva-Sousa Y.** Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er: YAG and Nd: YAG lasers. *International endodontic journal*. **2005**;38(12):866-70.
48. **Ungor M, Onay EO, Orucoglu H.** Push-out bond strengths: the Epiphany–Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *International endodontic journal*. **2006**;39(8):643-7.
49. **Hegde V, Jain A, Mhadgut RP.** Evaluation of percentage and depth of smartpaste bio versus AH plus sealer penetration using three different activation techniques: A confocal laser scanning microscopic study. *Endontology*. **2017**;29(2):130.
50. **Macedo LMDd, Silva-Sousa Y, Silva SRCd, Baratto SSP, Baratto-Filho F, Rached-Júnior A, et al.** Influence of Root Canal Filling Techniques on Sealer Penetration and Bond Strength to Dentin. *Brazilian dental journal*. **2017**;28(3):380-4.
51. **Wiesse P, Silva-Sousa Y, Pereira R, Estrela C, Domingues L, Pécora J, et al.** Effect of ultrasonic and sonic activation of root canal sealers on the push-out bond strength and interfacial adaptation to root canal dentine. *International endodontic journal*. **2018**;51(1):102-11.
52. **Hargreaves KM, Berman LH.** Cohen's pathways of the pulp expert consult. 2015. Elsevier Health Sciences; [280-316].
53. **Sathorn C, Parashos P, Messer H.** Effectiveness of single-versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *International endodontic journal*. **2005**;38(6):347-55.
54. **Su Y, Wang C, Ye L.** Healing rate and post-obturation pain of single-versus multiple-visit endodontic treatment for infected root canals: a systematic review. *Journal of endodontics*. **2011**;37(2):125-32.
55. **Siqueira JF.** Strategies to treat infected root canals. *CDA*. **2001**;29(12):825-38.
56. **Kumar A, Tamanna S, Iftekhar H.** Intracanal medicaments–Their use in modern endodontics: A narrative review. *Journal of oral research and review*. **2019**;11(2):94.
57. **Vera J, Siqueira Jr JF, Ricucci D, Loghin S, Fernández N, Flores B, et al.** One-versus two-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a histobacteriologic study. *Journal of endodontics*. **2012**;38(8):1040-52.
58. **Peters L, Wesselink P.** Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms. *International endodontic journal*. **2002**;35(8):660-7.
59. **Byström A, Sundqvist G.** Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European journal of oral sciences*. **1981**;89(4):321-8.
60. **Trope M, Delano EO, Ørstavik D.** Endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: single vs. multivisit treatment. *Journal of endodontics*. **1999**;25(5):345-50.
61. **Katebzadeh N, Sigurdsson A, Trope M.** Radiographic evaluation of periapical healing after obturation of infected root canals: an in vivo study. *International endodontic journal*. **2000**;33(1):60-5.
62. **Nair P, Henry S, Cano V, Vera J.** Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*. **2005**;99(2):231-52.

63. **L. G. Grossman's** Endodontic Practice. Obturation of the Radicular Space. . 2014. p. 343-67.
64. **Mamootil K, Messer H.** Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International endodontic journal*. **2007**;40(11):873-81.
65. **Jasper E.** Adaptation and tissue tolerance of silver root canal fillings. *Journal of dental research*. **1941**;20(4):355-60.
66. **Seltzer S, Green DB, Weiner N, DeRenzi F.** A scanning electron microscope examination of silver cones removed from endodontically treated teeth. *Journal of endodontics*. **2004**;30(7):463-74.
67. **Kulkarni G.** New Root Canal Obturation Techniques: A Review. *EC Dental science*. **2017**;11:68-76.
68. **Vishwanath V, Rao HM.** Gutta-percha in endodontics-A comprehensive review of material science. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2019**;22(3):216-22.
69. **Prakash R, Gopikrishna V, Kandaswamy D, Student P.** Gutta-percha-an untold story. *Endodontology*. **2005**;17(2):32-6.
70. **Borthakur B.** Search for indigenous gutta percha. *Endodontology*. **2002**;14(1):24-7.
71. **Goodman A, Schilder H, Aldrich W.** The thermomechanical properties of gutta-percha: II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. **1974**;37(6):954-61.
72. **Maniglia-Ferreira C, Silva Jr JBA, Paula RCMd, Feitosa JPA, Cortez DGN, Zaia AA, et al.** Brazilian gutta-percha points: Part I: chemical composition and X-ray diffraction analysis. *Brazilian oral research*. **2005**;19(3):193-7.
73. **Combe E, Cohen B, Cummings K.** Alpha-and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *International endodontic journal*. **2001**;34(6):447-51.
74. **Maniglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED, Silva Jr JBA, Paula RCMd, Feitosa JPA, Gomes BPFdA, et al.** Brazilian gutta-percha points. Part II: thermal properties. *Brazilian oral research*. **2007**;21(1):29-34.
75. **Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW.** Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *Journal of endodontics*. **1977**;3(8):304-8.
76. **Jain P.** Current therapy in endodontics: John Wiley & Sons; **2016**.
77. **Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, et al.** Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *Journal of endodontics*. **2005**;31(9):659-64.
78. **Hiraishi N, Loushine RJ, Vano M, Chieffi N, Weller RN, Ferrari M, et al.** Is an oxygen inhibited layer required for bonding of resin-coated gutta-percha to a methacrylate-based root canal sealer? *Journal of endodontics*. **2006**;32(5):429-33.
79. **Fransen JN, He J, Glickman GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A.** Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study. *Journal of endodontics*. **2008**;34(6):725-7.

80. **Prado M, de Oliveira Menezes MS, de Almeida Gomes BPF, de Melo Barbosa CA, Athias L, Simão RA.** Surface modification of gutta-percha cones by non-thermal plasma. *Materials science and engineering: C*. **2016**;68:343-9.
81. **Moorer W, Genet J.** Antibacterial activity of gutta-percha cones attributed to the zinc oxide component. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. **1982**;53(5):508-17.
82. **Moorer W, Genet J.** Evidence for antibacterial activity of endodontic gutta-percha cones. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. **1982**;53(5):503-7.
83. **Shur A, Sedgley C, Fenno J.** The antimicrobial efficacy of 'MGP' gutta-percha in vitro. *International endodontic journal*. **2003**;36(9):616-21.
84. **Hegde MN, Niaz F.** Case reports on the clinical use of calcium hydroxide points as an intracanal medicament. *Endodontology*. **2006**;18:23-7.
85. **Naik B, Shetty S, Yeli M.** Antimicrobial activity of gutta-percha points containing root canal medications against *E. faecalis* and *Candida albicans* in simulated root canals—an in vitro study. *Endodontology*. **2013**;25(2):8-18.
86. **Bodrumlu E, Alacam T, Semiz M.** The antimicrobial and antifungal efficacy of tetracycline-integrated gutta-percha. *Indian journal of dental research*. **2008**;19(2):112.
87. **Tomino M, Nagano K, Hayashi T, Kuroki K, Kawai T.** Antimicrobial efficacy of gutta-percha supplemented with cetylpyridinium chloride. *Journal of oral science*. **2016**;58(2):277-82.
88. **Lee D-K, Kim SV, Limansubroto AN, Yen A, Soundia A, Wang C-Y, et al.** Nanodiamond–gutta percha composite biomaterials for root canal therapy. *ACS nano*. **2015**;9(11):11490-501.
89. **Shantiaee Y, Maziar F, Dianat O, Mahjour F.** Comparing microleakage in root canals obturated with nanosilver coated gutta-percha to standard gutta-percha by two different methods. *Iranian endodontic journal*. **2011**;6(4):140.
90. **Tawil PZ, Phillips C, Walia HD, Fouad AF.** Long-term Outcomes of Endodontic Treatment Performed with Resilon/Epiphany. **2019**.
91. **Shanahan D, Duncan H.** Root canal filling using Resilon: a review. *British dental journal*. **2011**;211(2):81.
92. **Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M.** An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of endodontics*. **2004**;30(5):342-7.
93. **Baumgartner G, Zehnder M, Paqué F.** Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with Gutta-Percha/AH plus or Resilon/Epiphany. *Journal of endodontics*. **2007**;33(1):45-7.
94. **Conner DA, Caplan DJ, Teixeira FB, Trope M.** Clinical outcome of teeth treated endodontically with a nonstandardized protocol and root filled with resilon. *Journal of endodontics*. **2007**;33(11):1290-2.
95. **Bodrumlu E, Muglali M, Sumer M, Guvenc T.** The response of subcutaneous connective tissue to a new endodontic filling material. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. **2008**;84(2):463-7.

96. **Mochizuki M, Hiramami M.** Structural effects on the biodegradation of aliphatic polyesters. *Polymers for advanced technologies*. **1997**;8(4):203-9.
97. **Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak Y-F, et al.** Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. *Journal of endodontics*. **2005**;31(7):514-9.
98. **Hegde V, Arora S.** Sealing ability of a novel hydrophilic vs. conventional hydrophobic obturation systems: A bacterial leakage study. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2015**;18(1):62.
99. **Tomson RM, Polycarpou N, Tomson P.** Contemporary obturation of the root canal system. *British dental journal*. **2014**;216(6):315.
100. **Hegde V, Arora S.** Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: An in vitro glucose leakage study. *Contemporary clinical dentistry*. **2015**;6(Suppl 1):S86.
101. **Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM.** Dentinal tubule penetration of a calcium silicate-based root canal sealer with different obturation methods. *Journal of endodontics*. **2017**;43(4):633-7.
102. **Hedge V, Jain A, Ved R, Arora S.** Sealing Ability of Novel Hydrophilic Single-Cone Obturation Systems in an Oval Canal: An In-Vitro Bacterial Leakage Study. *Endodontology*. **2015**;27(1):42.
103. **Baig AR, Ali SN, Saoji H.** Smart seal: Unique obturation system in dentistry. *International journal of applied dental sciences*. **2016**;2:01-2.
104. **Arora S, Hegde V.** Comparative evaluation of a novel smart-seal obturating system and its homogeneity of using cone beam computed tomography: In vitro simulated lateral canal study. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2014**;17(4):364.
105. **Grossman LI.** An improved root canal cement. *The journal of the american dental association*. **1958**;56(3):381-5.
106. **ØRstaviik D.** Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic topics*. **2005**;12(1):25-38.
107. **Lee K-W, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH.** Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *Journal of endodontics*. **2002**;28(10):684-8.
108. **Kaur A, Shah N, Logani A, Mishra N.** Biototoxicity of commonly used root canal sealers: A meta-analysis. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2015**;18(2):83.
109. **Wu MK, Wesselink P.** Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International endodontic journal*. **1993**;26(1):37-43.
110. **Kolokouris I, Economides N, Beltes P, Vlemmas I.** In vivo comparison of the biocompatibility of two root canal sealers implanted into the subcutaneous connective tissue of rats. *Journal of endodontics*. **1998**;24(2):82-5.
111. **Partovi M, Al-Havvaz AH, Soleimani B.** In vitro computer analysis of crown discolouration from commonly used endodontic sealers. *Australian endodontic journal*. **2006**;32(3):116-9.
112. **Tarhan SÇ, Uzunoğlu E.** Kök kanal dolgu maddeleri. *Türkiye klinikleri journal of dental sciences special topics*. **2010**;1(3):1-15.
113. **Alaçam TE.** Endodonti. *Özyurt matbaacılık*. **2012**(Kök Kanal Dolgu Yöntemleri):1332.

114. **Hauman C, Love R.** Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *International endodontic journal*. **2003**;36(3):147-60.
115. **Geurtsen W.** Biocompatibility of root canal filling materials. *Australian endodontic journal: the journal of the australian society of endodontology Inc.* **2001**;27(1):12-21.
116. **Yesilsoy C, Koren LZ, Morse DR, Kobayashi C.** A comparative tissue toxicity evaluation of established and newer root canal sealers. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. **1988**;65(4):459-67.
117. **Jahromi MZ, Navabi AA, Ekhtiari M.** Comparing coronal discoloration between AH26 and ZOE sealers. *Iranian endodontic journal*. **2011**;6(4):146.
118. **Meincke DK, Prado M, Gomes BPF, Della Bona A, Sousa ELR.** Effect of endodontic sealers on tooth color. *Journal of dentistry*. **2013**;41:e93-e6.
119. **Savadkouhi ST, Fazlyab M.** Discoloration potential of endodontic sealers: A brief review. *Iranian endodontic journal*. **2016**;11(4):250.
120. **Koch M.** Formaldehyde release from root-canal sealers: influence of method. *International endodontic journal*. **1999**;32(1):10-6.
121. **Azar NG, Heidari M, Bahrami ZS, Shokri F.** In vitro cytotoxicity of a new epoxy resin root canal sealer. *Journal of endodontics*. **2000**;26(8):462-5.
122. **Schwandt NW, Gound TG.** Resorcinol-formaldehyde resin "Russian Red" endodontic therapy. *Journal of endodontics*. **2003**;29(7):435-7.
123. **Kronman JH, Goldman M, Goldman LB, Coleman E, Klimont CK.** Microbiologic evaluation of poly-HEMA root canal filling material. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. **1979**;48(2):175-7.
124. **Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu L-s, Kim SK, Pashley DH, et al.** Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *Journal of endodontics*. **2010**;36(3):383-99.
125. **Rhyme BH, Solomon EA, Rabinowitz JL.** Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *Journal of endodontics*. **1981**;7(10):458-61.
126. **Yesilsoy C.** Radiographic evidence of absorption of Hydron from an obturated root canal. *Journal of endodontics*. **1984**;10(7):321-3.
127. **Murrin JR, Reader A, Foreman DW, Beck FM, Meyers WJ.** Hydron versus gutta-percha and sealer: a study of endodontic leakage using the scanning electron microscope and energy-dispersive analysis. *Journal of endodontics*. **1985**;11(3):101-9.
128. **Hammad M, Qualtrough A, Silikas N.** Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. *Journal of endodontics*. **2008**;34(1):90-3.
129. **Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Vidueira M, Macchi RL.** Significance of moist root canal dentin with the use of methacrylate-based endodontic sealers: an in vitro coronal dye leakage study. *Journal of endodontics*. **2008**;34(1):76-9.
130. **Pameijer CH, Zmener O.** Resin materials for root canal obturation. *Dental clinics*. **2010**;54(2):325-44.
131. **Jainaen A, Palamara J, Messer H.** Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *International endodontic journal*. **2007**;40(11):882-90.

132. **Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer J-M, Pashley DH.** Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental materials*. **2003**;19(3):199-205.
133. **Schwartz RS.** Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system—the promise and the problems: a review. *Journal of endodontics*. **2006**;32(12):1125-34.
134. **Perdigão J, Lopes MM, Gomes G.** Interfacial adaptation of adhesive materials to root canal dentin. *Journal of endodontics*. **2007**;33(3):259-63.
135. **Kurtzman GM, Lopez L.** Endodontics-Fiberfill: A Fiber Reinforced Adhesively Bonded Endodontic Obturator and Post System. *Oral Health*. **2003**;93(1):26-37.
136. **Lawson MS, Loushine B, Mai S, Weller RN, Pashley DH, Tay FR, et al.** Resistance of a 4-META-containing, methacrylate-based sealer to dislocation in root canals. *Journal of endodontics*. **2008**;34(7):833-7.
137. **Pinna L, Brackett MG, Lockwood PE, Huffman BP, Mai S, Cotti E, et al.** In vitro cytotoxicity evaluation of a self-adhesive, methacrylate resin-based root canal sealer. *Journal of endodontics*. **2008**;34(9):1085-8.
138. **Onay EO, Ungor M, Unver S, Ari H, Belli S.** An in vitro evaluation of the apical sealing ability of new polymeric endodontic filling systems. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*. **2009**;108(2):e49-e54.
139. **Kettering JD, Torabinejad M.** Cytotoxicity of root canal sealers: a study using HeLa cells and fibroblasts. *International endodontic journal*. **1984**;17(2):60-6.
140. **Bhagat K, Goel M, Bhagat N.** Root End Filling Materials and Recent Advances: A Review. *EC Dental science*. **2017**;12:46-57.
141. **Seedat H, van der Vyver P, de Wet F.** Micro-endodontic surgery Part 2: Root-end filling materials-A literature review. *South african dental journal*. **2018**;73(5):336-42.
142. **Görduysus MÖ, Etikan I, Gököz A.** Histopathological evaluation of the tissue reactions to Endo-Fill root canal sealant and filling material in rats. *Journal of endodontics*. **1998**;24(3):194-6.
143. **Ørstavik D, Nordahl I, Tibballs JE.** Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental materials*. **2001**;17(6):512-9.
144. **De-Deus G, Brandão M, Fidel R, Fidel S.** The sealing ability of GuttaFlow™ in oval-shaped canals: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *International endodontic journal*. **2007**;40(10):794-9.
145. **Ioannidis K, Beltes P, Lambrianidis T, Kapagiannidis D, Karagiannis V.** Crown discoloration induced by endodontic sealers: spectrophotometric measurement of Commission International de l'Eclairage's L*, a*, b* chromatic parameters. *Operative dentistry*. **2013**;38(3):E91-E102.
146. **ElAyouti A, Achleithner C, Löst C, Weiger R.** Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *Journal of endodontics*. **2005**;31(9):687-90.
147. **Soares I, Goldberg F, Massone EJ, Soares IM.** Periapical tissue response to two calcium hydroxide-containing endodontic sealers. *Journal of endodontics*. **1990**;16(4):166-9.

148. **Shashirekha G, Jena A, Pattanaik S, Rath J.** Assessment of pain and dissolution of apically extruded sealers and their effect on the periradicular tissues. *Journal of conservative dentistry: JCD.* **2018**;21(5):546.
149. **Briseño BM, Willershhausen B.** Root canal sealer cytotoxicity with human gingival fibroblasts: III. Calcium hydroxide-based sealers. *Journal of endodontics.* **1992**;18(3):110-3.
150. **Miletić I, Anić I, Karlović Z, Maršan T, Pezelj-Ribarić S, Osmak M.** Cytotoxic effect of four root filling materials. *Dental traumatology.* **2000**;16(6):287-90.
151. **Lee JK, Kim S, Lee S, Kim H-C, Kim E.** In Vitro Comparison of Biocompatibility of Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers. *Materials.* **2019**;12(15):2411.
152. **Seo D-G, Lee D, Kim Y-M, Song D, Kim S-Y.** Biocompatibility and Mineralization Activity of Three Calcium Silicate-Based Root Canal Sealers Compared to Conventional Resin-Based Sealer in Human Dental Pulp Stem Cells. *Materials.* **2019**;12(15):2482.
153. **Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E.** Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology.* **2018**:1-16.
154. **Lee B-N, Hong J-U, Kim S-M, Jang J-H, Chang H-S, Hwang Y-C, et al.** Anti-inflammatory and Osteogenic Effects of Calcium Silicate-based Root Canal Sealers. *Journal of endodontics.* **2019**;45(1):73-8.
155. **Pius A, Mathew J, Theruvil R, George S, Paul M, Baby A, et al.** Evaluation and Comparison of the Marginal Adaptation of an Epoxy, Calcium Hydroxide-based, and Bioceramic-based Root Canal Sealer to Root Dentin by SEM Analysis: An In Vitro Study. **2019.**
156. **Hess D, Solomon E, Spears R, He J.** Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *Journal of endodontics.* **2011**;37(11):1547-9.
157. **Benezra MK, Wismayer PS, Camilleri J.** Influence of environment on testing of hydraulic sealers. *Scientific reports.* **2017**;7(1):17927.
158. **Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi M.** Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *International endodontic journal.* **2017**;50:e120-e36.
159. **Rajasekharan S, Vercruyse C, Martens L, Verbeeck R.** Effect of exposed surface area, volume and environmental pH on the calcium ion release of three commercially available tricalcium silicate based dental cements. *Materials.* **2018**;11(1):123.
160. **López-García S, Myong-Hyun B, Lozano A, García-Bernal D, Forner L, Llena C, et al.** Cytocompatibility, bioactivity potential, and ion release of three premixed calcium silicate-based sealers. *Clinical oral investigations.* **2019**:1-11.
161. **Lee S-J, Monsef M, Torabinejad M.** Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of endodontics.* **1993**;19(11):541-4.
162. **Favieri A, Campos LC, Burity VH, Santa Cecilia M, Abad EDC.** Use of biomaterials in periradicular surgery: a case report. *Journal of endodontics.* **2008**;34(4):490-4.
163. **Maria de Lourdes RA, Holland R, Reis A, Bortoluzzi MC, Murata SS, Dezan Jr E, et al.** Evaluation of mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide cement as pulp-capping agents in human teeth. *Journal of endodontics.* **2008**;34(1):1-6.
164. **Menezes R, Bramante CM, Letra A, Carvalho VGG, Garcia RB.** Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland

- cements as wound dressings. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*. **2004**;98(3):376-9.
165. **Maroto M**. Dentin bridge formation after mineral trioxide aggregate (MTA) geitknmofie pulpotomies in primary teeth. *American journal of dentistry*. **2005**;18(3).
166. **Barrieshi-Nusair KM, Qudeimat MA**. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate for partial pulpotomy in cariously exposed permanent teeth. *Journal of endodontics*. **2006**;32(8):731-5.
167. **Jacobovitz M, De Pontes Lima RK**. The use of calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate on apexification of a replanted tooth: a case report. *Dental traumatology*. **2009**;25(3):e32-e6.
168. **Jacobovitz M, De Lima R**. Treatment of inflammatory internal root resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. *International endodontic journal*. **2008**;41(10):905-12.
169. **Prüllage R-K, Urban K, Schäfer E, Dammaschke T**. Material properties of a tricalcium silicate-containing, a mineral trioxide aggregate-containing, and an epoxy resin-based root canal sealer. *Journal of endodontics*. **2016**;42(12):1784-8.
170. **Gomes-Filho JE, Watanabe S, Bernabé PFE, de Moraes Costa MT**. A mineral trioxide aggregate sealer stimulated mineralization. *Journal of endodontics*. **2009**;35(2):256-60.
171. **Taddei P, Tinti A, Gandolfi M, Rossi P, Prati C**. Vibrational study on the bioactivity of Portland cement-based materials for endodontic use. *Journal of molecular structure*. **2009**;924:548-54.
172. **Tanomaru-Filho M, Tanomaru JM, Barros DB, Watanabe E, Ito IY**. In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. *Journal of oral science*. **2007**;49(1):41-5.
173. **Sarkar N, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I**. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*. **2005**;31(2):97-100.
174. **Rawtiya M, Verma K, Singh S, Munuga S, Khan S**. MTA-based root canal sealers. *Journal of orofacial research*. **2013**;3(1):16-21.
175. **Lee CQ, Harandi L, Cobb CM**. Evaluation of glass ionomer as an endodontic sealant: an in vitro study. *Journal of endodontics*. **1997**;23(4):209-12.
176. **Khandelwal D, Ballal NV**. Recent advances in root canal sealers *International journal of clinical dentistry*. **2016**;9(3).
177. **Friedman S, Moshonov J, Trope M**. Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. **1992**;73(5):609-12.
178. **Friedman S, Löst C, Zarrabian M, Trope M**. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of endodontics*. **1995**;21(7):384-90.
179. **Heling I, Chandler NP**. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of endodontics*. **1996**;22(5):257-9.
180. **Doumani M, Habib A, Khallof RO, Albakheet MI, Alghamdi MG, Alowyyed TI**. Activ GP system in endodontics: A review. *International journal of oral care and research*. **2019**.

181. **Somani R, Jaidka S, Jawa D, Mishra S.** Comparative evaluation of microleakage in conventional glass ionomer cements and triclosan incorporated glass ionomer cements. *Contemporary clinical dentistry*. **2014**;5(1):85.
182. **Donnermeyer D, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E, Dammaschke T.** Influence of the final irrigation solution on the push-out bond strength of calcium silicate-based, epoxy resin-based and silicone-based endodontic sealers. *Odontology*. **2019**;107(2):231-6.
183. **Zhou H-m, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y-f, Haapasalo M.** Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of endodontics*. **2013**;39(10):1281-6.
184. **Miletić I, Devčić N, Anić I, Borčić J, Karlović Z, Osmak M.** The cytotoxicity of RoekoSeal and AH plus compared during different setting periods. *Journal of endodontics*. **2005**;31(4):307-9.
185. **Tiwari S, Murthy CS, Usha H, Shivekshith A, Kumar NN, Vijayalakshmi L.** A comparative evaluation of antimicrobial efficacy and flow characteristics of two epoxy resin-based sealers-AH plus and Perma Evolution: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2018**;21(6):676.
186. **Alsubait S, Albader S, Alajlan N, Alkhunaini N, Niazy A, Almahdy A.** Comparison of the antibacterial activity of calcium silicate-and epoxy resin-based endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms: a confocal laser-scanning microscopy analysis. *Odontology*. **2019**:1-8.
187. **Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M.** Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*. **2009**;35(7):1051-5.
188. **Ishley DJ, ElDeeb ME.** An in vitro assessment of the quality of apical seal of thermomechanically obturated canals with and without sealer. *Journal of endodontics*. **1983**;9(6):242-5.
189. **Skinner RL, Himel VT.** The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers. *Journal of endodontics*. **1987**;13(7):315-7.
190. **Chadgal S, Farooq R, Purra AR, Ahangar FA, Amin K, Lone OH.** Ultrasonic Activation of a Bioceramic Sealer and Its Dentinal Tubule Penetration: An In Vitro Study. *Annals of international medical and dental research*. **2018**;4(2):51.
191. **Guinesi AS, Faria G, Tanomaru-Filho M, Bonetti-Filho I.** Influence of sealer placement technique on the quality of root canal filling by lateral compaction or single cone. *Brazilian dental journal*. **2014**;25(2):117-22.
192. **Kahn F, Rosenberg P, Schertzer L, Korthals G, Nguyen P.** An in-vitro evaluation of sealer placement methods. *International endodontic journal*. **1997**;30(3):181-6.
193. **Mod D, Bhorania K.** A Comparative in vitro Study to Evaluate Sealer Distribution using Bidirectional Spiral and Traditional Sealer Placement Techniques. *International journal of oral care & research*. **2016**;4:305-7.
194. **De-Deus G, Brandao M, Leal F, Reis C, Souza E, Luna A, et al.** Lack of correlation between sealer penetration into dentinal tubules and sealability in nonbonded root fillings. *International endodontic journal*. **2012**;45(7):642-51.
195. **Nikhil V, Singh R.** Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2013**;16(4):294.
196. **Eleazer P, Glickman G, McClanahan S, Webb T, Jusrman B.** Glossary of endodontic terms. *Editorial AAE: Chicago*. **2012**.

197. **Huang TY, Gulabivala K, Ng YL.** A bio-molecular film ex-vivo model to evaluate the influence of canal dimensions and irrigation variables on the efficacy of irrigation. *International endodontic journal.* **2008**;41(1):60-71.
198. **McGill S, Gulabivala K, Mordan N, Ng YL.** The efficacy of dynamic irrigation using a commercially available system (RinsEndo®) determined by removal of a collagen 'bio-molecular film' from an ex vivo model. *International endodontic journal.* **2008**;41(7):602-8.
199. **Machtou P.** Manual dynamic activation (MDA) technique. *Endodontic Irrigation: Springer;* 2015. p. 149-55.
200. **Gu L-s, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR.** Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *Journal of endodontics.* **2009**;35(6):791-804.
201. **Tronstad L, Barnett F, Schwartzben L, Frasca P.** Effectiveness and safety of a sonic vibratory endodontic instrument. *Dental traumatology.* **1985**;1(2):69-76.
202. <https://www.vdw-dental.com/en/products/detail/eddy/> (24.09.2019)
203. **Purra AR, Ashraf MS, Misgar OH, Ahanger FA, Chadgal S, Farooq R.** Comparison of root canal sealer penetration and distribution by novel reciprocating NITI spreader with sonic, ultrasonic and rotary methods: A confocal laser scanning microscopic study. *Annals of international medical and dental research.* **2017**;3:23-8.
204. **Lopes FC, Zangirolami C, Mazzi-Chaves JF, Silva-Sousa AC, Crozeta BM, Silva-Sousa YTC, et al.** Effect of sonic and ultrasonic activation on physicochemical properties of root canal sealers. *Journal of applied oral science : revista FOB.* **2019**;27:e20180556.
205. **Mozo S, Llana C, Forner L.** Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal.* **2012**;17(3):e512.
206. **Kim J-A, Hwang Y-C, Rosa V, Yu M-K, Lee K-W, Min K-S.** Root canal filling quality of a premixed calcium silicate endodontic sealer applied using gutta-percha cone-mediated ultrasonic activation. *Journal of endodontics.* **2018**;44(1):133-8.
207. **Dash AK, Farista S, Dash A, Bendre A, Farista S.** Comparison of three different sealer placement techniques: an in vitro confocal laser microscopic study. *Contemporary clinical dentistry.* **2017**;8(2):310.
208. **Middha M, Arora M, Khangwal M, Kedia M.** Passive ultrasonic irrigation in endodontics: a literature review. *Journal of advanced medical and dental sciences research.* **2017**;5(5):73.
209. **Frantzeska K, Christopoulos D, Chondrokoukis P.** Gutta Percha and Updated Obturating Techniques. *Journal of dental health oral disorders & therapy.* **2017**;8(2):00276.
210. **Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X.** Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *Journal of endodontics.* **2007**;33(2):106-9.
211. **Pişkin B, Aydın B, Sarıkanat M.** The effect of spreader size on fracture resistance of maxillary incisor roots. *International endodontic journal.* **2008**;41(1):54-9.
212. **Gordon M, Love R, Chandler N.** An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *International endodontic journal.* **2005**;38(2):87-96.
213. **Kaplan T, Kaplan SS, Öveçoğlu HS.** Güncel Kök Kanal Dolum Teknikleri. *Türkiye klinikleri endodonti-özel konular.* **2019**;5(2):18-24.

214. **Pereira AC, Nishiyama CK, de Castro Pinto L.** Single-cone obturation technique: a literature review. *RSBO Revista sul-brasileira de odontologia.* **2012**;9(4):442-7.
215. **Monticelli F, Sadek FT, Schuster GS, Volkmann KR, Looney SW, Ferrari M, et al.** Efficacy of two contemporary single-cone filling techniques in preventing bacterial leakage. *Journal of endodontics.* **2007**;33(3):310-3.
216. **Suguro H, Takeichi O, Hayashi M, Okamura T, Hira A, Hirano Y, et al.** Microcomputed tomographic evaluation of techniques for warm gutta-percha obturation. *Journal of oral science.* **2018**:17-0092.
217. **Brothman P.** A comparative study of the vertical and the lateral condensation of gutta-percha. *Journal of endodontics.* **1981**;7(1):27-30.
218. **Cen R, Wang R, Cheung GS.** Periodontal Blood Flow Protects the Alveolar Bone from Thermal Injury during Thermoplasticized Obturation: A Finite Element Analysis Study. *Journal of endodontics.* **2018**;44(1):139-44.
219. **Herskovitz SB, Marlin J, Stiglitz MR.** Electrically heated endodontic syringe for injecting thermoplastic material into a root canal cavity. Google Patents; 1981.
220. **Masreliez CJ.** Medical or dental probe with self-heating tip and methods for making. Google Patents; 1985.
221. **Buchanan L.** Filling root canal systems with centered condensation: concepts, instruments, and techniques. *Dentistry today.* **2004**;23(11):102
222. **Iglecias EF, Freire LG, de Miranda Candeiro GT, dos Santos M, Antoniazzi JH, Gavini G.** Presence of voids after continuous wave of condensation and single-cone obturation in mandibular molars: A micro-computed tomography analysis. *Journal of endodontics.* **2017**;43(4):638-42.
223. **Silver G, Love R, Purton D.** Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch'n Heat modified and System B. *International endodontic journal.* **1999**;32(4):287-95.
224. **Venturi M, Pasquantonio G, Falconi M, Breschi L.** Temperature change within gutta-percha induced by the System-B Heat Source. *International endodontic journal.* **2002**;35(9):740-6.
225. **Bey G.** A Complicated Endodontic Retreatment Using A New Cordless Obturation System: A Case Report. *Oral health dental journal.* **2015**;16:26.
226. Dental K. Elements free obturation system. Available from: <https://www.kerrdental.com/kerr-endodontics/elementsfree-cordless-continuous-wave-obturation-system#.>(15.09.2019)
227. **Eren SK, Örs SA, Yılmaz Z.** Effect of Post Space Preparation on Apical Obturation Quality of Teeth Obturated with Different Techniques: A Micro-computed Tomographic Study. *Journal of endodontics.* **2017**;43(7):1152-6.
228. **Gok T, Capar ID, Akcay I, Keles A.** Evaluation of different techniques for filling simulated C-shaped canals of 3-dimensional printed resin teeth. *Journal of endodontics.* **2017**;43(9):1559-64.
229. **Liewehr FR, Kulild JC, Primack PD.** Improved density of gutta-percha after warm lateral condensation. *Journal of endodontics.* **1993**;19(10):489-91.
230. **Martin H, Fischer E.** Photoelastic stress comparison of warm (Endotec) versus cold lateral condensation techniques. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology.* **1990**;70(3):325-7.

231. **Castelli WA, Caffesse RG, Pameijer CH, Diaz-Perez R, Farquhar J.** Periodontium response to a root canal condensing device (Endotec). *Oral surgery, oral medicine, oral pathology.* **1991**;71(3):333-7.
232. **Pagavino G, Giachetti L, Nieri M, Giuliani V, Russo DS.** The percentage of gutta-percha-filled area in simulated curved canals when filled using Endo Twinn, a new heat device source. *International endodontic journal.* **2006**;39(8):610-5.
233. **Kulild J, Lee C, Dryden J, Collins J, Feil P.** A comparison of 5 gutta-percha obturation techniques to replicate canal defects. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology.* **2007**;103(1):e28-e32.
234. **Soo W, Thong Y, Gutmann J.** A comparison of four gutta-percha filling techniques in simulated C-shaped canals. *International endodontic journal.* **2015**;48(8):736-46.
235. **Olson AK, Hartwell GR, Weller RN.** Evaluation of the controlled placement of injected thermoplasticized gutta-percha. *Journal of endodontics.* **1989**;15(7):306-9.
236. **Lipski M.** In vitro infrared thermographic assessment of root surface temperatures generated by high-temperature thermoplasticized injectable gutta-percha obturation technique. *Journal of endodontics.* **2006**;32(5):438-41.
237. **Tani-Ishii N, Teranaka T.** Clinical and radiographic evaluation of root-canal obturation with obtura II. *Journal of endodontics.* **2003**;29(11):739-42.
238. **Gutmann JL, Rakusin H, Powe R, Bowles WH.** Evaluation of heat transfer during root canal obturation with thermoplasticized gutta-percha. Part II. In vivo response to heat levels generated. *Journal of endodontics.* **1987**;13(9):441-8.
239. **Weller R, Koch K.** In vitro temperatures produced by a new heated injectable gutta-percha system. *International endodontic journal.* **1994**;27(6):299-303.
240. **Lokhande PR, Ghorpade RR, Srinidhi S.** A Review of Contemporary Research on Root Canal Obturation and Related Quality Assessment Techniques. *Innovative Design, Analysis and Development Practices in Aerospace and Automotive Engineering (I-DAD 2018): Springer; 2019.* p. 511-25.
241. **George JW, Michanowicz AE, Michanowicz JP.** A method of canal preparation to control apical extrusion of low-temperature thermoplasticized gutta-percha. *Journal of endodontics.* **1987**;13(1):18-23.
242. **Ruddle CJ.** Filling root canal systems: the Calamus 3-D obturation technique. *Dentistry today.* **2010**;29(76):78-81.
243. **Gupta R, Dhingra A, Panwar NR.** Comparative evaluation of three different obturating techniques lateral compaction, Thermafil and Calamus for filling area and voids using cone beam computed tomography: an invitro study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR.* **2015**;9(8):ZC15.
244. **Shenoi PR, Makade CS, Kubde R, Badole GP, Patil VD, Dhande VM.** Comparative evaluation of different techniques used to obturate experimental internal resorptive Defects-An in vitro study. *Endodontology* **2014**;26:286-90.
245. **Weller RN, Kimbrough WF, Anderson RW.** A comparison of thermoplastic obturation techniques: adaptation to the canal walls. *Journal of endodontics.* **1997**;23(11):703-6.
246. **Bertacci A, Baroni C, Breschi L, Venturi M, Prati C.** The influence of smear layer in lateral channels filling. *Clinical oral investigations.* **2007**;11(4):353-9.

247. **Frajlich S, Goldberg F, Massone E, Cantarini C, Artaza L.** Comparative study of retreatment of Thermafil and lateral condensation endodontic fillings. *International endodontic journal*. **1998**;31(5):354-7.
248. **Marques-Ferreira M, Abrantes M, Ferreira H-D, Caramelo F, Botelho M-F, Carrilho E-V.** Sealing efficacy of system B versus Thermafil and Guttacore obturation techniques evidenced by scintigraphic analysis. *Journal of clinical and experimental dentistry*. **2017**;9(1):e56.
249. **Mancino D, Kharouf N, Hemmerlé J, Haïkel Y.** Microscopic and Chemical Assessments of the Filling Ability in Oval-Shaped Root Canals Using Two Different Carrier-Based Filling Techniques. *European journal of dentistry*. **2019**;13(02):166-71.
250. **Li G-h, Niu L-n, Selem LC, Eid AA, Bergeron BE, Chen J-h, et al.** Quality of obturation achieved by an endodontic core-carrier system with crosslinked gutta-percha carrier in single-rooted canals. *Journal of dentistry*. **2014**;42(9):1124-34.
251. **Wong AW-Y, Zhang S, Li SK-Y, Zhang C, Chu C-H.** Clinical studies on core-carrier obturation: a systematic review and meta-analysis. *BMC oral health*. **2017**;17(1):167.
252. **Ersoy I, Evcil MS.** Evaluation of the effect of different root canal obturation techniques using two root canal sealers on the fracture resistance of endodontically treated roots. *Microscopy research and technique*. **2015**;78(5):404-7.
253. **Gencoglu N, Yildirim T, Garip Y, Karagenc B, Yilmaz H.** Effectiveness of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities. *International endodontic journal*. **2008**;41(10):836-42.
254. **Beasley RT, Williamson AE, Justman BC, Qian F.** Time required to remove guttacore, thermafil plus, and thermoplasticized gutta-percha from moderately curved root canals with protaper files. *Journal of endodontics*. **2013**;39(1):125-8.
255. **Jorgensen B, Williamson A, Chu R, Qian F.** The Efficacy of the WaveOne Reciprocating File System versus the ProTaper Retreatment System in endodontic retreatment of two different obturating techniques. *Journal of endodontics*. **2017**;43(6):1011-3.
256. **Santos MD, Walker III WA, Carnes Jr DL.** Evaluation of apical seal in straight canals after obturation using the Lightspeed sectional method. *Journal of endodontics*. **1999**;25(9):609-12.
257. **Carneiro S, Sousa-Neto M, Rached-Júnior F, Miranda C, Silva S, Silva-Sousa Y.** Push-out strength of root fillings with or without thermomechanical compaction. *International endodontic journal*. **2012**;45(9):821-8.
258. **Leonardo MV, Goto EH, Torres CR, Borges AB, Carvalho CA, Barcellos DC.** Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *Journal of oral science*. **2009**;51(4):593-9.
259. **Michelotto ALdC, Moura-Netto C, Araki ÂT, Akisue E, Moura AAM, Sydney GB.** In vitro analysis of thermocompaction time and gutta-percha type on quality of main canal and lateral canals filling. *Brazilian oral research*. **2010**;24(3):290-5.
260. **Tagger M, Tamse A, Katz A, Korzen BH.** Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction. *Journal of endodontics*. **1984**;10(7):299-303.
261. **Malagnino VA, Passariello P.** Microseal technique. *Endodontics*. **2004**;2.
262. **Garg N, Garg A.** Textbook of endodontics: Boydell & Brewer Ltd; **2010**.

263. **Poggio C.** Gutta-Percha Solvents Alternative to Chloroform: An In Vitro Comparative Evaluation. *EC Dental science*. **2017**;15:51-6.
264. **Russell A, Friedlander L, Chandler N.** Sealer penetration and adaptation in root canals with the butterfly effect. *Australian endodontic journal*. **2018**;44(3):225-34.
265. **Gunes B, Yeter KY, Terlemez A, Seker B, Altay Y.** Dentine tubule penetration of endodontic sealers after nonthermal plasma treatment: A confocal laser scanning microscopy study. *Microscopy research and technique*. **2019**;82(6):903-8.
266. **Türker SA, Uzunoglu E, Purali N.** Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*. **2018**;12(4):294.
267. **Michelich V, Schuster G, Pashley DH.** Bacterial penetration of human dentin in vitro. *Journal of dental research*. **1980**;59(8):1398-403.
268. **Pashley DH, Michelich V, Kehl T.** Dentin permeability: effects of smear layer removal. *Journal of prosthetic dentistry*. **1981**;46(5):531-7.
269. **Shahravan A, Haghdoost A-A, Adl A, Rahimi H, Shadifar F.** Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of endodontics*. **2007**;33(2):96-105.
270. **Violich D, Chandler N.** The smear layer in endodontics—a review. *International endodontic journal*. **2010**;43(1):2-15.
271. **Kuçi A, Alaçam T, Yavaş Ö, Ergül-Ulger Z, Kayaoglu G.** Sealer penetration into dentinal tubules in the presence or absence of smear layer: a confocal laser scanning microscopic study. *Journal of endodontics*. **2014**;40(10):1627-31.
272. **Chandra SS, Shankar P, Indira R.** Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Journal of endodontics*. **2012**;38(10):1412-6.
273. **Mjör I, Smith M, Ferrari M, Mannocci F.** The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International endodontic journal*. **2001**;34(5):346-53.
274. **De Deus GA, Gurgel-Filho ED, Maniglia-Ferreira C, Coulinho-Filho T.** The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Australian endodontic journal*. **2004**;30(1):23-8.
275. **Russell AA, Chandler NP, Hauman C, Siddiqui AY, Tompkins GR.** The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. *Journal of endodontics*. **2013**;39(2):208-10.
276. **Gu Y, Perinpanayagam H, Kum DJ, Yoo Y-J, Jeong J-S, Lim S-M, et al.** Effect of different agitation techniques on the penetration of irrigant and sealer into dentinal tubules. *Photomedicine and laser surgery*. **2017**;35(2):71-7.
277. **Minsky M.** Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*. **1988**;10(4):128-38.
278. **Rashid H.** Application of confocal laser scanning microscopy in dentistry. *Journal of advanced microscopy research*. **2014**;9(4):245-52.
279. **Semwogerere D, Weeks ER.** Confocal microscopy. *Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering*. **2005**;23:1-10.

280. **García-Herraiz A, Leiva-García R, Cañigral-Ortiz A, Silvestre FJ, García-Antón J.** Confocal laser scanning microscopy for the study of the morphological changes of the postextraction sites. *Microscopy research and technique*. **2012**;75(4):513-9.
281. **Carvalho FGd, Puppini-Rontani RM, Fúcio SBPd, Negrini TdC, Carlo HL, Garcia-Godoy F.** Analysis by confocal laser scanning microscopy of the MDPB bactericidal effect on *S. mutans* biofilm CLSM analysis of MDPB bactericidal effect on biofilm. *Journal of applied oral science*. **2012**;20(5):568-75.
282. **Torres-Lagares D, Rodríguez-Martos R, Castellanos-Cosano L, Yáñez-Vico R, Segura-Egea JJ, Gutiérrez-Pérez JL.** Confocal microscopy: A valid approach to evaluate the three-dimensional characteristics of root-end cavities. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*. **2013**;18(3):e542.
283. **Jones S, Boyde A.** Histomorphometry of Howship's lacunae formed in vivo and in vitro: depths and volumes measured by scanning electron and confocal microscopy. *Bone*. **1993**;14(3):455-60.
284. **Al-Nawas B, Grötz K, Götz H, Heinrich G, Rippin G, Stender E, et al.** Validation of three-dimensional surface characterising methods: Scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. *Scanning*. **2001**;23(4):227-31.
285. **Gurgel-Filho ED, Leite FM, Lima JBd, Montenegro JPC, Saavedra F, Silva EJNL.** Comparative evaluation of push-out bond strength of a MTA-based root canal sealer. *Brazilian journal of oral sciences*. **2014**;13(2):114-7.
286. **Neelakantan P, Varughese A, Sharma S, Subbarao C, Zehnder M, De-Deus G.** Continuous chelation irrigation improves the adhesion of epoxy resin-based root canal sealer to root dentine. *International endodontic journal*. **2012**;45(12):1097-102.
287. **Topçuoğlu HS, Tuncay Ö, Demirbuga S, Dinçer AN, Arslan H.** The Effect of Different Final Irrigant Activation Techniques on the Bond Strength of an Epoxy Resin-based Endodontic Sealer: A Preliminary Study. *Journal of endodontics*. **2014**;40(6):862-6.
288. **Hashem AAR, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY.** The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *Journal of endodontics*. **2009**;35(4):537-40.
289. **Sirisha K, Rambabu T, Shankar YR, Ravikumar P.** Validity of bond strength tests: A critical review: Part I. *Journal of conservative dentistry : JCD*. **2014**;17(4):305-11.
290. **Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al.** Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental materials*. **2010**;26(2):e100-e21.
291. **Akbulut MB, Belli S.** Kök Kanal Dentinine Bağlantı: Güncel Test Yöntemlerine Genel Bakış. *Turkiye klinikleri endodontics-special topics*. **2017**;3(1):70-7.
292. **DeHoff PH, Anusavice KJ, Wang Z.** Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. *Dental materials*. **1995**;11(2):126-31.
293. **Armstrong S, Geraldini S, Maia R, Raposo LHA, Soares CJ, Yamagawa J.** Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dental materials*. **2010**;26(2):e50-e62.
294. **Ørstavik D, Eriksen H, BEYER-OLSEN EM.** Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *International endodontic journal*. **1983**;16(2):59-63.

295. **Tian Y, Mu Y, Setzer FC, Lu H, Qu T, Yu Q.** Failure of fiber posts after cementation with different adhesives with or without silanization investigated by pullout tests and scanning electron microscopy. *Journal of endodontics*. **2012**;38(9):1279-82.
296. **Pereira RD, Brito-Junior M, Guimarães KR, Mendes LdO, Soares CJ, SOUSA-NETO MD.** Does MTA affect fiber post retention in repaired cervical root canal perforations? *Brazilian oral research*. **2016**;30(1).
297. **Chen W-P, Chen Y-Y, Huang S-H, Lin C-P.** Limitations of push-out test in bond strength measurement. *Journal of endodontics*. **2013**;39(2):283-7.
298. Dental tips. <https://www.acteongroup.com/en/products/equipment/ultrasonics/tips> (15.09.2019)
299. **Gharib SR, Tordik PA, Imamura GM, Baginski TA, Goodell GG.** A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *Journal of endodontics*. **2007**;33(8):957-61.
300. **Moon Y-M, Shon W-J, Baek S-H, Bae K-S, Kum K-Y, Lee W.** Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *Journal of endodontics*. **2010**;36(4):732-6.
301. **Deniz Sungur D, Purali N, Coşgun E, Calt S.** Push-out bond strength and dentinal tubule penetration of different root canal sealers used with coated core materials. *Restorative dentistry & endodontics*. **2016**;41(2):114-20.
302. **Ruddle CJ.** Endodontic triad for success: the role of minimally invasive technology. *Dentistry today*. **2015**;34(5):76-80.
303. **West LA, LaBounty GL, Keller DL.** Obturation quality utilizing ultrasonic cleaning and sealer placement followed by lateral condensation with gutta-percha. *Journal of endodontics*. **1989**;15(11):507-11.
304. **Moon Y-M, Kim H-C, Bae K-S, Baek S-H, Shon W-J, Lee W.** Effect of laser-activated irrigation of 1320-nanometer Nd: YAG laser on sealer penetration in curved root canals. *Journal of endodontics*. **2012**;38(4):531-5.
305. **Bernardes RA, de Amorim Campelo A, Junior DSS, Pereira LO, Duarte MAH, Moraes IG, et al.** Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontology*. **2010**;109(1):e47-e9.
306. **Galler K, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, et al.** Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *International endodontic journal*. **2019**.
307. **Parashos P, Phoon A, Sathorn C.** Effect of ultrasonication on physical properties of mineral trioxide aggregate. *BioMed research international*. **2014**;2014.
308. **Aguirre AM, El Deeb ME, Aguirre R.** The effect of ultrasonics on sealer distribution and sealing of root canals. *Journal of endodontics*. **1997**;23(12):759-64.
309. **Gomes MS, Barletta FB, Della Bona A, Vanni JR, Pereira CdC, Figueiredo JAPd.** Microbial leakage and apical inflammatory response in dog's teeth after root canal filling with different sealers, post space preparation and exposure to the oral environment. *Journal of applied oral science*. **2007**;15(5):429-36.

310. **Pereira CdC, De Oliveira EPM, Gomes MS, Della-Bona A, Vanni JR, Kopper PMP, et al.** Comparative in vivo analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in dog teeth after post-space preparation. *Australian endodontic journal*. **2007**;33(3):101-6.
311. **Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N.** Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *Journal of endodontics*. **2010**;36(4):721-4.
312. **de Gregorio C, Arias A, Navarrete N, del Rio V, Oltra E, Cohenca N.** Effect of apical size and taper on volume of irrigant delivered at working length with apical negative pressure at different root curvatures. *Journal of endodontics*. **2013**;39(1):119-24.
313. **Dummer P, Alodeh M, Doller R.** Shaping of simulated root canals in resin blocks using files activated by a sonic handpiece. *International endodontic journal*. **1989**;22(5):211-25.
314. **Johnson M, Sidow SJ, Looney SW, Lindsey K, Niu L-n, Tay FR.** Canal and isthmus debridement efficacy using a sonic irrigation technique in a closed-canal system. *Journal of endodontics*. **2012**;38(9):1265-8.
315. **Niu L-n, Luo X-j, Li G-h, Bortoluzzi EA, Mao J, Chen J-h, et al.** Effects of different sonic activation protocols on debridement efficacy in teeth with single-rooted canals. *Journal of dentistry*. **2014**;42(8):1001-9.
316. **Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, van der Sluis LW.** Evaluation of a sonic device designed to activate irrigant in the root canal. *Journal of endodontics*. **2010**;36(1):143-6.
317. **Zeng C, Willison J, Meghil MM, Bergeron BE, Cutler CW, Tay FR, et al.** Antibacterial efficacy of an endodontic sonic-powered irrigation system: An in vitro study. *Journal of dentistry*. **2018**;75:105-12.
318. **Rödig T, Koberg C, Baxter S, Konietschke F, Wiegand A, Rizk M.** Micro-CT evaluation of sonically and ultrasonically activated irrigation on the removal of hard-tissue debris from isthmus-containing mesial root canal systems of mandibular molars. *International endodontic journal*. **2019**.
319. **Oliveira KVd, Silva BMd, Leonardi DP, Crozeta BM, Sousa-Neto MDD, Baratto-Filho F, et al.** Effectiveness of different final irrigation techniques and placement of endodontic sealer into dentinal tubules. *Brazilian oral research*. **2017**;31.
320. **Marciano M, Ordinola-Zapata R, Cunha T, Duarte MAH, Cavenago B, Garcia RB, et al.** Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *International endodontic journal*. **2011**;44(4):321-9.
321. **Al-Hiyasat AS, Alfirjani SA.** The effect of obturation techniques on the push-out bond strength of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of dentistry*. **2019**;89:103169.
322. **Ozkocak I, Sonat B.** Evaluation of effects on the adhesion of various root canal sealers after Er: YAG laser and irrigants are used on the dentin surface. *Journal of endodontics*. **2015**;41(8):1331-6.
323. **Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Ørstavik D.** Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *Journal of endodontics*. **2003**;29(9):595-601.
324. **Jainaen A, Palamara JE, Messer HH.** The effect of a resin-based sealer cement on micropunch shear strength of dentin. *Journal of endodontics*. **2008**;34(10):1215-8.
325. **Machado R, NETO S, Carneiro E, Fariniuk LF, WESTPHALEN VPD, Cunha RS.** Lack of correlation between tubular dentine cement penetration, adhesiveness and leakage in roots filled

with gutta percha and an endodontic cement based on epoxy amine resin. *Journal of applied oral science*. **2014**;22(1):22-8.

326. **Gade VJ, Belsare LD, Patil S, Bhede R, Gade JR.** Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry: JCD*. **2015**;18(2):124.

327. **Rached-Júnior FJA, Souza AM, Macedo LMD, Raucci-Neto W, Baratto-Filho F, Silva BM, et al.** Effect of root canal filling techniques on the bond strength of epoxy resin-based sealers. *Brazilian oral research*. **2016**;30(1).

328. **Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Camilleri J.** Investigation of the effect of sealer use on the heat generated at the external root surface during root canal obturation using warm vertical compaction technique with System B heat source. *Journal of endodontics*. **2014**;40(4):555-61.

329. **Atmeh AR, AlShwaimi E.** the effect of heating time and temperature on epoxy resin and calcium silicate-based endodontic sealers. *Journal of endodontics*. **2017**;43(12):2112-8.

330. **Hammad M, Qualtrough A, Silikas N.** Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study. *Journal of endodontics*. **2009**;35(4):541-4.

331. **Bolles JA, He J, Svoboda KK, Schneiderman E, Glickman GN.** Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *Journal of endodontics*. **2013**;39(5):708-11.

332. **Macedo R, Verhaagen B, Rivas DF, Gardeniers JG, Van der Sluis L, Wesselink P, et al.** Sonochemical and high-speed optical characterization of cavitation generated by an ultrasonically oscillating dental file in root canal models. *Ultrasonics sonochemistry*. **2014**;21(1):324-35.

333. **EL-Ma'aita AM, Qualtrough AJ, Watts DC.** A micro-computed tomography evaluation of Mineral Trioxide Aggregate root canal fillings. *Journal of endodontics*. **2012**;38(5):670-2.

334. **Viapiana R, Baluci C, Tanomaru-Filho M, Camilleri J.** Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *International endodontic journal*. **2015**;48(1):16-27.

8. EKLER

Ek 1: Etik Kurul Onayı

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU ONAYI
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY CLINICAL RESEARCHES ETHICS COMMITTEE APPROVAL

Sayı : 131

26.3.2019

Konu: Kararlar

| | | |
|---|--|--|
| BAŞVURU BİLGİLERİ (APPLICATION INFORMATION) | ARAŞTIRMANIN ADI (TITLE OF THE PROJECT) | Kanal Panı Aktivasyon Yöntemlerinin Farklı Kök Kanal Dolum Teknikleri ile Birlikte Uygulandığında Dentin Penetrasyonu ve Bağlantı Dayanımına Etkisinin İncelenmesi: CLSM Değerlendirmesi |
| | ARAŞTIRMANIN İNGİLİZCE ADI (TITLE OF THE PROJECT) | Investigation of the Effect of Sealer Activation Methods on Dentin Penetration and Bond Strength when Applied with Different Root Canal Filling Techniques: CLSM Evaluation. |
| | SORUMLU ARAŞTIRMACI (PRINCIPAL INVESTIGATOR) | Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÖZKOÇAK |
| | DiĞER ARAŞTIRMACILAR (OTHER INVESTIGATORS) | Arş. Gör. Seda TAN İPEK |
| | ARAŞTIRMA MERKEZİ (RESEARCH CENTER) | Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı |

| | | |
|---------------------|---|--------------------------|
| KARAR (DECISION) | Karar no (Decision No): 2019/44 | Tarih (Date): 07.03.2019 |
| | Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÖZKOÇAK'ın sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma dosyası ve ilgili belgelerin incelenmesi sonucunda araştırmanın gerçekleştirilmesinde etik yönden sakınca olmadığına mevcutun oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir. | |

| Üyeler | Uzmanlık alanı | Kurumu | İmzası |
|---|-----------------------------------|---|--------|
| Prof. Dr. İdris TÜREL (Başkan) | Farmakoloji | BAİBÜ Tıp Fakültesi | |
| Doç. Dr. İsa YILDIZ (Başkan Yrd.) | Anesteziyoloji ve Reanimasyon | BAİBÜ Tıp Fakültesi | |
| Doç. Dr. Mehmet Hamid BOZTAŞ (Üye) | Ruh Sağlığı Hastalıkları | BAİBÜ Tıp Fakültesi | |
| Dr. Öğr. Üyesi Erkan KILINÇ (Bildirimlerden sorumlu üye) | Fizyoloji | BAİBÜ Tıp Fakültesi | |
| Dr. Öğr. Üyesi Oya KALAYCIOĞLU (Üye) | Biyoistatistik | BAİBÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi | |
| Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Hayati ATALA (Üye) | Protetik Diş Tedavisi | BAİBÜ Diş Hekimliği Fakültesi | |
| Dr. Öğr. Üyesi Tamer ÇANKAYA (Üye) | Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon | BAİBÜ Sağlık Bilimleri Fakültesi | |
| Dr. Öğr. Üyesi Makbule TOKUR KESGIN (Üye) | Hemşirelik | BAİBÜ Sağlık Bilimleri Fakültesi | |
| Dr. Öğr. Üyesi Kutlu AYDIN (Üye) | Antrenörlük | BAİBÜ Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu | |
| Dr. Hatice Selen SÖYLEMEZ (Üye) | Eczacı | Özel Eczane (BOLU) | |
| Av. Huri Hülya GÜNEŞ COŞKUN (Üye) | Hukukçu | Özel Hukuk Bürosu (BOLU) | |
| Ramazan KAYNARPINAR (Sivil-Üye) | Esnaf | Serbest Meslek (BOLU) | |

9. ÖZGEÇMİŞ

Seda TAN İPEK 05.03.1989 tarihinde Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Samsun'da tamamladı. 2007 yılında 19 Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ne girdi ve 2012 yılında mezun oldu. Yozgat'ın Akdağmadeni ilçesi Devlet Hastanesi'nde 2013-2017 yılları arasında diş hekimi olarak görev yaptı. 2017 yılında Diş Hekimliğinde uzmanlık eğitimi kapsamında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı bölümde çalışmakta olup uzmanlık eğitimine devam etmektedir.

