

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

**DÖRT FARKLI KÖK KANAL DOLGU PATİNİN DENTİN
TÜBÜL PENETRASYONU YÖNÜNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ: KONFOKAL MİKROSKOBİK
ÇALIŞMA**

Dt. Ahmet KELEŞ

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

**ANKARA
2015**

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

**DÖRT FARKLI KÖK KANAL DOLGU
PATININ DENTİN TÜBÜL PENETRASYONU YÖNÜNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ: KONFOKAL MİKROSKOBİK
ÇALIŞMA**

Dt. Ahmet KELEŞ

**UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. M. Özgür Uyanık**

**ANKARA
2015**

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına

Dt. Ahmet KELEŞ 17.12.2015 tarihinde jürimiz önünde yaptığı savunmasında “Dört Farklı Kök Kanal Dolgu Patının Dentin Tübül Penetrasyonu Yönünden Değerlendirilmesi: Konfokal Mikroskopik Çalışma” başlıklı çalışması jürimiz tarafından Endodonti Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Bahar ÖZÇELİK
Hacettepe Üniversitesi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. M. Özgür UYANIK
Hacettepe Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Berna ASLAN
Ankara Üniversitesi

ONAY Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda jüri üyeleri tarafından görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet SERPER
Dekan Vekili

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimimde benimle bilgi ve tecrübelerini paylaşmaktan çekinmeyen, özellikle bu uzmanlık tezinin ortaya çıkmasındaki katkı ve emekleri için tez danışmanlarım ve değerli hocalarım Prof. Dr. M. Ömer Görduysus'a ve Doç. Dr. M. Özgür Uyanık'a,

CLSM ile gerçekleştirilen görüntülemelerdeki katkıları için Prof. Dr. Nuhan Puralı'ya ve istatistiksel değerlendirmelerdeki katkıları için Dr. Sevilay Karahan'a,

Benden yardımlarını, tecrübelerini ve samimiyetlerini esirgemeyen, mesleki olgunlaşmamda çok büyük yerleri olan, çok sevdiğim ağabeylerim Doç. Dr. M. Özgür Uyanık'a ve Doç. Dr. Z. Emre Nagaş'a

Üniversite hayatıma başladığım andan itibaren, bu mesleği bizlere öğreten ve sevdiren, doktora eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen bölümümüz öğretim üyesi ve görevlilerine, klinik çalışmalarımız boyunca birlikte çalıştığımız bölümümüz idari personeline,

Uzmanlık eğitimim boyunca, tecrübelerine sıkça başvurduğum ve bu konuda yardımlarını esirgemeyen, çok sevdiğim abi ve ablalarım Dr. Eda Ezgi Aslantaş'a, Dr. Ayhan Eymirli'ye, Dr. Emel Uzunoğlu'na, Dr. Selen Küçükkaya Eren'e, Dt. Çiğdem Çetin Canbazoglu'na, Dt. Hacer Aksel'e,

Dostluklarına, sevgilerine, ve samimiyetlerine inandığım, birlikte geçirdiğimiz günleri benim için anlamlı ve güzel kılan çok değerli dostlarım, çok özel kalacak olan tüm çalışma arkadaşlarım, Dt. Sevinç Askerbeyli Örs'e, Dt. İdil Arıker'e, Dt. Işıl Özışık'a, Dt. Çiğdem Dik'e, Dt. Merve Işık'a, Dt. Özge Erdoğan'a, Dt. Ceren Bayram'a, Dt. Elifcan Ayhan'a, Dt. Göknur Topaloğlu'na, Dt. E. Didem Yalçın'a, Dt. Hatice Alpay'a, Dt. Ezgi Doğan'a,

Son olarak karşılıksız sevgi ve emeklerini esirgemeyen, ve beni bu günlere getiren, umutsuz olduğum her anda yanımda olan canım anneme, canım babama, ve canım ablama içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (014 D07 201 002-679 (1924)) tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

Keleş, A. Dört farklı kök kanal dolgu patının dentin tübül penetrasyonu yönünden değerlendirilmesi: konfokal mikroskopik çalışma. Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Programı Uzmanlık Tezi, Ankara 2015

Bu çalışmada dört farklı endodontik patın; MTA Fillapex, iRoot SP, AH Plus ve MetaSeal'in dentin tübül penetrasyon derinliği, penetrasyon alanı ve kanal çevresine olan penetrasyon yüzdesinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada çekilmiş 40 adet tek köklü insan dişi kullanılmıştır. Kökler belirli bir uzunluğa standardize edilerek kron kısımları uzaklaştırılmıştır. Kemomekanik preparasyonda mtwo rotary sistemler kullanılmıştır. İrrigasyon solüsyonları olarak %2.5 oranında sodyum hipoklorit ve smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla %17 EDTA kullanılmıştır. Dişler 4 gruba ayrılıp (n=10) her bir grup bu patlardan biri ile doldurulacaktır. Patlar, obturasyondan önce, floresan görüntü sağlamak amacıyla %0.1 oranında Rodamin B ile işaretlenmiştir. Kanal dolgusu tamamlandıktan sonra patların sertleşmesi beklenmiş, sertleşmeden sonra kanalların orta üçlüsünden 1 mm kalınlığında horizontal kesitler alınmıştır. Örnekler CLSM (Confocal Laser Scanning Mikroskop) ile görüntülenmiştir. Dentin tübül penetrasyon derinliği, penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon alanı dijital ortamda hesaplanmıştır. Verilerin istatistiksel analizinde; One Way Anova ve Kruskal Wallis testleri kullanıldı Elde edilen sonuçlarda, dört pat birbirinden farklı sonuçlar verse de, gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Anahtar kelimeler: Confocal Laser Scanning Microscop, Dentin Tübül Penetrasyonu, Endodontik Patlar

Destekleyen kurumlar: H.Ü.B.A.B, Destek Projesi (014 D07 201 002-679 (1924))

ABSTRACT

Keleş, A. Evaluation of dentinal tubul penetration of four endodontic sealers: a confocal microscop study. Hacettepe University Faculty of Dentistry Department of Endodontics, Specialization Thesis, Ankara 2015

The aim of this in vitro study was to evaluate the penetration of four different endodontic sealers into radicular dentinal tubules via confocal microscopy. Forty single-rooted teeth prepared using Mtwo rotary files and 2.5% sodium hypochlorite (NaOCl) and 17% EDTA were used as irrigation solutions. Teeth were allocated into four groups, containing 10 teeth in each group. Before the obturation, sealers labeled with 0.1% Rhodamine B. After that, teeth were obturated with MTA Fillapex, iRoot SP, AH Plus and MetaSeal sealers and gutta percha as the core material. The teeth were sectioned horizontally and examined under confocal microscope to determine the depth of penetration, penetration area and percentage of penetration of the sealers into the dentinal tubules. Data analysed with one-way ANOVA and Kruskal Wallis tests and showed that there was no significant difference in dentinal tubule penetration of sealers between the experimental groups.

Key words: Confocal Laser Scanning Microscop, Dentinal Tubule Penetration, Endodontic Sealers

Supported by H.Ü.B.A.B, Project Support (014 D07 201 002-679(1924))

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
GRAFİKLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kök Kanallarını Doldurma	3
2.2. Kök Kanallarında Kullanılan Patlar	4
2.2.1. Çinko-Oksit Ojenol İçerikli Patlar	6
2.2.2. Rezin Bazlı Patlar	9
2.2.3. Cam İyonomer Esaslı Patlar	13
2.2.4. Biyoseramik Esaslı Patlar	14
2.2.5. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar	16
2.3. Bu Çalışmada Kullanılan Patlar	16
2.3.1. AH Plus	16
2.3.2. MTA Fillapex	17
2.3.3. İRoot SP	18
2.3.4. MetaSeal	19
2.4. Kök-kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu incelemede kullanılan yöntemler	20
3. GEREÇ VE YÖNTEM	22
3.1. Dişlerin Seçimi	22
3.2. Kök Kanallarının kemomekanik preparasyonu	22
3.3. Kök Kanallarının doldurulması	23

3.4. Örneklerin hazırlanması	27
3.5. CLSM ile patların dentin tübüllerine penetrasyonunun değerlendirilmesi	29
4. BULGULAR	34
5. TARTIŞMA	41
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

NaOCl	Sodyum Hipoklorit
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
ZOE	Çinko Oksit Ojenol
μm	Mikrometre
μm^2	Mikrometrekare
Dk	Dakika
mL	Mililitre
nm	Nanometre
mm	Milimetre
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
Std. Sapma	Standart sapma
SEM	Scanning electron microscope
CLSM	Confocal laser scanning microscope
CRSC	Calcibiotic Root Canal Sealer
MTA	Mineral Trioksit Aggregate
4-META	4-metakriloiloksietil trimellitat anhidrat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Çalışmamızda kullanılacak olan patlar	21
Şekil 3.1.	Dışlerin deney aşamasına geçilmeden önce farklı aşamalarda çekilen radyografları	24
Şekil 3.2.	Kullanılan pata %0.1 oranında Rodamin-b ilave edilirken kullanılan hassas tartı.	25
Şekil 3.3.	Örneklerin kök kanal dolgularının tamamlanması	25
Şekil 3.4.	Fazlalık güta perkalar ısıtılmış aletler yardımıyla uzaklaştırıldı ve kaviteler Cavit materyali ile kapatıldı.	26
Şekil 3.5.	Dışler doldurulduktan sonra elde edilen radyograflar.	26
Şekil 3.6.	Örnekleri akrile yerleştirmek için kullanılan silikon kalıplar	27
Şekil 3.7.	Apikali açıktaki bırakacak şekilde akrile alınmış örnekler	27
Şekil 3.8.	Kesit alma cihazı ve kesit alma prosedürü	28
Şekil 3.9.	Alınan kesitlerden bir örnek	29
Şekil 3.10.	Alınan kesitlerin lama yerleştirilmesi	30
Şekil 3.11.	Kesitlerin incelendiği Confocal laser taramalı mikroskop	31
Şekil 3.12.	Kanal duvarlarındaki penetrasyon yüzdesinin ölçülmesi	32
Şekil 3.13.	Dentin tübül penetrasyon alanının ölçülmesi	33
Şekil 3.14.	Maksimum penetrasyon derinliği'nin ölçülmesi	33
Şekil 4.1.	CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları	38
Şekil 4.2.	CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları	39
Şekil 4.3.	CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları	40

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 4.1.	Grupların dentin tübül penetrasyon alanlarını gösteren kutu-çizgi grafiği.	35
Grafik 4.2.	Grupların maksimum penetrasyon derinliklerini gösteren kutu-çizgi grafiği.	36
Grafik 4.3.	Grupların kanal duvarlarına olan yüzdeleri gösteren kutu-çizgi grafiği.	37

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1.	Grupların dentin tübül penetrasyon alanlarına ait değerler	35
Tablo 4.2.	Grupların maksimum penetrasyon derinliğine ait değerler	36
Tablo 4.3.	Grupların kanal duvarların olan penetrasyon yüzdelerine ait değerler	37

1. GİRİŞ

Başarılı bir endodontik tedavinin amacı, kök kanallarının uygun bir şekilde genişletilip, dezenfekte edilip, hastalıklı dokuları uzaklaştırmak, kök kanallarındaki ve dentin tübüllerindeki mikroorganizma mevcudiyetini yok etmek, sonra inert, boyutsal olarak stabil ve biyolojik olarak uyumlu bir kanal dolgu materyali ile apikal foramene kadar hermetik bir şekilde üç boyutlu olarak doldurmaktır (1-4) .

Bakteriler pulpal ve periapikal doku patolojilerinin bir numaralı sebebidir (5,6). Kemomekanik preparasyondan sonra bile kök-kanal sisteminde hala bakteriler saptanabilmektedirler (7,8). Kök kanalının yanı sıra, mekanik temizlemeyle ulaşılamayan dentin tübüllerinde, aksesuar ve yan kanallarda, apikal deltalarda ve kanal anastomozlarında mikroorganizmalara rastlanabilir. (8-10) Rezidüel mikroorganizmaların kontrolü için, smear tabakasının uzaklaştırılması ve seanslar arası kanal içi medikasyon gibi yöntemler önerilmektedir (4,11). Aynı zamanda dentin tübüllerine olan pat penetrasyonu tübüllerdeki rezidüel mikroorganizmaları tübül içerisinde hapsederek bakteriyel kolonizasyonu ve re-enfeksiyonu önler. Antimikrobiyal ajanlar içeren patlar daha yakın temastan ötürü tübül içerisindeki artık bakterilere karşı antimikrobiyal etki gösterirler (4,11-13). Kök kanal patları, kor materyali ile kök kanal duvarları arasındaki boşlukları doldurur aynı zamanda dentin tübüllerinin yanı sıra lateral ve aksesuar kanallara da penetre olurlar, bu durum kök dentini ile doldurma materyalleri arasındaki arayüzü arttırır, ve mekanik tutunmayı da arttırarak kor materyali ile kanal duvarı arasında mekanik bir kilit oluşturur. Kök kanal dolgusu ile kanal duvarlarının adaptasyonunu kuvvetlendirir (4,13-16).

Kanal duvarları, kök kanal enstrümantasyonu sonucu, organik ve inorganik doku artıklarından oluşan bir "smear tabakası" ile kaplanır (8,17-19). Bu tabaka bakteri ve bakteri ürünleri içerebilir (4,8). Oluşan bu smear tabakası dentin tübüllerini tıkar (15-21) ve antimikrobiyal ajanların, irrigasyon solüsyonlarının veya kanal içi medikasyon ilaçlarının tübüllere girmesini geciktirir, veya engel olur (7,16,19,22). Aynı zamanda patların dentin tübüllerine penetre olmasını da engeller (12,15,19,23).

Smear tabakasının partikülleri çok küçüktür ve yüzey-kütle oranları (*surface-mass ratio*) oldukça yüksektir. Bu da onları asit solüsyonları içerisinde çözünebilir yapar (24). Şelasyon ajanı olan asitler (*Etilendiamin tetraasetik asit -EDTA- vs.*) smear tabakasının inorganik komponentlerini çözerken, geriye kalan pulpa artıkları ve preentin gibi organik dokuları da sodyum hipoklorit çözer. Böylece kanal duvarlarında dentin tübüllerinin ağızları iyice temizlenip açılır ve görünür hale gelir (16,19,25,26). Şelasyon ajanlarının ve sodyum hipoklorit'in smear tabakasını kaldırmada kombine kullanımı Goldman ve diğ. (25) ve Yamada ve diğ. (16) tarafından denenmiştir. Bu tabakanın uzaklaştırılması kök kanal sistemi ve dentin tübüllerinde daha etkin bir temizlik ve dezenfeksiyon sağlar (4). Aynı zamanda endodontik tedavide kullanılan kök kanal patlarının tübüllere değişik derinliklerde penetre olmasını sağlar (12,15,26).

Kullanılan patların fiziksel ve kimyasal özellikleri de penetrasyon derinliği miktarında etkilidir (14,23). Bu yüzden klinikte kullanılmakta olan bu patların penetrasyon derinliği açısından karşılaştırılması önemlidir. Şimdiye kadar patların dentin tübüllerine olan penetrasyonları ışık mikroskobu (27,28) tarama elektron mikroskobu (15,20,23,26) ve konfokal lazer tarama mikroskop (13,29-34) ile incelenmiştir.

Bu çalışmada, konfokal lazer tarama mikroskop kullanılarak, MTA Fillapex (Angelus Soluçoes Odontologicas, Londrina, PR, Brazil), iRoot SP (Innovative Bioceramics, Vancouver, Canada), AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) ve MetaSeal (Parkell Inc, Edgewood, NY) olmak üzere dört farklı kanal patının dentin tübüllerine olan penetrasyon miktarı, penetrasyon derinliği ve kanal duvarlarına olan penetrasyon yüzdesinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanallarını Doldurma

Endodontik tedavinin final amacı kök kanal sisteminin periodontal ligamentten itibaren tamamen doldurulmasıdır (2) Bunun sonucu, kemomekanik preparasyonda temizlenemeyen potansiyel zararlı ajanlar ve mikroorganizmalar kök-kanal sistemi içerisinde hapsedilmiş olur ve canlılıklarını sürdürmezler (35).

Endodontik tedavide başarısızlıkların %58'i yetersiz kök kanal dolgusundan kaynaklanmaktadır (36). Bu durum, yetersiz kök kanal dolgusu olan dişlerde genellikle yetersiz genişletme ve temizleme olmasından da kaynaklanmaktadır. Temizleme ve şekillendirme işlemleri aseptik bir çevre sağlamaktadır ve etkenin ortadan kaldırılması, kök kanal dolgu tekniğinin daha az kritik bir önem taşımasına yol açmaktadır (37).

Radiküler boşluğun doldurulmasında şimdiye kadar çeşitli materyaller önerilmiştir. Bir çok doldurma tekniği, bir kor materyali ve bir pattan oluşmaktadır. Ana kor materyalinden bağımsız olarak kanal patı, bütün teknikler için gereklidir ve kök kanalında sıvı geçirmez bir tıkama ve bağlantı sağlar (37). Kor materyali olmadan sadece patın kullanılması, obtürasyon kalitesini olumsuz etkilemektedir (38).

Grossman'a (39) göre ideal bir kanal dolgu madesinin göstermesi gereken özellikler şunlardır:

1. Kanala kolayca uygulanabilmedilir.
2. Kanalı lateral ve apikal yönde iyi bir şekilde doldurabilmedilir.
3. Kanala uygulandıktan sonra büzülme eğilimi göstermemelidir.
4. Su ve havaya karşı geçirmezlik özelliği göstermelidir.
5. Bakterisit olmalı, en kötü bakterilerin büyümesine izin vermemelidir.
6. Radyopak olmalıdır.
7. Diş sert dokularını boyamamalıdır.
8. Periradiküler dokuları irrite etmemelidir.
9. Steril olmalıdır. Ya da yerleştirilmeden önce kolayca steril edilebilmelidir.
10. Gerekli olduğunda kanaldan kolayca uzaklaştırılabilmelidir.

Kanal dolgusunda kullanılan materyaller katı ve yarı-katı olmak üzere ikiye ayrılır (39). Geleneksel bir endodontik tedavide, kanal dolgusu, gütta-perka veya resilon gibi “katı” bir ana kor materyalinden ve “yarı-katı” kök kanal dolgu patından oluşur. Kanal içerisinde bu materyallerin oranı yaklaşık, kor materyali %95 ve kanal dolgu patı %5 olacak şekilde dağılmalıdır (40).

2.2. Kök Kanallarında Kullanılan Patlar

Gütta-perka gibi katı materyaller, kanal içerisine yerleştirildiğinde genellikle kök kanal duvarları ile dolgu materyali arasında bir boşluk kalmaktadır. Bu nedenle bu katı maddelerin yarı katı maddelerle desteklenmesi gerekmektedir. Gütta-perka ile kanal duvarları arasında kalan boşluklar, kanal içi düzensizlikler, ulaşılamayan bölgeler yarı katı kanal patları sayesinde doldurulur. Bu sayede gütta-perka'nın uyumu artmış olur. Bu sebeple, hangi dolgu yöntemi kullanılırsa kullanılsın kök kanal dolgu patı kullanımının tedavinin başarısını arttıracığına inanılmaktadır (40). Genellikle toz/sıvı veya baz/katalizör karışımı şeklindedirler (41).

Grossman, ideal kök kanal dolgu patında olması gereken özellikleri belirlemiştir (39) :

1. Kanal duvarlarına iyi bir adezyon sağlaması için, karıştırıldığında yapışkan özellik göstermelidir.
2. Hermetik bir tıkama sağlamalıdır.
3. Radyografta değerlendirilebilmesi için radyopak görüntü sergilemelidir.
4. Likitle kolayca karışabilmesi için patın toz kısmının partikülleri çok ince olmalıdır.
5. Sertleşme sırasında büzülme göstermemelidir.
6. Dış sert dokularını boyamamalıdır.
7. Bakteriyostatik olmalı, en kötü bakteri büyümesine yol açmamalıdır.
8. Yavaşça sertleşmelidir.
9. Vücut sıvılarında çözünmemelidir.

10. Doku dostu, biyouyumlu olmalı, periradiküler dokuları irrite etmemelidir.
11. Kanal dolgusunun sökülmesi gerektiğinde, çözücülerde çözünebilirliklidir.

Ingle (42) bu listeye güncel birkaç madde daha eklemiştir:

12. Periradiküler dokularda immün bir cevap tetiklememelidir (43-46).
13. Mutajenik ya da karsinojenik olmamalıdır (47,48).

Ancak bu özelliklerde ideal bir kanal dolgu patı veya ana kor materyal henüz mevcut değildir (40).

Kanal dolgu patları şu şekilde sınıflandırılmaktadır (41):

1. Çinko-oksit ojenol içerikli patlar
 - a. Çinko Oksit Ojenol
 - b. İlaçlı olanlar
 - i. Paraformaldehit içerenler
 - ii. Paraformaldehit içermeyenler
 - c. Ojenolsüz çinko oksit
2. Rezin bazlı patlar (polimerler)
 - a. Epoksi-amin rezin içerikli patlar
 - b. Metakrilat rezin esaslı patlar
 - c. Polivinil (poliketon) rezin içerikli patlar
 - d. Silikon polimerler
3. Cam iyonomer esaslı patlar
4. Biyoseramik esaslı patlar
 - a. MTA bazlı patlar
 - b. Kalsiyum-silikat-fosfat içerenler
5. Kalsiyum Hidroksit içerikli patlar

2.2.1. Çinko-Oksit Ojenol İçerikli Patlar

Dünya çapında uzun dönem yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Çinko oksit içeren toz ve öjenol içeren likitin karışımıyla elde edilir ve sertleşirler (41).

Bilinen ilk ZOE esaslı kanal patı, Wach' Simanı'dır. 1925 yılında piyasaya sürülmüş ancak yeterli ilgiyi görememiştir. Daha sonra 1931 yılında Rickert's patı piyasaya sürülmüştür. Daha sonra Kerr kök kanal patı geliştirilmiştir ve Rickert's patından farklı olarak gümüş partikülleri içerir (1). Bu gümüş partikülleri diş yapısını boyayabilirler (1,41).

Daha sonra Grossman 1936 yılında Proco-sol ticari ismi ile ZOE içerikli bir pat geliştirmiştir (1). Bu patta, daha önce kullanılan ZOE içerikli patlardaki hızlı sertleşme ve buna bağlı olarak çalışma zamanının kısa olması gibi dezavantajları giderilmiştir. Daha sonra diş yapısını boyayan gümüş partikülleri 1958 yılında patın içeriğinden çıkartılmıştır (41,49). İçeriği, toz; çinko oksit, hidrojene edilmiş rezin, bizmut subkarbonat, baryum sülfat, sodyum borattan oluşurken, likit olarak da öjenol kullanılır. (39)

Yapısındaki çinko oksit partikülleri patın akıcılığını arttırmak için inceltilmiştir (50). Bu partiküller aynı zamanda uzun süreli ancak düşük derecede antimikrobiyal etki de gösterirler. Sertleşme reaksiyonu öjenolün karıştırıldıktan sonra çinko oksit partiküllerini ıslatması ile gerçekleşir. Karışım sırasında bir şelasyon reaksiyonu olur ve çinko ojenolat kristalleri oluşur. Oluşan çinko ojenolat sayesinde pat sertleşir. Çinko ojenolat nem varlığında öjenol ve çinko oksite parçalanır. Bu sebeple doku sıvılarından çok etkilenirler. Sertleşme sırasında açığa su çıkar ve bu da sertleşme reaksiyonunu tekrar stimüle eder. Bu yüzden nem varlığında patın çalışma süresi kısalmaktadır (1,51-53).

Çinko oksit öjenol içeren patların avantajları, kolay şekil verilebilir olması, nemsiz ortamlarda yavaş sertleşmesi ve sertleşme sırasında düşük oranda boyutsal değişiklik göstermeleridir (54). Dezavantajları ise, sürekli öjenol salınımı ile birlikte suyla temas ettiğinde dekompoze olması, nem varlığının patın sertleşme hızını arttırması ve çalışma zamanını kısaltmasıdır (42,51).

Bu patlar bünyelerine çeşitli kimyasalların eklenmesine müsaade ederler. Antimikrobiyal etki ve fikse edici etki için paraformaldehit, daha iyi dentin adezyonu için reçine veya kanada balsamı, ya da inflamasyon baskılayıcı etkisi için kortikosteroidler eklenerek modifiye edilmişlerdir (50).

Normal bir endodontik prosedürde, hasta doku ve dolgu maddesi arasındaki temas, dişin apikal açıklığıyla sınırlıdır. Patların sertleşme sırasında saldığı komponentleri ya da taşkın dolgu durumlarında, materyalin kendisi periapikal dokularla temas haline geçebilir. Yapılan deneylerde çinko oksit ojenollü patların toksik olduğu gösterilmiştir. Dokularda orta derecede inflamasyonlara yol açmaktadırlar (55-57). Nörotoksik etkileri bulunmaktadır, sinir iletimini inhibe ederler ve parestezilere yol açabilirler (58-61). İnflamasyon sürecinde etkili olan prostoglandin sentezini inhibe ederler (62).

Bugün itibariyle formaldehit'in kullanımı kesinlikle kabul edilemez bulunmaktadır. Çünkü çok toksiktir ve hem lokal olarak, hem de dolaşım yolu ile diğer organlara ulaşabilmesi ve uygulandıktan sonra vücut sıvılarında izole edilebilmesi sebebi ile günümüzde kullanımından vazgeçilmiştir (48,50,63-65). Mutajenik ve karsinojeniktir (66,67). Periradiküler dokulara taşığında, özellikle maksiller sinüs ve mandibular kanalda kalıcı nörotoksisite, paresteziler ve osteomyelit meydana getirdiği kanıtlanmıştır (68-73). Parestezi vakalarının çoğu formaldehit içeren materyallerin etkisi sonucu olmuştur ve parestezinin mekanik hasardan çok formaldehitin yarattığı kimyasal harabiyetten olduğu düşünölmektedir. Çünkü mandibular sinir ile direkt kontakt halinde bulunan paslanmaz çelik, polietilen gibi maddeler aynı etkiyi göstermemiş, Procosol gibi formaldehit içermeyen bir pat da her ne kadar inhibisyona yol açsa da, yıkandıktan sonra tekrar aksiyon potansiyeli oluşturulabilmesi sağlanmıştır. Ancak formaldehit sebepli parestezi vakaları genellikle geri dönüşümsüz hasara yol aşmıştır (74-76). Örneğin kalsiyum hidroksitli preparatların toksisitesi yüksek Ph'ından ve yüksek kalsiyum iyonu salınımından kaynaklanırken, burada nörotoksisitenin kaynağı formaldehitdir. Sunulan parestezi vakalarında ZOE kaynaklı vakaların geri

dönüşümlü, formaldehit içeren ZOE esaslı preparatlardan kaynaklanan vakaların ise cerrahi müdahale yapılmadıkça geri dönüşümsüz olduğu görülmüştür (75).

Sertleşme reaksiyonundan sonra ojenöl serbestleşir. Bu yüzden ojenolsüz patlar üretilmiştir (41). Ojenolsüz patların ojenollü olan patlara göre daha biyouyumlu olduğu gösterilmiştir (77).

Bu grubu oluşturan başlıca patlar şunlardır (1,41):

1. Wach patı
2. Rickert's patı
3. Proco-sol
4. Grossman patı
5. Kerr root kanal sealer
6. Tubli-seal
7. Roth 501 ve 801 patı
8. Estazone
9. Merpasone
10. Propylor
11. Kloroperka

Formaldehit içerenler:

12. Endomethasone
13. N2
14. Riebler's patı

Öjenolsüz çinko oksit patlar:

15. Nogenol root canal sealer
16. Canals-N

2.2.2. Rezin Bazlı Patlar (Polimer Esaslı Patlar)

Polimerler küçük yapıdaki monomer denilen moleküllerin birleşimi ile oluşan, yaklaşık 10.000 atom ihtiva eden (50) büyük yapıdaki makro moleküllerdir.

Hazırlanması kolaydır, boyutsal değişiklik göstermezler ve yeteri kadar çalışma zamanı sunarlar. Radyopak ve biyouyumludurlar. Adezyon özellikleri de iyidir. Esas olarak 4 grup altında incelenirler (41):

2.2.2.1. Poliketon (Polivinil) Patlar

Çinko oksit ve bizmut fosfat karışımı vinil polimer içerikli poliketon bileşiklerdir. Bu gruptan en popüler pat Diaket-A'dır. Sertleşme süresi kısa olup boyutsal değişimi önemsizdir (1). 1952 yılından beri piyasadadır (40).

2.2.2.2. Epoksi Rezin Esaslı Patlar

AH 26

İlk defa Schroeder (78) tarafından 1954'te yılında sunulmuştur. Ah 26'nın tozunun yapısında Methenamin (*Hexamethylenetetramine*) isimli bir dezenfektif ajan vardır. Pat sertleşirken bu ajan ammonia ve formaldehit'e hidrolize olur. Açığa çıkan formaldehit oranı ZOE patlarına göre yaklaşık bin kat daha azdır, ve ilk karıştırıldığında oldukça yüksekken, sertleşirken salınımı azalır (79-81).

Ah 26'nın dentin duvarı ve güta perkaya adezyonu çok iyidir ve uzun sertleşme süresi vardır (38). Boyutsal stabilitesi iyidir, düşük çözünürlük gösterir (82). Ancak içeriğindeki gümüş'ten dolayı diş sert dokularında renklenmeye sebep olması ve formaldehit salınımı gibi dezavantajları dolayısıyla günümüzde yerini AH Plus ve Topseal gibi patlara bırakmıştır (1,50). AH 26'nın formaldehit salınımı yapmayan ve gümüş içermeyen formülleri de üretilmiştir (41).

AH Plus

AH 26'nın epoksi amin kimyasının korunup, diş renklendirme eğilimi ve formaldehit salma etkisi ortadan kaldırılarak geliştirilmiştir. Gerektiğinde sökülebilirliğinin artması için termoplastik özellik kazandırılmıştır (40). AH 26'ya göre

çok daha az formaldehit salınımı yapar ve daha az sitotoksiktir (81,83,84). Ah 26 ve AH Plus'ın seal yetenekleri birbirine yakın bulunmuştur (85). Yaklaşık 4 saatlik bir çalışma süresi vardır (37,40).

Epoksi rezin içerikli başlıca kök kanal patları şunlardır (41):

1. Ah 26
2. AH Plus
3. Topseal
4. 2Seal
5. ThermaSeal Plus
6. Sealer 26
7. Ez-fill
8. AdSeal
9. Smartpaste

2.2.2.3. Metakrilat Rezin Esaslı Patlar

Kendiliğinden *priming* ve asitlendirme yaparak bağlanabilme özelliği olan rezin teknolojilerinin restoratif diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmasının ardından (86) kök kanallarında da rezin sistemler kullanılmaya çalışılmıştır (87-91). Daha sonra düşük viskoziteli metakrilat rezin esaslı kök kanal dolgu patları endodontide kullanılmaya başlanmıştır (92).

Hidrofilik özellikleri ile hibrit tabakası oluşturarak dentin tübüllerine derin penetrasyon gösterir ve mikromekanik kenetlenme sağlarlar. Bu patların kullanımından önce mutlaka bağlantıyı olumsuz etkileyen smear tabakası uzaklaştırılmalıdır (41).

Şimdiye kadar 4 farklı nesil metakrilat bazlı pat üretilmiştir (92). İlk olarak 1970li yıllarda Hydron kök kanal dolgu materyali olarak kullanılmaya başlanmıştır (93). Yapılan çalışmalarda ciddi anlamda inflamatuvar etkisi olduğu görülmüştür ve neme maruz kaldığında bünyesinde boşluklara rastlanmıştır (94). Çalışma süresi kısadır ve sızıntı oranı da yüksek bulunmuştur (95). Bu dezavantajları sebebiyle kullanımı terkedilmiştir (92).

İkinci nesil metakrilat bazlı patlar asitlendirmeye ihtiyaç duymazlar, doğal hidrofilitirler ve ek adeziv işlemler gerektirmezler (92). Smear tabakası uzaklaştırıldıktan sonra dentin tübüllerine ve aksesuar kanallara penetre olup “*rezin tag*” formasyonu oluşturması sebebiyle geliştirilmişlerdir. Bu şekilde tıkama ve retansiyon özellikleri gelişmiştir. İkinci nesil patlara örnek olan EndoRez hidrofilik, metakrilat esaslı, hem ışıkla hem de kendiliğinden sertleşen, radyoopak bir kök kanal dolgu patıdır. Rezinle kaplanmış EndoRez gutaperkaları ile kullanımı önerilmektedir (41,96).

Üçüncü nesil, kendiliğinden asitlendirme yapan bir primer ile birlikte hem ışık hem de kimyasal olarak sertleşen bir rezin kompozit içerir. Bu sistemde smear tabakası korunur. Dentin yüzeyine uygulanan asidik primer, smear tabakasından geçerek dentinin üst tabakasını demineralize eder. Monomerlerin dentin yüzeyine penetre olması ile dentin kollajeni ve rezin arasında oluşan hibrit tabaka sayesinde gerçekleşen mikromekanik kilitleme, adeziv sistem ile dentin arasındaki bağlanmanın temelini oluşturur. Bu gruba örnek olan FibreFill’in dentine bağlanmasının ve tıkama özelliğinin iyi olduğu bildirilmiştir (97,98).

Esasen 3. Nesil metakrilat rezin bazlı patlar “Epiphany-resilon” sistem kategorisi altında üretilmiştir. Bu sistem poliester rezin bazlı bir doldurma materyali olan resilon, self etching primer ve bir rezin pat olan Epiphany’dan oluşur (29). Bu sistemin dentin ve obturasyon arayüzünü boşluksuz bir şekilde tıkadığı görülmüştür (99). Ayrıca kendi içerisinde ve dentin ile oluşturduğu monoblok sayesinde diş dokularının direncini kuvvetlendirdiği ve gerek koronal, gerekse apikal sızıntının önüne geçtiği, çok iyi bir tıkama sağladığı bildirilmiştir (100).

Dördüncü nesil patların geliştirilmesi ile dentin adeziv primerlerin içerisinde olan asidik rezin monomerler rezin esaslı kanal dolgu patının içerisine yerleştirilerek asit, primer ve pat tek bir formülde birleştirilmiştir (40). Ticari olarak ilk üretilen 4. nesil metakrilat bazlı pat MetaSeal’dir (101,102).

Metakrilat bazlı patların geleneksel güta perka’nın poliisopren komponenti ile kimyasal bir bağ oluşturamaması sebebi ile iki yöntem geliştirilmiştir. Bunlar kor materyali olarak termoplastik sentetik polimer bazlı, biyoaktif cam ve radyoopak

doldurucular içeren, manipülasyonu gutta perka ile aynı olan resilon adlı alternatif doldurma materyalinin kullanılması veya resinle kaplanmış güta perkaların kullanılması şeklindedir (96,99,103).

Bu gruptan başlıca kök kanal patları şunlardır (41):

1. Nesil metakrilat rezinler: Hydron
2. Nesil metakrilat rezinler: Endorez
3. Nesil metakrilat rezinler:
 - a. Epiphany
 - b. RealSeal
 - c. Resinate
 - d. Simplifill
 - e. FibreFill R.C.S.

Sistemin adı Epiphany-resilon olup farklı firmalar tarafından farklı realseal, resinate, simplifill gibi ticari adlarda piyasaya sürülmüştür (41).

4. Nesil metakrilat rezinler:

- f. MetaSeal
- g. Epiphany SE
- h. Resinol SE
- i. Resinate SE
- j. Simplifill SE

2.2.2.4. Silikon Polimerler

Bu grup patlardan olan RoekoSeal, polidimetilsiloksan bazlı bir kanal dolgu patıdır. İçeriğinde polidimetilsiloksan, silikon yağı, parafin bazlı yağ, katalizör görevi gören heksakloroplatinik asit ve radyopak materyal olarak zirkonyum dioksit bulunur. Kanal duvarlarına adaptasyonunun iyi olduğu gösterilmiştir (104). Biyouyumludur ve örtücü özelliği iyidir, apikal sızıntı oranı ve çözünürlüğü düşüktür (105-107). Bu pata ince 30 nm'den küçük güta perka ve nano gümüş partikülleri eklenerek polivinilsiloksan esaslı bir kanal patı olan Guttaflow üretilmiştir (82,108,109). Bir kanül yardımıyla kök kanalına enjekte edilir, tek kon veya çoklu

güta perka kanal dolgu teknikleriyle kullanılabilir (42,110). Piyasaya ısıtılmamış, akıcı olan ilk güta perka reklamı ile sunulmuştur ve ısıtılmış güta perka'nın aksine büzüşme göstermez. Boyutsal stabiliteleri iyidir. AH Plus'a benzer örtücülük özellikleri vardır (54,82).

Bu grubu oluşturan başlıca patlar (40,41):

- a. Roekoseal
- b. Guttaflow
- c. Lee EndoFill

2.2.3. Cam İyonomer Esaslı Patlar

Cam iyonomer simanlar ilk defa 1972'de Wilson ve Kent tarafından geliştirilmiştir (111). Kanal patı olarak ise ilk defa 1991 yılında üretilmişlerdir (41). Cam iyonomer simanlar, mine ve dentinin hidroksiapatit yapısına kimyasal olarak bağlanırlar (112), kök kanal duvarlarına üstün adaptasyon gösterirler ve çözünürlükleri düşüktür. Manipülasyonları oldukça zordur ve çalışma süreleri kısadır (113). Periapikal dokulara taşıdığı zaman rezorbe olmazlar, sertleşmesi tamamlandıktan sonra doku sıvılarında çözünürlükleri düşüktür. Flor açığa çıkarır ve oldukça biyouyumludurlar (114-116). Cam iyonomerlerin diş dokularına olan adezyonu esas olarak kimyasal etkileşime, ikincil olarak mikromekanik kenetlenmeye bağlıdır (117,118). Kanaldan sökülmeleri oldukça zordur (119). Kanaldan sökülmeleri ultrasonik hareketle hızlandırılmış olsa da, kanal duvarlarında fazla debris bırakmış ve harcanan vakit geleneksel patlara göre daha fazla olmuştur (120). Antibakteriyel etkisi vardır (11). Sertleşme sırasında neme hassastır, nem varlığında çözünürlüğü çok yüksektir bu da sızıntıya yol açar (121-125).

Bu gruptan başlıca patlar şunlardır (41):

- a. Ketac-Endo
- b. Endion
- c. Activ GP Patı

2.2.4. Biyoseramik Esaslı Patlar

Biyoseramikler, alüminyum ve zirkonyum oksit, biyoaktif cam, cam seramikler, kaplamalar ve kompozitler, hidroksiapatit ve rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar ile radyoterapi camları içermektedir (41). Bazı tipleri önceden karıştırılmış bir şekilde bir enjektör içerisinde ve kalibre edilmiş kanal içi uçlarla kanala gönderilirler. Hidrofiliktir ve kanal içindeki nemden yararlanarak sertleşirler. Sertleşme sırasında boyutsal olarak büzülme göstermezler. Sertleşme sırasında yüksek Ph'ı sebebiyle antimikrobiyal etki gösterir. Periradiküler dokulara taşıdığına inflamatuvar doku cevabı oluşturmazlar ve kimyasal anlamda stabildirler. Hidroksiapatit oluşturma kapasiteleri vardır böylelikle dentine iyi bağlanırlar. Hidroksiapatitin yanında yapısındaki kalsiyum silikatlar sebebiyle hem biyouyumlu hem de biyoaktiftirler (50,126,127). Aşırı kurutulmuş kanallarda sertleşme süresi çok uzar, sertleşmenin tamamlanması için nemli ortam şarttır (128). Kanaldan sökülmeleri oldukça zordur (129). Osteokondüktiftirler, kanal duvarlarına kimyasal olarak bağlanırlar, sertleşmeleri sırasında ve sonrasında, nemli periapikal dokularla temas halinde olsa bile boyutsal stabiliteleri çok iyidir. Hidrofilik olmaları ve temas açılarının düşük olması sebebiyle kanal duvarlarına kolayca yayılıp lateral kanallara ve kanal içi düzensizliklere iyi penetre olurlar (130).

İki grupta incelenirler:

2.2.4.1. Kalsiyum-Silikat-Fosfat İçerenler

Bu patlar genellikle zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit, hidroksiapatit doldurucu ve sertleştirici maddeler içerir. İçeriğindeki kalsiyum silikat ve hidroksiapatit, materyale biyouyumluluk ve biyoaktif özellik kazandırmaktadır. Hidroksiapatit dentin ve dolgu maddeleri arasındaki bağlantıyı arttırabilmektedir. Örtücülükleri iyidir. Materyal hidrofilik olup, dentin tübüllerindeki nemi çekerek sertleşir. Sertleşmenin tamamlanması için neme ihtiyaç duyarlar. Küçük parçacık yapısı ve akışkanlığı sayesinde lateral kanal ve dentin

tübüllerine penetre olabilirler. Sertleşirken Ph'ının artması ise bakterisidal özelliğini artırır.

Bu gruba mensup başlıca patlar:

1. Bioseal
2. Endosequence BC Sealer
3. Smartpaste Bio
4. iRoot SP
5. Appetite kök kanal dolgu patı
6. Diaroot Bioaggregate (40,41,107,128,131,132).

2.2.4.2. Mineral Trioksit Agregat İçerenler

1993'te Torabinejad tarafından geliştirilen MTA; yüksek Ph'ı ile kalsiyum hidroksite benzer histolojik ve biyolojik özellikler göstermesi, mükemmel biyoyumluluğu, düşük çözünürlüğü, sızdırmazlık özelliklerinin iyi olması gibi olumlu özellikleri nedeniyle kök kanal perforasyonlarının tamirinde ve apikal bariyer oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (41). Son yıllarda MTA içerikli kök kanal dolgu patları, MTA'nın bu olumlu özellikleri geliştirilerek akıcılık, sertleşme süresi, adezyon gibi kök kanal patlarında olması gereken özellikler eklenerek geliştirilmiş olup endodontide geniş bir kullanım alanı bulmuştur (133,134).

Endo CPM Sealer, biyoyumluluk, doku cevabı ve mineralizasyonu stimule etme konusunda bu gruptaki patlar içerisinde diğerlerine göre daha umut vadeci bulunmuştur (134,135).

Bu grubu oluşturan başlıca patlar (40,41):

1. ProRoot Endo Sealer
2. Mta Obtura
3. MTA Fillapex
4. Endo CPM Sealer

2.2.5. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Patlar

Kalsiyum hidroksit içerikli patlar kalsiyum hidroksitin terapötik etkisi için üretilmişlerdir. Bu patların antimikrobiyal aktivitesi olacağı ve osteojenik- sementojenik potansiyeli olacağı düşünülmüş, ancak bu özellikleri gösterilememiştir. Antimikrobiyal etki için gerekli olan kalsiyum ve Hidroksil iyonlarının salınımı için çözünürlük şarttır. Ancak bu durum kök kanal patlarında istenen bir durum değildir (41,50,136-138). Kalsiyum hidroksit çözündüğünde kanal dolgusunda boşluklar bırakır bu yüzden tıkama özellikleri iyi değildir ve sızıntıya yol açarlar (139). Çoğu araştırmacı kalsiyum hidroksitli patların kök ucunda mineralize bir doku oluşumunu uyardığını düşünmüştür. Ancak kalsifiye bir yapı oluşsa da bunun çok poröz bir yapıda olduğu görülmüştür ve rezorbe olabilmektedir. Ayrıca periapikal dokulara taşıdığı kronik inflamatuvar reaksiyona yol açtığı görülmektedir (40,140-144). Sitotoksitesi çok düşüktür (83). Hızlı bir iyileşme sağlasa da uzun dönem takipleri yapılmalıdır (40). Yapılan çalışmalarda (138,145) Calsibiotic Root Canal Sealer (CRSC) ve Sealapex patlarının çözünürlük, sızıntı ve biyouyumluluk özellikleri incelenmiş, CRSC, ojenolü patlarla benzer özellikler gösterirken, sealapex makrofaj reaksiyonunu tetiklemiştir. CRSC'nin biyouyumluluğu ve çözünürlük özellikleri Sealapex'e göre daha olumlu bulunmuştur. Apexit patının boyutsal stabilitesi uygun bulunmuştur (54).

Bu grubu oluşturan başlıca patlar şunlardır (40,41):

1. Sealapex
2. Calsibiyotik root canal sealer (CRSC)
3. Apexit ve Apexit Plus
4. Acroseal

2.3. Bu Çalışmada Kullanılan Patlar

2.3.1. AH Plus

İki pat halinde olan AH Plus'ın içeriğinde bisfenol-A-diglisideter, kalsiyum tungstat, demir oksit, zirkonyum dioksit, adamantan amin, diaminler, silikon yağı

bulunmaktadır (54). Çalışma zamanı 23 °C’de minimum 4 saattir. 37 °C’de ve %100 nemli bir ortamda ise 8 saatlik bir sertleşme süresi bulunmaktadır. AH 26’nın epoksi amin kimyasının korunup, dişi renklendirme eğilimi ve formaldehit salma etkisi ortadan kaldırılarak geliştirilmiştir. Gerektiğinde sökülebilirliğinin artması için termoplastik özellik kazandırılmıştır Radyoopasitesi Ah 26’ya göre arttırılmıştır. Ames testinde non-mutajenik bulunmuştur. Biyouyumluluğu iyidir. Periapikal ve pulpal doku reaksiyonu açısından umut vadeci sonuçlar vermiştir (40,146). AH 26’ya göre çok daha az formaldehit salınımı yapar (81,83,84). AH 26 ile karşılaştırıldığı çalışmalarda genotoksik veya sitotoksik olmadığı, yalnızca başlangıç aşamasında hafif derece inflamasyona yol açtığı görülmüştür (147).

Estetik talebin yüksek olduğu ön bölgedeki dişlerde açık renkli olmasından dolayı tercih edilir. Elle karıştırma gerektirmeyen, kullanım kolaylığı ve doğru orandaki karışımı sağlayan şırıngadaki “AH Plus Jet” formu da üretilmiştir (41).

Sealapex, Apexit, Grossman patlarına göre kısa vadede daha antibakteriyel olduğu görülmüştür (148).

İlk aşamada %4-5 oranında bir genişleme sergilerken 4 hafta sonra %0.4 oranında bir genişleme gösterir. İlerleyen aylarca bu oran %1.2’ye kadar çıkmıştır (54).

Çalışmalarda kısa dönemde her ne kadar ideal doku cevabına neden olmadığı gösterilmiş olsa da biyouyumluluk açısından altın standart olarak kabul edilmiştir. MTA Fillapex, Endofill gibi patlara göre daha doku cevabı konusunda daha olumlu sonuçlar vermiştir (149,150).

2.3.2. MTA Fillapex

2012 yılında piyasaya sürülmüştür. AH Plus’a daha düşük akıcılığı vardır. Çalışma süresi yaklaşık 30 dakikadır ve 4.5 saatlik bir sertleşme zamanı vardır. Bu değerler AH Plus’la karşılaştırıldığında düşük değerlerdir ancak bir endodontik pat için uygun değerlerdir. AH Plus’a göre çözünürlüğü daha azdır (151).

Yapısında salisilat resin, resin diluent, natural resin, radyopak ajan olarak bizmut oksit, silika nanopartikülleri ve MTA bulunur (131).

MTA'nın üstün biyolojik özellikleri kalsiyum iyonları salma kapasitesi ve yüksek alkalin Ph'ına atfedilmiştir. Çalışma zamanı yeterlidir (152). Mükemmel bir biyouyumluluğa sahiptir, biyoaktif ve osteokondüktiftir (153). İlk karıştırıldığında ve sertleşme sürecinde sitotoksik olduğu bulunsa da sertleşmesi tamamlandıktan sonra sitotoksik etkisi görülmemektedir (154).

Yapılan bir çalışmada E. Faecalis üzerine antimikrobiyal etkisi olduğu görülmüştür. Ancak bu etki sadece sertleşme sırasında, sertleşme tamamlandıktan sonra antibakteriyel etkisi olmamaktadır (155).

Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada (156) MTA Fillapex'in 7. Günde dokular üzerinde orta derecede bir kronik inflamasyon oluşturduğu gözlenmiştir. Bu inflamasyon 15. Günden itibaren azalmıştır. Bu bakımdan diğer MTA içerikli patlarla benzer özellikler taşımaktadır.

MTA Fillapex, saf MTA ve portland simanı'na göre insan periodontal ligamenti fibroblast hücreleri üzerinde, daha toksik bulunmuştur (157).

Sitotoksitesi AH Plus'a göre daha fazla bulunmuş olsa da bir endodontik pat için uygun fizikokimyasal etkileri olduğu ileri sürülmüştür (150).

2.3.3. iRoot SP

Yapısında zirkonyum oksit, kalsiyum fosfat, monobazik kalsiyum hidroksit, doldurucular ve kıvam vericiler bulunmaktadır. Kanaldan su absorbe ederek 4 saatte donmaktadır. Donma sırasında %2lik genişleme gösterir. Radyoopaktır ve kanala enjekte edilerek kullanılır. Tek başına ya da güta perka ile birlikte kullanılabilir. Güta perka ile kullanıldığında kanaldan sökülebilir olmaktadır (40). Donma sırasında hidroksiapatit oluşturur, bu osseokondüktif bir özellik sağlar. Hidroksiapatit oluşumu, materyalin dentine adezyonunu kuvvetlendirir, kimyasal bağlanma sağlar. Bu sayede iRoot SP'nin AH Plus'a eşdeğer bir tıkama sağladığı ileri sürülmüştür (158).

Zhang ve diğ. (159)'nin yaptığı bir çalışmada toksisitesinin AH Plus'a oranla az ancak MTA içerikli biyoseramik pat'a oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Yeni

karıştırıldığı sırada az derecede toksik etki gösterirken 24 saat sonunda hiç toksisite saptanmamıştır.

Bağlanma kuvvetinin Endorez ve Sealapex'ten daha yüksek olduğu, AH Plus'la yaklaşık aynı bağlanma kuvvetine sahip olduğu görülmüştür (160).

Yapılan bir çalışmada E. Faecalis üzerine hem sertleşme sırasında, hem de 3 ve 7 gün sonra etkili olduğu görülmüştür (161).

Nemli ortamda dentine yüksek bir bağlanma dayanımı gösterir (160). Aşırı kurutulmuş kanallarda ise bağlanma dayanımı düşmektedir (132).

2.3.4. MetaSeal

Japonya'da Hybrid Root SEAL ticari ismiyle piyasaya sürülen MetaSeal, self-adeziv ve *dual-curable* olup, piyasaya ilk sürülen 4. Nesil Metakrilat rezin bazlı endodontik paktır (102). Yapısında asidik 4-metakriloiloksietil trimellitrat anhidrat (4-META) bulunur. Radiküler dentine ve güta perkaya hibrit tabakası vasıtasıyla bağlanır. Bu yüzden yerdeğiştirme rezistansı bağlanabilir olmayan patlara göre çok iyidir (101). Üretici firma, Resilon ya da güta perka ile birlikte kullanılabileceğini, ikisine de bağlanabileceğini iddia etmiştir. 4-META sayesinde dentine monomer difüzyonu olmaktadır ve bu da hibrit tabakasının oluşumunu sağlar (162).

Üretici firma MetaSeal'ın soğuk doldurma yöntemleri ile kullanılmasını önermişlerdir. Çünkü doldurma sırasında uygulanan sıcak, patın sertleşmesini etkileyerek çalışma süresini ciddi anlamda kısaltmaktadır.

Yapılan bir çalışmada farklı kök kanal dolgu teknikleri ile kullanılmış ve en az apikal sızıntıyı soğuk lateral kondensasyon yönteminde göstermiştir (163).

AH Plus ve RealSeal ile karşılaştırıldığında benzer sızıntı performansı göstermiştir. Sızıntı açısından güta perka veya resilon ile birlikte kullanımında bir fark bulunamamıştır (162).

MetaSeal ile doldurulan kanalların mikroskopik incelemesinde, süreklilik sergilemeyen, dentin tübülleri içerisine girmiş resin tag'lar görülmüştür (101).

AH Plus Jet'le karşılaştırıldığında daha toksik bulunmuştur. Sadece ilk hafta ciddi toksik etkileri bulunmuş, 2. Ve 3. haftalarda orta derecede toksisite göstermiştir. 3 haftadan sonra sitotoksik etki göstermemiştir (102).

2.4. Kök-kanal dolgu patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu incelemede kullanılan yöntemler

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda dentin tübül penetrasyonunu incelemek için ışık mikroskobu (27,28), tarama elektron mikroskobu (15,23,164) ve konfokal lazer tarama microscop (13,29-34,165,166) kullanılmıştır. Confocal lazer mikroskop (CLSM), Tarama electron microscop (SEM)'a göre çeşitli avantajlar sunar. CLSM, örneklerin hazırlanması sırasında spesifik uygulamalara gerek duymaz. Örneğin SEM'de altın kaplama gibi özel işlemlere ihtiyaç vardır. Bu da örnekler zarar verebilir. Bu yüzden CLSM'de örneklerin hazırlanma süreci non-destrüktiftir ve bu yüzden daha az artifakt oluştururlar. SEM'de penetre olan patı, dentinin görüntüsünden ayırtedebilmek zordur. CLSM, bu çalışmada bize pat-dentin bağlantı ara yüzünün floresan maddeler (Rodamin B) yardımıyla net bir şekilde görülebmesini sağlar. Elde edilen veriler doğrudan penetre olan floresan madde ile işaretlenmiş patla ilgilidir (29,31,167). SEM'de CLSM'ye göre total alanın görüntülenip değerlendirilmesi daha zordur, CLSM'de daha düşük büyütmelemlerde floresan maddelerin de sağladığı görüş kolaylığından yararlanılarak daha geniş bir alan değerlendirilebilir (14).

CLSM ilk önce Marvin Minsky tarafından 1957'de patentlenmiştir. Ancak standart bir teknik olması 1980'lerin sonuna doğru gerçekleşmiştir. Seçebildiğimiz, farklı derinliklerde yüksek çözünürlüklü optik imajlar alabilmek için kullandığımız bir yöntemdir (168). 1978'de farklı derinliklerde yüksek çözünürlüklü görüntü için bir lazer tarama metodu denenmiştir (169). Bu şekilde ilk defa confocal microscop ile lazer metodu birleştirilerek çeşitli floresan maddelerle işaretlenmiş biyolojik objeler üç boyutlu olarak incelenmiştir.

Konfokal mikroskofta kesit nokta-nokta ışıklandırılır. Bunun için çok güçlü ışık kaynakları kullanılmıştır. Minsky (170) bunu zirkonyum ark lambası kullanarak sağlamıştır. Daha sonra ışık kaynağı olarak lazerler kullanılmıştır.

Konfokal mikroskop endodontide patların dentin tübül penetrasyonlarının karşılaştırılmasında (31,33), doldurma tekniklerinin karşılaştırılmasında (13,30,32), dişlerin apikal koronal ve orta üçlü bölgelerindeki dentin penetrasyonu miktarının karşılaştırılmasında (29), çeşitli irrigasyon solüsyonlarının ve irrigasyon tekniklerinin patların dentin tübüllerine olan penetrasyonuna olan etkilerinin incelenmesinde (165) kullanılmıştır.

Bu çalışmamızda, AH Plus, MTA Fillapex, iRoot SP ve MetaSeal patlarının dentin tübüllerine olan penetrasyon alanı, en derin penetrasyon miktarı ve kanal duvarlarına olan penetrasyon yüzdesi karşılaştırılacaktır (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Çalışmamızda kullanılacak olan patlar

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Dişlerin Seçimi

Bu in vitro çalışma GO 14/305 nolu ve 04/06/2014 tarihli etik kurul raporu ile tıbbi açıdan uygun bulunmuştur. Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (014 D07 201 002-679 (1924)) tarafından desteklenmiştir. Çalışmamızın pat túbül penetrasyonuna ait deneyleri Hacettepe Üniversitesi Endodonti Anabilim Dalı ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE Laboratuvarları'nda yapılmış, ve CLSM ile dentin túbül penetrasyonlarının değerlendirilmesine ait deneyler Hacettepe Üniversitesi Biyofizik Anabilim Dalı Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada apikal gelişimini tamamlamış, çatlak ve kırık mevcudiyeti olmayan 40 adet çekilmiş tek köklü ve tek kanallı insan dişi kullanıldı. Toplanan dişler kullanıma kadar fizyolojik salin solüsyonunda bekletildi. Çekilmiş dişler etrafındaki yumuşak ve sert doku artıkları, kalıntılar ultrasonik cihazlarla kazınıp, organik dokuları çözmesi amacıyla dişler 15 dakika %6 sodyum hipokloritte bekletildi. Dental operasyon mikroskobu altında dişlerde herhangi bir kırık-çatlak olup olmadığı incelendi. Fasiyal ve proksimalden, dişlerin tek köklü olduklarını tescillemek amacıyla radyograflar alındı. Çift kanallı, apikal gelişimini tamamlamamış, çatlak-kırık bulunan veya kanal tedavisi bulunan dişler çalışmadan çıkartıldı (Şekil 3.1.). Dişlerin kronları, mine sement birleşimine kadar karbon frezlerle uzaklaştırıldı.

3.2. Kök Kanallarının kemomekanik preparasyonu

Dişler kanal boyları 15 k tipi eğe ile apikalden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendikten sonra MTWO rotary sistemlerle (VDW, Munich, Germany) crown-down tekniği ile 25.06 taper'a kadar genişletildi. Kemomekanik preparasyon esnasında kök kanal kayganlaştırıcısı olarak Rc-Prep (Premier Dental Products, Tulsa, OK) kullanıldı. Her kanal aleti arasında irrigasyon amacıyla %2.5 sodyum hipoklorit kullanıldı. Smear tabakasının uzaklaştırılması için 5 ml %17 EDTA 1 dakika boyunca

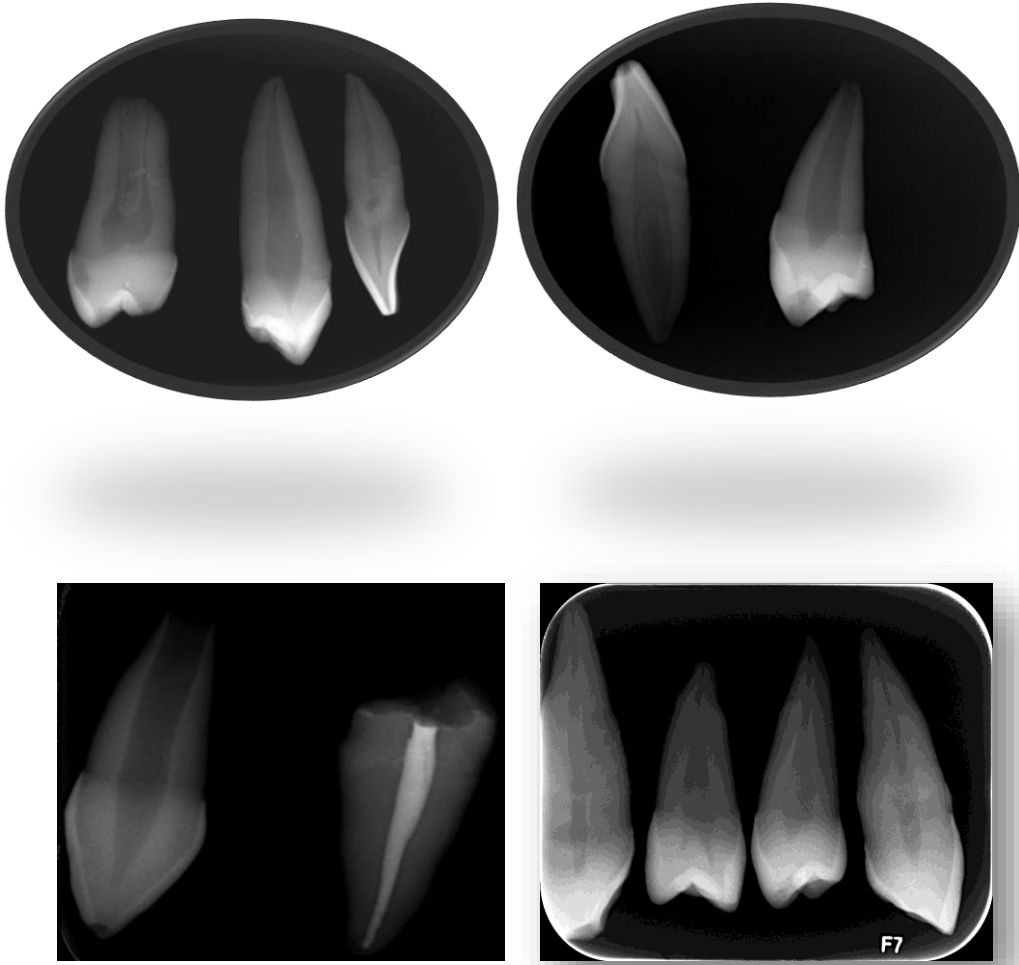
kullanıldı. Ardından tekrar sodyum hipoklorit kullanıldı, ve final olarak da artık irrigasyon solüsyonu bırakmamak için kanallar distile su ile yıkandı. Kanallar doldurulmadan önce steril paper pointlerle kurulandı. Bioseramik esaslı patlar sertleşirken neme ihtiyaç duyduğundan bu grubun örneklerinin nemli bırakılmasına dikkat edildi.

3.3. Kök Kanallarının doldurulması

Dişler her biri 10 diştten oluşan 4 gruba bölünerek;

1. Grup MTA Fillapex ve 25.06 güta perka
2. Grup iRoot SP 25.06 güta perka
3. Grup AH Plus ve 25.06 güta perka
4. Grup MetaSeal ve 25. 06 güta perka ile dolduruldu.

Patlar firmaların önerdiği şekilde karıştırıldı. Karıştırılmadan önce, floresan görüntü vermesi için hassas tartı yardımıyla %0.1 oranında Rodamin B (Sigma Aldrich, St Louis, MO) ile işaretlendi (Şekil 3.2.). Rodamin B-pat karışımı kanal boyunca 25.06 güta perka konlar vasıtası ile kanala yerleştirildi. Ana konlar çalışma boyunda yerleştirildi, *tug back* hissi alınarak uyumluluğu kontrol edildi ve soğuk lateral kondensasyon tekniği ile, 30 no'lu spreader yardımıyla 25 no'lu destek güta perkalar kullanılarak kanal içinde boşluk kalmayacak şekilde kök kanal dolguları tamamlandı (Şekil 3.3.). Fazlalık güta perkalar ısıtılmış aletler yardımıyla uzaklaştırıldı. Kaviterler geçici olarak Cavit ile kapatıldı (Şekil 3.4.). Kanal sistemi içerisinde herhangi bir boşluk olmadığını görmek amacıyla farklı açılardan radyograflar alındı (Şekil 3.5.). Dişler kök kanal dolgu patlarının sertleşmesi için 1 hafta boyunca %100 nemli bir ortamda bekletildi.



Şekil 3.1. Dişlerin deney aşamasına geçilmeden önce farklı aşamalarda çekilen radyografları



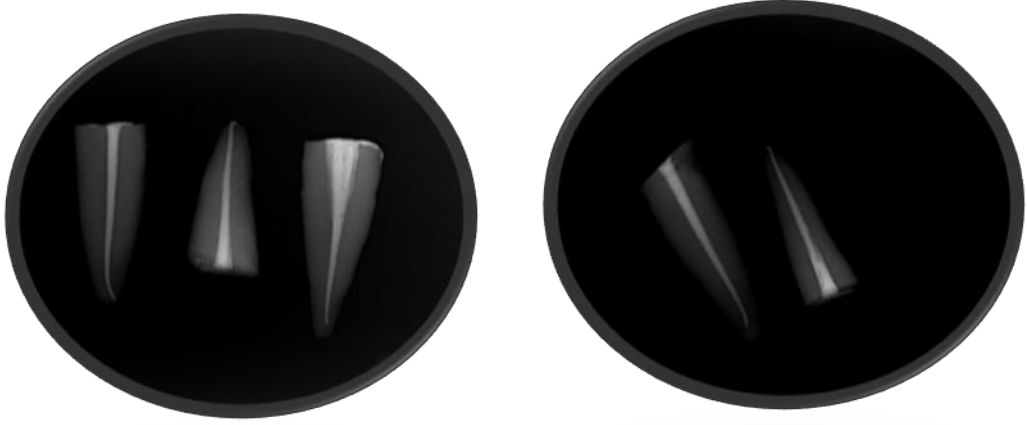
Şekil 3.2. Kullanılan pata %0.1 oranında Rodamin-B ilave edilirken kullanılan hassas tartı



Şekil 3.3. Örneklerin kök kanal dolgularının tamamlanması



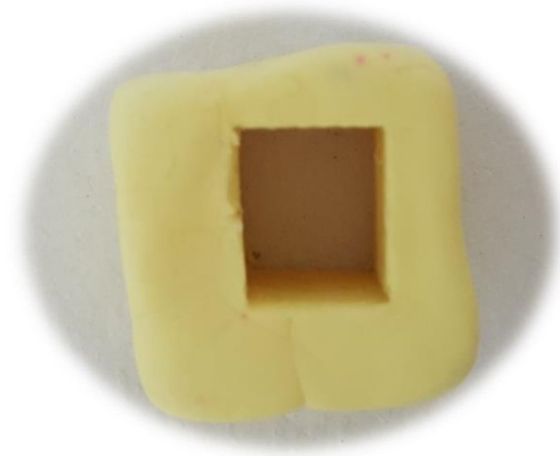
Şekil 3.4. Fazlalık gütta perkaların ısıtılmış aletler yardımıyla uzaklaştırılması ve kavitelerin Cavit materyali ile kapatılması



Şekil 3.5. Dişler doldurulduktan sonra elde edilen radyograflar

3.4. Örneklerin hazırlanması

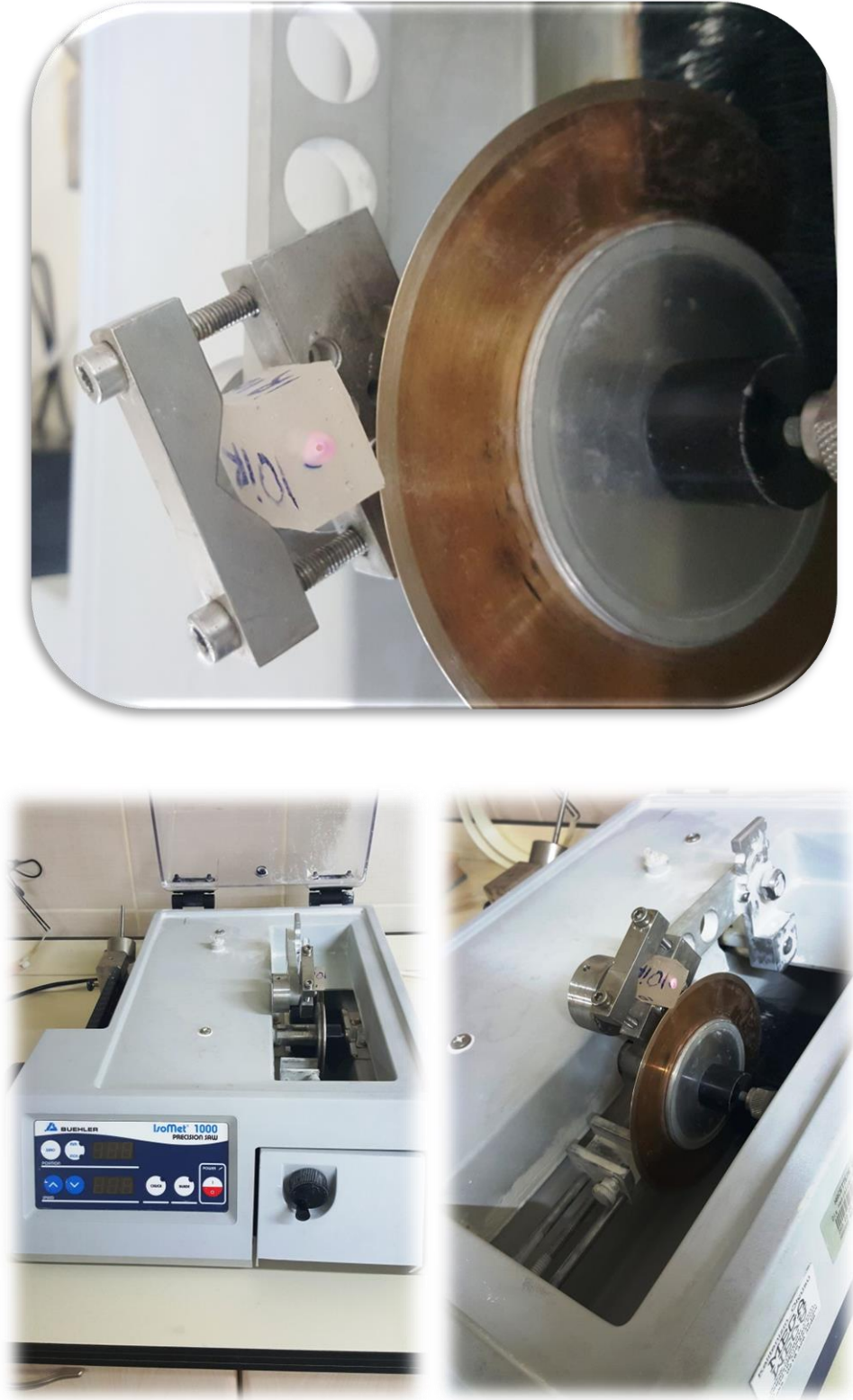
Hazırlanan örnekler dikdörtgen prizma silikon kalıplar (Şekil 3.6.) kullanılarak soğuk akril içerisine gömüldü (Şekil 3.7.). IsoMet cihazı (IsoMet 1000, Buehler, IL, USA) kullanılarak, düşük hızda dönen 0,4 mm kalınlığında elmas diskler ile su soğutması altında, her örnekten bir tane olmak üzere, örneğin apikalinden itibaren 6-7 mm arasından yaklaşık 1 mm kalınlığında horizontal kesitler alındı (Şekil 3.8.). Her deney grubu için 10 kesit elde edildi (Şekil 3.9.) (n=10).



Şekil 3.6. Örnekleri akrile yerleştirmek için kullanılan silikon kalıplar



Şekil 3.7. Apikali açıktaki bırakacak şekilde akrile alınmış örnekler



Şekil 3.8. Kesit alma cihazı ve kesit alma prosedürü



Şekil 3.9. Alınan kesitlerden bir örnek

3.5. CLSM ile patların dentin tübüllerine penetrasyonunun değerlendirilmesi

Örnekler cam bir lam üzerinde yerleştirildi (Şekil 3.10.) ve CLSM’de (LSM Pascal, Zeiss, Germany) ışık kaynağı olarak 543 nm dalga boyu olan helyum lazer kullanılarak incelendi (Şekil 3.11.). Kesitlerden farklı derinliklerde görüntü alınarak imajlar oluşturuldu. 2.5x büyütmelerde daha fazla alan görüntülediği için bu büyütmelerde, pat penetrasyon yüzdesi, derinliği ve alanı değerlendirildi. Uzunluk ve alan ölçümleri, LSM image browser (Zeiss) yazılımı içerisindeki imaj araçları (*tool*) ile dijital ortamda değerlendirildi.

Dijital ortamda ölçüm yapılırken Gharib ve diğ.’nin (29) kullandığı yöntem benimsendi. Bu amaçla penetrasyon yüzdeleri, patların kanal duvarına olan penetrasyon miktarının olduğu bölgelerin uzunluğu ile toplam kanal çevresinin birbirine oranı ölçülerek hesaplandı (Şekil 3.12.). Penetrasyon alanı, patın penetre olduğu bölgelerin etrafının çizilerek ölçüldüğü alandan, kanal çevresinin çizilerek

ölçüldüğü alanın çıkarılması ile hesaplandı (Şekil 3.13.). Maksimum penetrasyon derinliği, kanal duvarından penetrasyonun olduğu en uzak noktanın arasındaki mesafenin ölçülmesi ile hesaplandı (Şekil 3.14.).

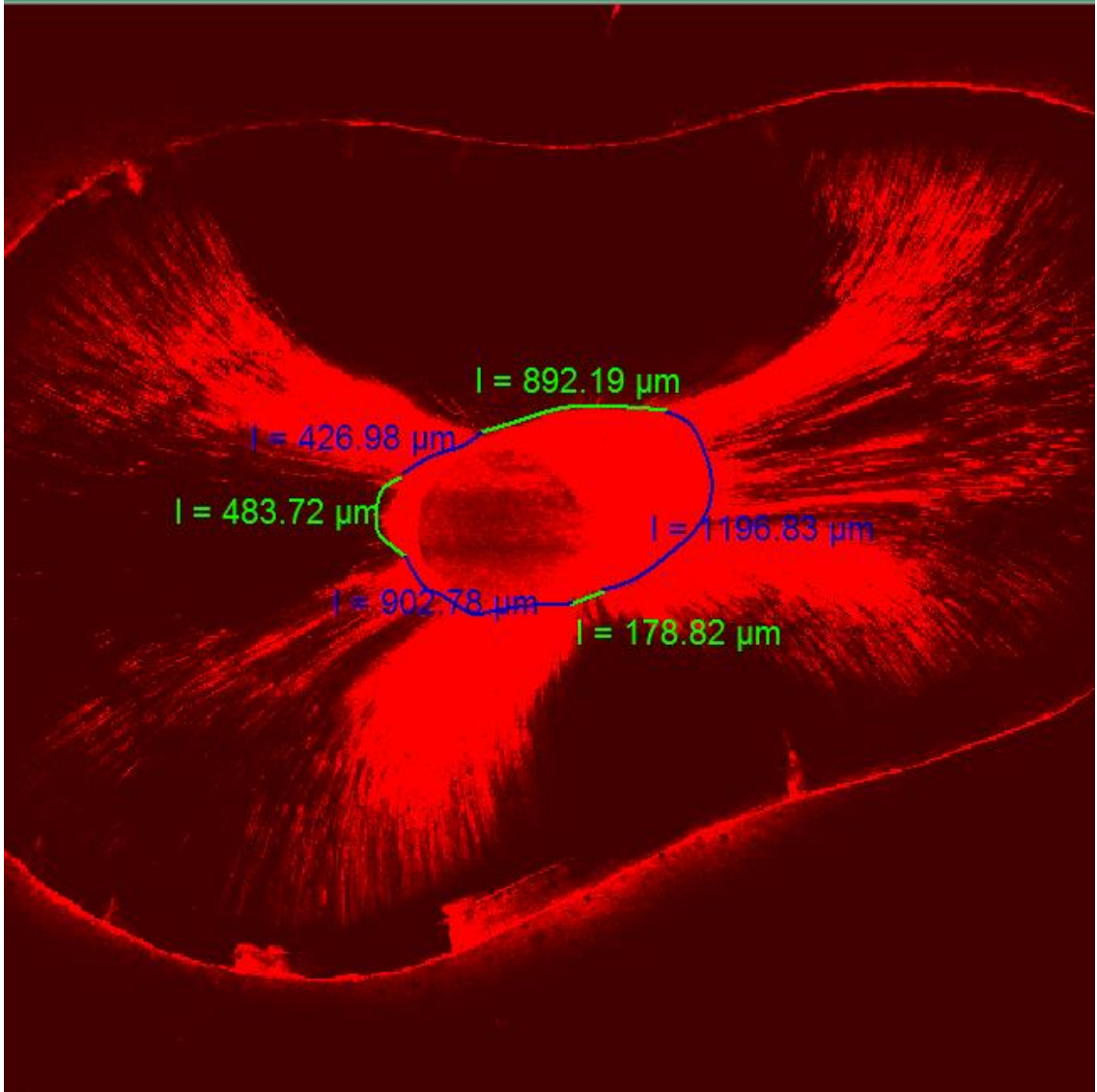
Elde edilen verilerin istatistiki değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi ve Kruskal Wallis testleri kullanıldı.



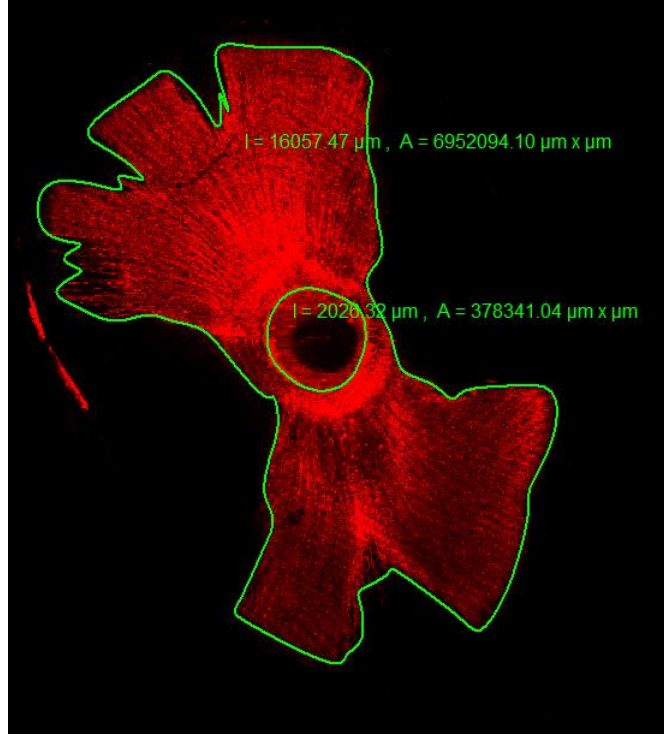
Şekil 3.10. Alınan kesitlerin lama yerleştirilmesi



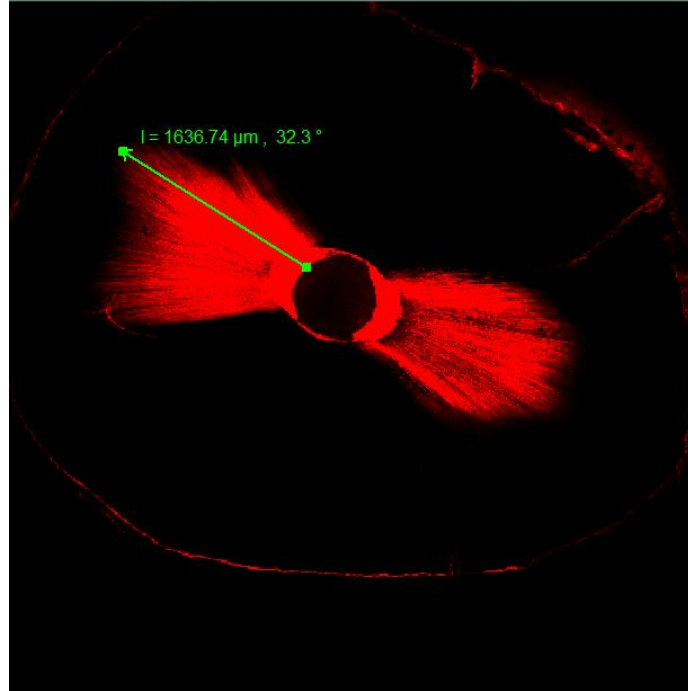
Şekil 3.11. Kesitlerin incelendiği Confocal laser taramalı mikroskop



Şekil 3.12. Kanal duvarlarındaki penetrasyon yüzdesinin ölçülmesi



Şekil 3.13. Dentin tübül penetrasyon alanının ölçülmesi



Şekil 3.14. Maksimum penetrasyon derinliğinin ölçülmesi

4. BULGULAR

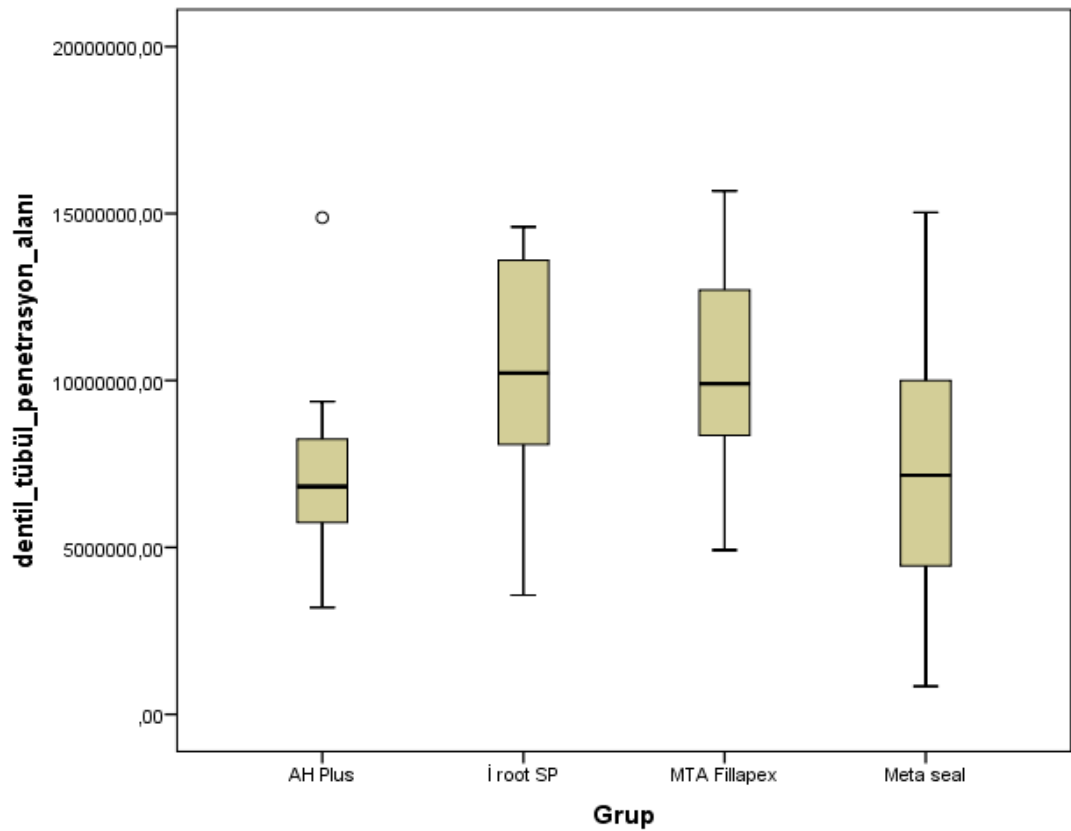
Çalışmamızda dört farklı pat, dentin tübüllerine olan penetrasyon alanı, maksimum penetrasyon derinliği, ve kanal çeperine olan penetrasyon yüzdesi açısından değerlendirildi. Elde edilen verilerin istatistik analizine göre:

1. Gruplar arasında dentin tübül penetrasyon alanı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0.05$). En yüksek penetrasyon miktarını iRoot SP sergilerken en düşük penetrasyon miktarını MetaSeal göstermiştir. İ root Sp'den sonra sıralamayı MTA Fillapex ve AH Plus takip etmiştir, ancak gruplar arasında anlamlı bir fark görülemezdir.
2. Maksimum penetrasyon derinliği açısından gruplar arasında herhangi bir anlamlı fark gözlenememiştir ($p>0.05$). En yüksek derinliği MTA Fillapex gösterirken, bunu sırasıyla iRoot SP ve AH Plus takip etmiştir. MetaSeal ise en az penetrasyon derinliği göstermiştir. Ancak aralarında anlamlı bir fark yoktur.
3. Kanal duvarına olan penetrasyon yüzdesi açısından da herhangi anlamlı bir fark gözlenememiştir ($p>0.05$). Gruplar arasında en yüksek penetrasyon yüzdesini iRoot SP göstermiş, bunu sırasıyla MTA Fillapex ve MetaSeal takip etmiştir. AH Plus ise en az penetrasyon yüzdesi göstermiş, ancak bu farklar anlamlı bulunmamıştır.

Kök kanal dolgu maddelerinin dentin penetrasyon alanları, maksimum penetrasyon derinlikleri ve kanal duvarına olan penetrasyon yüzdelere ait bulgular Grafik 4.1 - 4.3, Tablo 4.1 - 4.3'de görülmektedir. CLSM ile elde edilen görüntüler Şekil 4.1- 4.3'de gösterilmiştir.

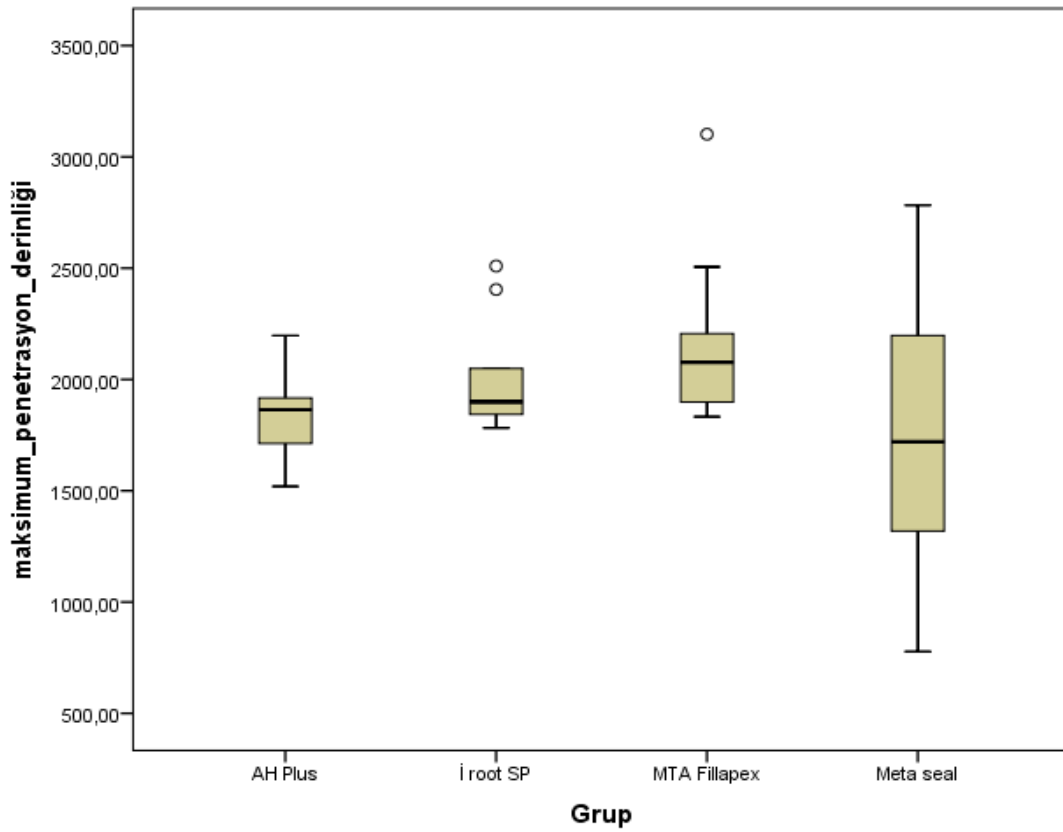
Tablo 4.1. Grupların dentin tübül penetrasyon alanlarına ait değerler (μm^2)

	N	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
AH Plus	10	7419642,20	3143322,66	3198248,43	14876086,97
İ root SP	10	10179975,16	3549544,73	3570914,56	14600620,08
MTA Fillapex	10	9964246,42	3357623,82	4922625,17	15678433,53
Meta seal	10	7344835,39	4159714,13	839410,38	15033700,27
Total	40	8727174,79	3693807,11	839410,38	15678433,53

**Grafik 4.1.** Grupların dentin tübül penetrasyon alanlarını gösteren kutu-çizgi grafiği.

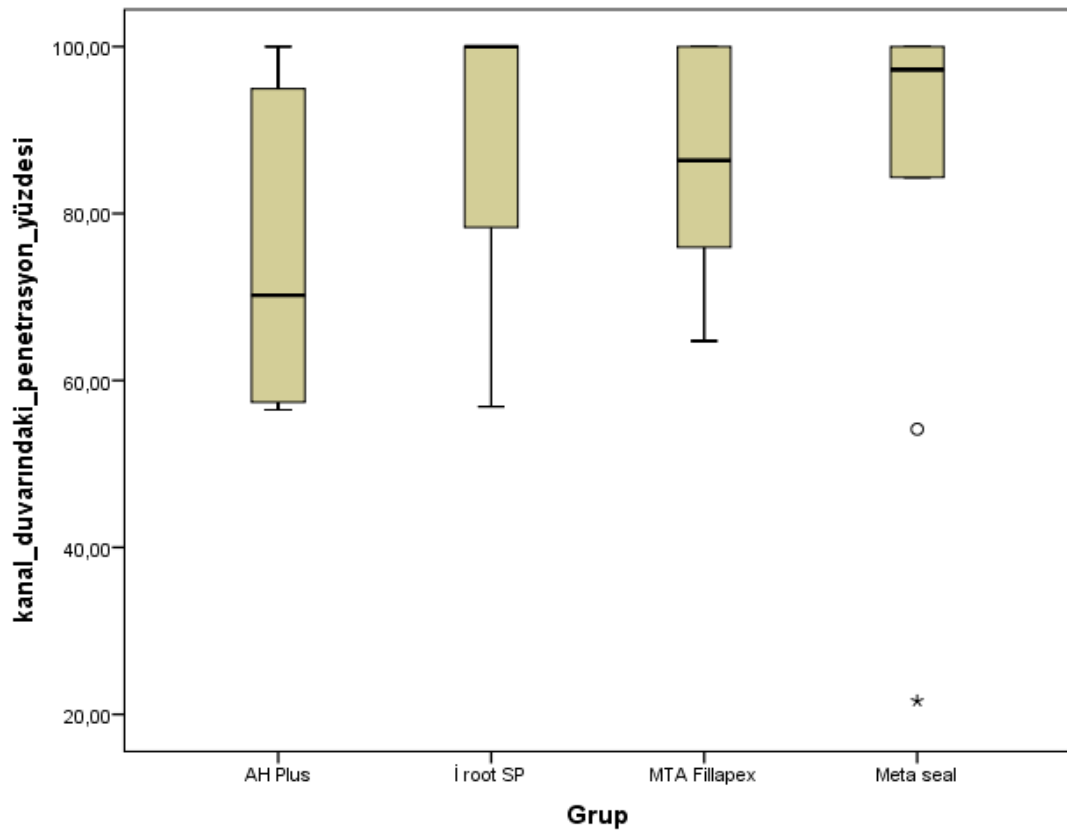
Tablo 4.2. Grupların maksimum penetrasyon derinliğine ait değerler (μm)

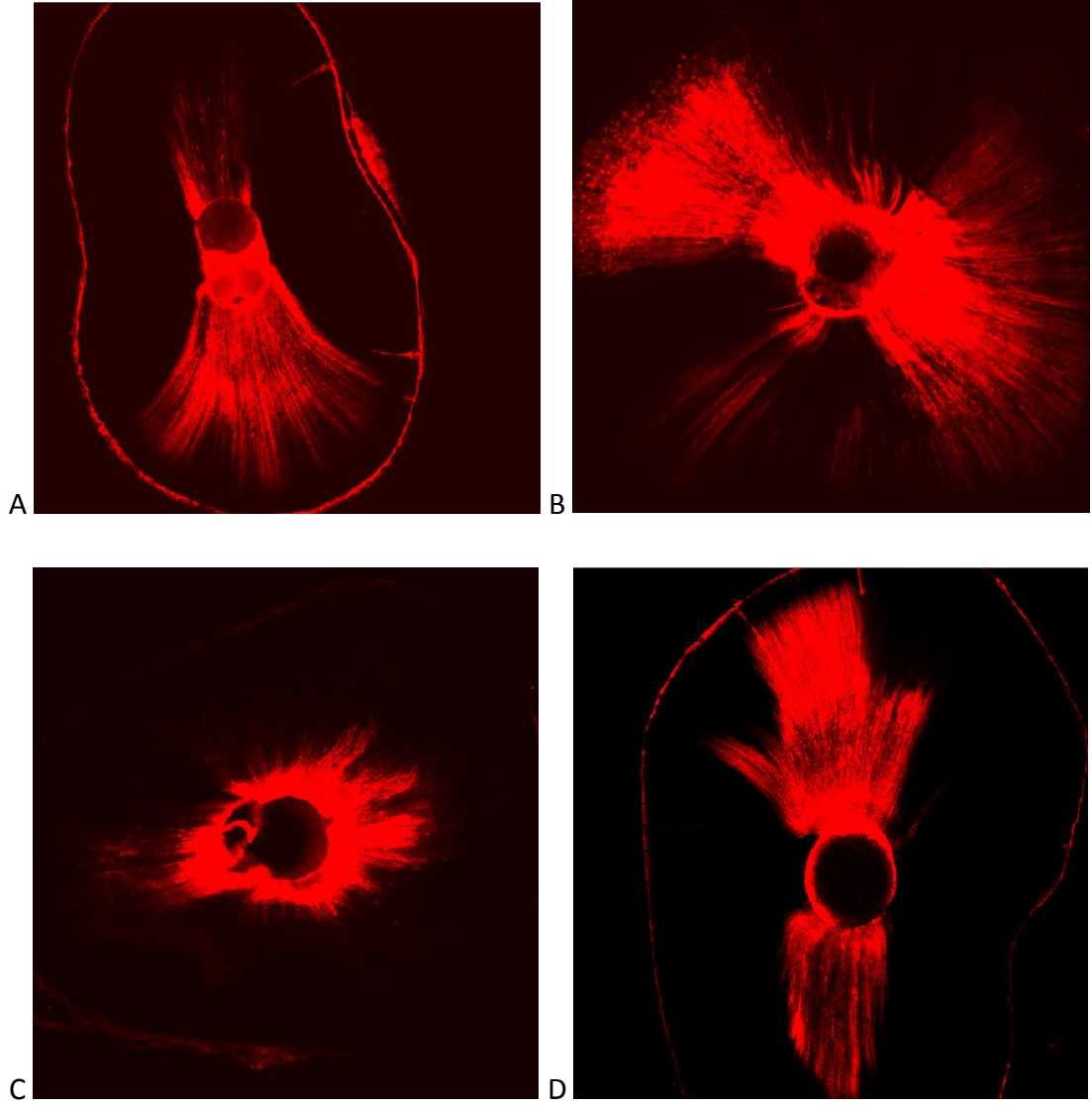
	N	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
AH Plus	10	1856,0000	204,39442	1519,68	2197,75
İ root SP	10	2003,2550	254,96856	1782,45	2509,51
MTA Fillapex	10	2168,9540	381,90380	1833,04	3101,95
Meta seal	10	1742,7160	633,65199	777,95	2782,63
Total	40	1942,7313	420,95878	777,95	3101,95

**Grafik 4.2.** Grupların maksimum penetrasyon derinliklerini gösteren kutu-çizgi grafiği.

Tablo 4.3. Grupların kanal duvarların olan penetrasyon yüzdelere ait değerler (%)

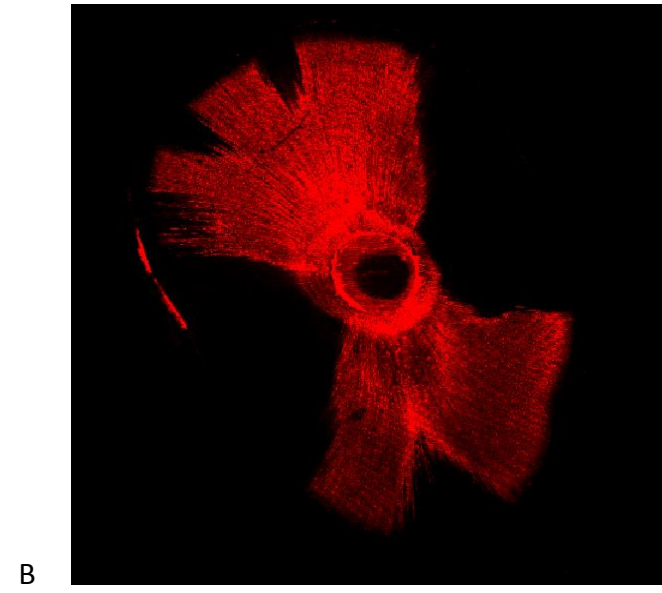
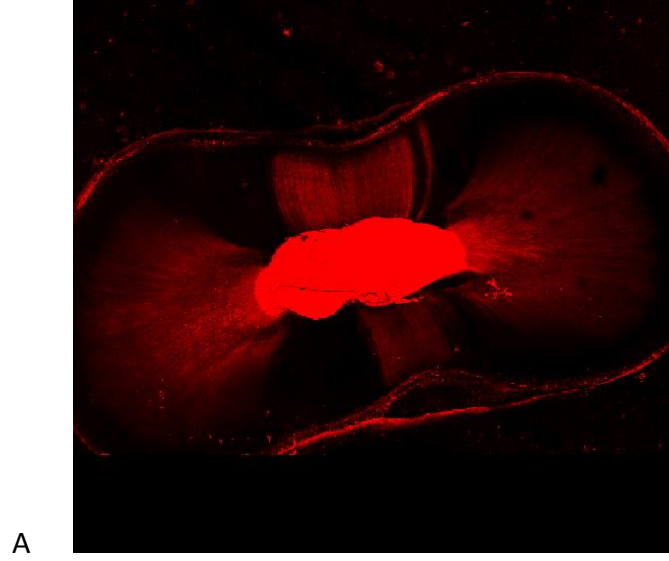
	N	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
AH Plus	10	75,5650	18,87747	56,49	100,00
İ root SP	10	89,6760	15,49386	56,86	100,00
MTA Fillapex	10	85,5240	12,69352	64,74	100,00
Meta seal	10	84,3140	26,22870	21,62	100,00
Total	40	83,7698	18,99065	21,62	100,00

**Grafik 4.3.** Grupların kanal duvarlarına olan yüzdeleri gösteren kutu-çizgi grafiği.



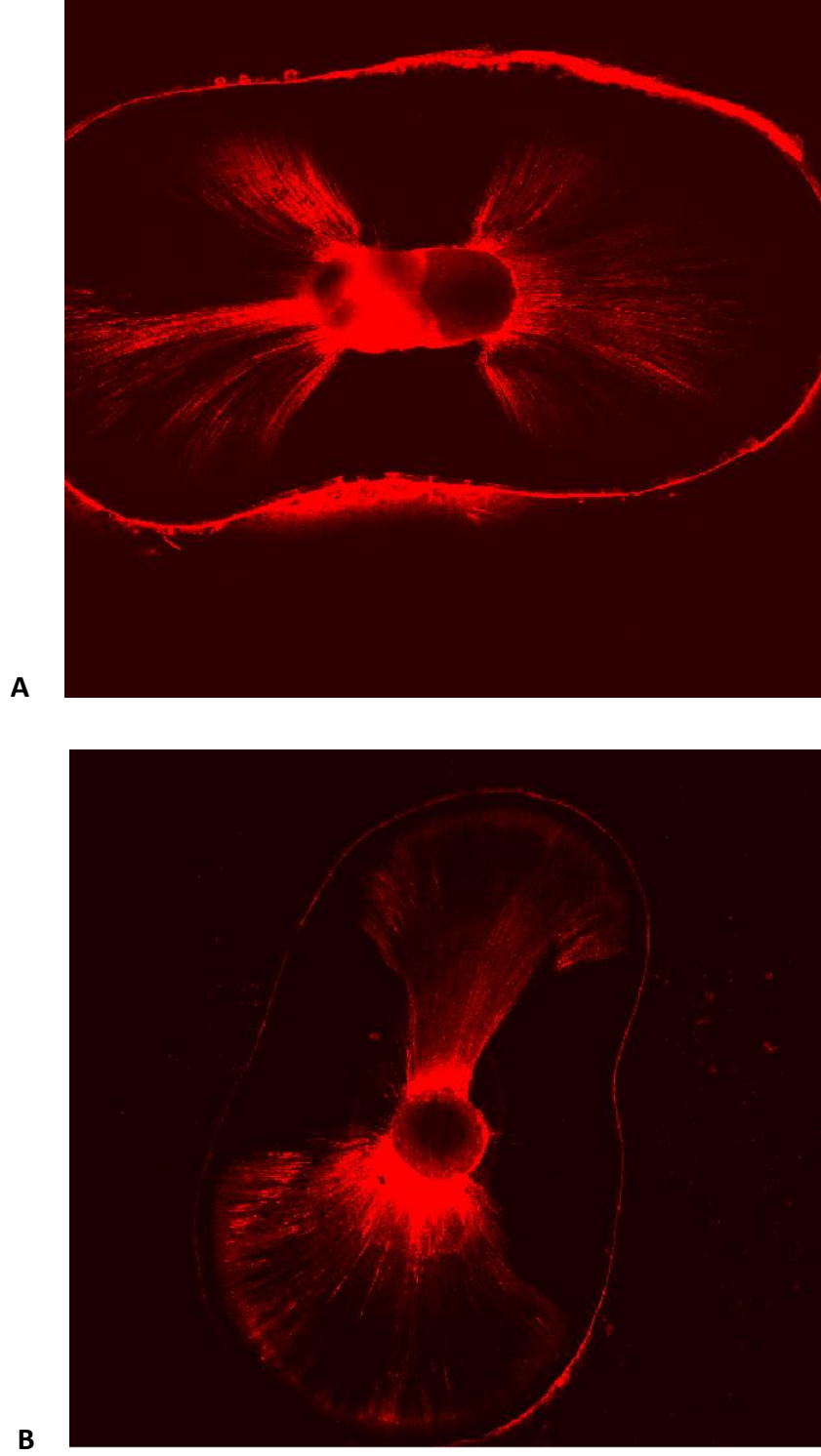
Şekil 4.1. CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları

A; AH Plus, B; İ Root SP, C; MetaSeal D; MTA Fillapex (2,5X)



Şekil 4.2. CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları

A; MTA Fillapex, B; İ Root Sp (2,5X)



Şekil 4.3. CLSM ile görüntülenen dentin tübül penetrasyonları

A; MTA Fillapex, B; İ Root Sp (2,5X)

5. TARTIŞMA

Kök-Kanal tedavisinin amacı, kanal içerisindeki mikroorganizmaları elimine etmek, böylelikle iyileşme için en uygun ortamı sağlamaktır (171). Ancak çoğu araştırma göstermiştir ki, en iyi koşullarda yapılan temizleme ve şekillendirme prosedürlerinde bile, kök kanalında bakteri sayısı düşürülmüş, ancak bakteri olmayan bir ortam oluşturmanın zor olduğu görülmüştür (172-175). Seanslar arasında kanal doldurulmadığında veya kanal içi ilaçlar kullanılmadığında bakteriler kısa sürede hızlıca çoğalabilirler (7,174).

Genelde kemomekanik preparasyondan sonra kanal içerisinde kalan mikroorganizmaların, kalsiyum hidroksit gibi kanal içi antibakteriyel ilaçlarla kontrol altına alınabileceği bu yüzden enfekte vakalarda 2 seanslık kanal tedavisinin zorunlu olduğu düşünülmüştür (176). Bazı araştırmacılar ise, kanal içerisinde kalan mikroorganizmaların buldukları yerlerde gömülerek besin ikmal yollarını kesmenin ve çoğalmalarına engel olacak şekilde tek seansta doldurmanın uygun bir yaklaşım olacağını düşünmüşlerdir (177,178).

Kanal dolgu aşamasında kültür alınarak dolgunun yapıldığı bir çalışmada (172) kanalı doldurma sırasında negatif kültür bulunan kanallarda başarı oranının %94, pozitif kültür bulunan kanallarda başarı oranının ise %68 olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada normal şartlar altında kök kanal dolgusu aşamasında kültür alımının rutin olmadığı ve zor olduğu belirtilmiş, ayrıca kanal içerisinde kültür testinin pozitif olduğu kanalların hepsinin başarısızlıkla sonuçlanmadığı gösterilmiştir. Ancak genel olarak kültür testinin çok tutarlı sonuçlar vermediği, aslında kullanışsız olduğu ve kesin rakamlar ortaya koyamadığı düşünülmüştür (8). Hatta *Bacteroides forsythus* ve *Treponema denticola* gibi bakterilerin kültürlerinin elde edilmesi oldukça zordur. Ayrıca kültür yöntemleri bakterilerin toplam sayısı hakkında fikir vermezler. Bu yüzden polimeraz zincir reaksiyonları gibi modern moleküler analiz yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır (179,180). Kök kanal enfeksiyonlarında, irrigasyondan önce, irrigasyondan sonra veya seanslar arasında yapılan mikrobiyal değerlendirmeler kök kanal duvarında dentin yüzeyinde yapılmış değerlendirmelerdir (172,174,181) çünkü kemomekanik preparasyon sonrası

oluşan, kanal duvarlarını kaplayan smear tabakasından (8,17-19) dolayı dentin tübüllerinde mikrobiyolojik bir değerlendirme yapmak çok zordur (182). Kemomekanik preparasyon sonrası bile hala kök kanal sisteminin yan kanallarında ve dentin tübüllerinde bakteriler kalabilir ve bu bakteriler inatçı enfeksiyonların sorumlusu olabilirler (7,8,182,183). Çünkü yapılan kemomekanik preparasyon ve irrigasyon daha çok kanal yüzeyinde etkilidir (8).

Kemomekanik preparasyondan sonra kök-kanal sistemi içerisinde, özellikle dentin tübüllerinde kalan rezidüel mikroorganizmaların kontrolü için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Öncelikle kanal tedavisi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonlarının dentin tübüllerine ulaşabilirliğinin ve böylelikle etkinliğinin artırılması için smear tabakasının kaldırılması önerilmiştir (4). Çünkü smear tabakası dentin tübüllerini tıkar (15-21) ve antimikrobiyal ajanların, irrigasyon solüsyonlarının veya kanal içi medikasyon ilaçlarının tübüllere girmesini geciktirir, veya engel olur (7,16,19,22). Ayrıca apikal periodontitisli nekrotik pulpalı enfekte dişlerde rezidüel mikroorganizmaların kontrolü için kanal içi medikasyon ilaçlarının kullanımı önerilmiştir (176). Bütün bunlara rağmen kök kanallarında, özellikle dentin tübüllerinde bakteri mevcudiyetine rastlanabilir. Rutin tedavilerde kanal içinden kültür alımının zorluğu ve kullanışsızlığı sebebiyle de, araştırmacılar, mevcudiyetini ve canlılıklarını koruyabilen bu bakterilerin buldukları yerlerde mahsur bırakılıp, besin yolları kesilecek şekilde ve çoğalamayacakları bir şekilde kanalı hermetik olarak tıkanmanın öneminden bahsetmişlerdir (12,13). Bu açıdan, kanal tedavisinde kullanılan patların dentin tübüllerine ulaşarak, kemomekanik preparasyon sonucu elimine edilemeyen bakterileri uygun bir tıkama ile elimine edebileceği düşünülmüş ve bunun başarı oranına etkiyeceği belirtilmiştir (11). Böylelikle doldurma prosedürünün, kemomekanik preparasyonun limitasyonlarının üstesinden gelebileceği düşünülmüştür (14). Bu açıdan endodontide kullanılan patların dentin tübüllerine penetre olup olmadığı, ve ne kadar derinliklere penetre olduğu oldukça önemlidir. Biz de bu çalışmamızda 4 farklı kanal patının penetrasyon miktarlarını değerlendirmeyi amaçladık.

Kök kanal patları, kor materyali ile kök kanal duvarları arasındaki boşlukları ve kanal içi düzensizlikleri doldurur. Dentin tübüllerine ve bunun yanı sıra lateral ve aksesuar kanallara da penetre olurlar. Bu durum kök dentin ile doldurma materyalleri arasındaki arayüzü artırır ve mekanik tutunmayı da artırarak kor materyali ile kanal duvarı arasında mekanik bir kilit oluşturur. Kök kanal dolgusu ile kanal duvarlarının adaptasyonunu kuvvetlendirir (4,13-16,26). Aynı zamanda artan pat penetrasyonunun sızıntıyı da azalttığı gösterilmiştir (184). Kök kanal patlarının tübüllere olan penetrasyonu bazı faktörlere bağlıdır. Smear tabakasının kaldırılıp kaldırılmadığı (12,15,23,26), patların fiziksel ve kimyasal özellikleri (akıcılık, viskozite vs.) (14,23), patın yüzey aktivitesi ve dentin ile olan temas açısı (19), materyalin sertleşme reaksiyonu, partikül büyüklüğü, dentin tübüllerinin sayısı ve çapı penetrasyon miktarında etkilidir. Materyalin tübüllere penetre olabilmesi için partikül büyüklüğünün tübül çapından küçük olması gereklidir (185). Tübüllere optimum penetrasyon için kök kanal dolgu materyallerinin düşük yüzey aktivitesine sahip olması, ya da yeterli derecede yüzey-aktif reaktiflerin eklenmesi gerektiği belirtilmiştir (21). Çalışma ve sertleşme zamanının, ve oluşturduğu film tabakası kalınlığının da penetrasyon miktarında etkili olduğu düşünülmektedir (33,186). Patın penetrasyon miktarını etkileyen fiziksel özelliklerinden en önemlisinin akıcılığı olduğu söylenmiştir (13,187). Biz de bu çalışmamızda, farklı fiziksel ve kimyasal özellikler gösterdiğini ve farklı penetrasyon miktarları göstereceğini düşündüğümüz 4 farklı gruptan 4 farklı patın, penetrasyon miktarlarını karşılaştırmayı amaçladık.

Konfokal mikroskop endodontide değişik patların dentin tübül penetrasyonlarının karşılaştırılmasında (31,33), doldurma tekniklerinin patların penetrasyonlarına olan etkilerinin karşılaştırılmasında (13,28,30,32,188), dişlerin apikal koronal ve orta üçlü bölgelerindeki dentin tübüllerine olan pat penetrasyonu miktarının karşılaştırılmasında (29), çeşitli irrigasyon solüsyonlarının ve irrigasyon tekniklerinin patların dentin tübüllerine penetrasyonuna olan etkilerinin incelenmesinde (165) kullanılmıştır. Biz bu çalışmamızda, patların penetrasyon miktarlarını karşılaştırdık ve bunu yaparken kanal dolgu tekniğini, kesit aldığımız bölgeyi, ve kullandığımız irrigasyon solüsyonlarını sabit tuttuk.

Kanal yüzeyinde oluşan smear tabakası dentin tübüllerini tıkadığı için patların tübüllere penetre olmasını engeller veya azaltır. Bu tabakanın kaldırılması kök kanal patlarının tübüllere değişik derinliklerde penetre olmasını sağlar (12,15,19,23,26). Böylelikle kemomekanik preparasyon sonrası elimine edilemeyen mikroorganizmalar için arzulanan hermetik tıkama ortamı sağlanmış olur. Bazı çalışmalar smear tabakasının varlığında ve yokluğunda gerçekleşen penetrasyon miktarlarının karşılaştırmasını yapmıştır. White ve diğ. (15), plastik doldurma materyallerinin, smear tabakası kaldırıldığında daha iyi penetre olabildiklerini göstermiştir. Okşan ve diğ. (23), smear tabakasının tübül ağzlarını tıkadığını, kaldırıldığında patların tübüllere daha iyi penetre olabildiklerini göstermişlerdir. Vassiliadis ve diğ. (189)'nin yaptığı bir çalışmada, smear tabakası uzaklaştırılmadan bırakılmış, ve uzaklaştırılmayan smear tabakasının Grossman patının penetrasyonunu engellemediği görülmüştür. Ancak bu çalışma *in vivo* koşullarda yapılmıştır. Sıcaklık, nem, dentin tübüllerinin içeriği, periapikal ve periodontal dokuların varlığı gibi *in vivo* koşulların patların tübül penetrasyon kabiliyetini değiştirebileceğini, bu yüzden *in vitro* deneylerle karşılaştırılmaması gerektiğini söylemişlerdir. Pat penetrasyonu ile ilgili çalışmalardan bir diğeri *in vivo* çalışma ise Mamootil & Messer (14)'e aittir. Diğeri bütün çalışmalar *in vitro*'dur. Yine Kokkas ve diğ. (12)'nin yaptığı bir çalışmada smear tabakasının dentin tübüllerini tıkadığı ve bütün patların tübüllere penetre olmasını engellediği görülmüştür. Uzaklaştırıldığında, patların dentin tübüllerinde değişik derinliklere penetre olduğu gözlenmiştir. Kouvas ve diğ. (26)'nin yaptığı çalışma da diğeri çalışmalarla uyumlu sonuçlar vermiştir. Smear tabakası patların penetrasyonuna izin vermemiş, ancak uzaklaştırıldığında patlar tübüllere penetre olabilmıştır. Çalt ve diğ. (20) ara seanslarda kullanılan kalsiyum hidroksitin sadece sodyum hipoklorit ile tübüllerden uzaklaştırılmadığını, ve tübül ağzını tıkayarak AH 26 patının tübüllere penetrasyonunu engellediğini göstermişlerdir. Kara Tuncer ve diğ. (165)'nin yaptıkları çalışmada smear tabakasını kaldırmak için %17 EDTA, %7 Maelik asit, %10 Citric Asit solüsyonları kullanılmış, pat penetrasyonu açısından bir farkları bulunmamıştır. Herhangi bir şelasyon ajanının kullanılmadığı kontrol grubunda ise,

pat penetrasyonu oranı oldukça düşük bulunmuştur. De Deus ve diğ. (188)'nin yaptıkları, doldurma yöntemlerinin tübül penetrasyonu açısından karşılaştırıldığı çalışmada, %17lik EDTA'nın kullanılmadığı kontrol gruplarında, tübüler penetrasyon gözlenmemiştir. Smear tabakası ilk olarak McComb ve diğ. (17) tarafından tanımlanmıştır. Tanımlandıktan sonra çeşitli irrigasyon solüsyonları ile uzaklaştırılması denenmiştir. İlk olarak şelasyon ajanları ile çalışmalar yapılmış, ve bu ajanların büyük oranda smear tabakasını uzaklaştırdığı, ancak sadece sert dokuları etkilediğinden dolayı smear tabakasının yumuşak-organik dokularını uzaklaştıramadığı görülmüştür (190,191). Daha sonra Yamada ve diğ. (16) ve Goldman ve diğ. (25) smear tabakasının uzaklaştırılması için irrigasyon solüsyonlarını kombine şekilde kullanmayı denemişlerdir. EDTA ve sonrasında NaOCl'nin kullanımının smear tabakasını uzaklaştırmada en etkili yöntem olduğunu keşfetmişlerdir. Bu yöntemle smear tabakasının hem organik hem de inorganik komponentleri uzaklaştırılabilmektedir. Genel kanı, smear tabakasının uzaklaştırılmasının, patların tübüllere daha derin penetre olmasını sağladığı yönündedir. Hatta smear tabakasının uzaklaştırılmasıyla azalan mikrosızıntı, patların tübüllere penetrasyonuna mal edilebilir (14). Biz de smear tabakasının kaldırılmasının optimum pat penetrasyonu açısından önemli olduğunu düşündük, bu yüzden çalışmamızda smear tabakasını uzaklaştırmak için 5 ml %17 EDTA solüsyonunu 1 dakika boyunca kanala uyguladık. Ardından sodyum hipoklorit ile kanalı tekrar yıkadık. Final irrigasyon olarak distile su kullandık. Kanal dolgusuna geçmeden önce diğer grupları paper pointlerle iyice kuruturken bioseramik grubundaki dişleri, patlar sertleşirken neme ihtiyaç duyduğu için nemli bırakmaya dikkat ettik.

Patların kanala gönderilmesinde, kağıt kon, lentülo, kor materyali, ultrasonik cihazlar, kanal eğesi, spreader gibi çeşitli aletler ve cihazlar kullanılır. Doldurmada kullanılan alet ve cihazların ve dolgu yöntemlerinin karşılaştırıldığı çeşitli pat penetrasyonu çalışmaları yapılmıştır. Nikhil ve diğ. (13) patları kanala taşımada ultrasonik yöntemlerin lentülo ve Endoactivator'e göre üstünlük sağladığını bulmuşlardır. Ordinola-Zapata ve diğ. (30) Thermafill ve Realseal-1 doldurma

teknikleri arasında pat penetrasyonu açısından bir fark bulunamamışlardır. Kok ve diğ. (32) tek kon, lateral kondensasyon ve thermafil dolgu yöntemlerini apikal 1/3'te karşılaştırmış, dentine penetre olmuş pat alanı açısından anlamlı bir fark bulunamasa da kanal etrafında olan pat kalınlığında anlamlı farklar bulunmuştur. Thermafil diğerlerine göre daha ince pat kalınlığı göstermiştir. De Deus ve diğ. (28)'nin çinko oksit ojenol esaslı Pulp canal sealer patı ile yaptıkları bir çalışmada sıcak güta perka ve Thermafil yöntemleri, pat penetrasyonu açısından lateral kondensasyon yöntemine üstünlük sağlamışlardır. Thermafil ve sıcak vertikal güta perka yöntemleri arasında ise anlamlı bir fark bulunamamıştır. Weis ve diğ. (27)'nin AH 26 ile yaptıkları çalışmada ise, lateral kompaksiyon, Simplifill ve Thermafill doldurma yöntemleri arasında herhangi anlamlı bir fark bulunamamıştır. Sonuçlar arasındaki bu farkın, epoksi rezin patların dentin tübüllerine hidrolik kuvvetlerden ziyade kapiller aksiyon sayesinde penetre olabilmesinden dolayı olduğu düşünülmüştür (14). De Deus ve diğ. (188)'nin yaptıkları çalışmada, lateral kondensasyon tekniği, tek kon tekniği, ve sıcak vertikal kondensasyon tekniği karşılaştırılmış, sıcak vertikal kondensasyon tekniği, anlamlı olarak diğerlerinden daha üstün bulunmuştur. Tek kon ve lateral kondensasyon teknikleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bizim çalışmamızda Rodamin B ile karıştırılan patlar kanala merkezi ana kor materyal vasıtasıyla taşınmış, ve kanal dolgusu soğuk lateral kondensasyon tekniği ile bitirilmiştir.

Dentin tübüllerinin sayısı yaşla birlikte azalmaya başlar. Yaşla birlikte dentinin mineralizasyonu devam eder. Dişin yaşı büyüdükçe, dentin tübüllerinin etrafını saran peritübüler dentinin mineralizasyonu artar. Bu, bazı durumlarda dentin tübüllerinin tamamen tıkanmasına sebep olur (192). Servikale göre apikal bölgede dentin tübüllerinin yoğunluğu, çapları, dallanmaları azalır, düzensizlikleri ise artar. Aynı zamanda kanal yüzeyinden sementte doğru da tübüllerin yoğunluğunda ve dağılımında azalmalar olur. Dentin tübüllerinin azlığı, servikale göre daha ince dallanmalar, sekonder dentinin irregüler yapısı ve sement benzeri dokulardan dolayı apikal bölgede, adezivlerin dentine penetrasyonu azalır (193). Kök kanal patlarının dentin tübüllerine olan penetrasyonunun incelendiği çalışmalarda, apikal, koronal

ve orta üçlüden alınan kesitlerde her zaman servikal ve orta üçlüye olan pat penetrasyonu apikale göre daha fazla bulunmuştur. Bu çalışmalardan bazılarında pat penetrasyonunun en çok görüldüğü bölge orta üçlü olarak belirlenmiştir (20,27), bunun sebebinin de tübül ağzlarının yeterince açık olması ve lateral kondensasyon sırasında en fazla kuvvetin bu bölgeye uygulanmasından dolayı olabileceği düşünülmüştür (20,189,194). Gharib ve diğ. (29)'nin yaptıkları bir çalışmada servikal bölge orta üçlüye göre daha yüksek maksimum penetrasyon değerleri gösterse de aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak Kara Tuncer ve diğ. (165) yaptıkları çalışmada servikal üçlüye olan penetrasyon miktarının orta üçlü ve apikal bölgeye göre anlamlı olarak daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Sadece apikal bölgedeki tübül yapısından dolayı değil, smear tabakasının servikal bölge ve orta üçlüde apikal bölgeye göre daha kolay ortadan kalkması sebebiyle de apikalde penetrasyonun daha az olduğunu düşünmüşlerdir. Chandra ve diğ. (33)'nin yaptıkları çalışmada da koronal kesitlerdeki penetrasyon orta üçlü ve apikal bölgeye göre daha yüksek değerler göstermiştir ve aradaki fark anlamlı bulunmuştur. Biz çalışmamızda, Vassiliadis ve diğ. (189)'nin yaptığı *in vivo* çalışmada belirttikleri gibi, orta üçlünün üst kısmından, kökün apikalinden 6-7 mm koronalinden bir kesit olarak pat penetrasyonunu değerlendirdik.

Patların dentin tübüllerine olan penetrasyonunun incelenmesinde, kesitler 2 farklı şekilde alınmıştır. Kokkas ve diğ. (12), Sevimay ve diğ. (195), Kouvas ve diğ. (26), De Deus ve diğ. (28), Şen ve diğ. (196) ve Çalt ve diğ.(20)'nin yaptıkları çalışmalarda kökler bukkolingual yönde uzunlamasına kırılarak, longitudinal olarak ikiye bölünerek incelenmiştir. Mamootil & Messer (14), Gharib ve diğ. (29), Kara Tuncer ve diğ. (34) ve Ordinola-Zapata ve diğ. (30)'nin yaptıkları çalışmalarda ise kesitler dişin uzuk aksına dik, horizontal olarak alınmıştır. Yapılan penetrasyon çalışmalarında penetrasyon derinlikleri konusunda verilerin değişkenliği açısından çelişkili sonuçlar alınmıştır. Örneğin De Deus ve diğ. (28) 79-136 µm, Kokkas ve diğ. (12) 17-59 µm, Kouvas ve diğ. (26) 1-77 µm arası uzunlukta penetrasyon derinlikleri bildirmişlerken, Mamootil & Messer (14)'ın yaptıkları çalışmalarda 1337 µm penetrasyon derinliği gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda da en yüksek 3101 µm olmak

üzere, yüksek miktarlarda maksimum penetrasyon derinliği değerleri gözlenmiştir. Penetrasyon derinliğinin çalışmalarda bu kadar geniş bir varyans göstermesi, Mamootil & Messer (14) tarafından kesit alma yöntemlerinin farklılığına bağlanmıştır. Longitudinal kesitlerde kanal çevresindeki bütün dentin alanının incelenemeyeceği ve bazı derin penetrasyon noktalarının gözden kaçabileceği belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda kesitler dişlerin uzun aksına dik, horizontal olarak alınıp incelenmiştir.

Patların dentin tübüllerine olan penetrasyonu çeşitli yöntemlerle incelenmiştir. Weis ve diğ. (27) ve De deus ve diğ. (28) ışık mikroskobu ile, White ve diğ. (15), Çalt ve diğ. (20), Oksan ve diğ. (23), Şen ve diğ. (196), ve Kouvas ve diğ. (26) taramalı elektron mikroskobu ile, Nikhil ve diğ. (13), Gharib ve diğ. (29), Ordinola ve diğ. (30,186), Patel ve diğ. (31), Kok ve diğ. (32), Chandra ve diğ. (33), Kara Tuncer ve diğ. (34) ise konfokal lazer tarama mikroskop ile pat penetrasyonunu incelemişlerdir. Bu yöntemlerin birbirleri üzerinde çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır. CLSM, örneklerin hazırlanması sırasında bazı spesifik uygulamalara gerek duymaz. SEM’de altın kaplama gibi özel işlemlere ihtiyaç vardır. Bu da örneklere zarar verebilir. Bu yüzden CLSM’de örneklerin hazırlanma süreci destrüktif değildir ve bu yüzden daha az artefakt oluştururlar. İnsan dişi örnekleri fazlasıyla hidratedir, bu yüzden SEM’le incelenecek olan örnekler fırında, alkol solüsyonları ile ve yüksek vakumda bir kurutma prosedürüne tabi tutulurlar. Bu da endodontik patlar dahil, bazı materyallerin kaybına sebep olabilir. Işık mikroskopunda penetre olan patı, dentinin görüntüsünden ayırtedebilmek zordur. SEM, bize dentin tübüllerinin ve patların yüksek kalitedeki görüntüsünü sağlar. Yüksek büyütmelerde, tübül-pat adaptasyonu daha detaylı incelenebilir. CLSM, bize pat-dentin bağlantı ara yüzünün Rodamin B gibi floresan maddeler yardımıyla daha net bir şekilde görülebilmesini sağlar. Elde edilen veriler doğrudan penetre olan, floresan madde ile işaretlenmiş patla ilgilidir (14,28,29,31,167). De Deus ve diğ. (28) ışık mikroskopunun bu dezavantajının üstesinden gelebilmek için bir görüntü işleme sistemi kullanmışlardır. Weis ve diğ. (27) ise kullanılan patları histolojik bir boya ile karıştırmışlardır. Ancak kullanılan bu boyalar bazı patlarla karıştırılamayabilir.

Karıştırılabilen patların da fiziksel özelliklerine etki edebilir. SEM’de düşük büyütmelelerde total alanın görüntülenip değerlendirilmesi daha zordur, CLSM’de ise daha düşük büyütmelelerde floresan maddelerin de sağladığı görüş kolaylığından yararlanılarak daha geniş bir alan değerlendirilebilir (14,33). Gharib ve diğ. (29) çalışmalarında kullandıkları pata çeşitli konsantrasyonlarda Rodamin B eklemişler, ve %0.1’den daha yüksek konsantrasyonlarda karıştırılan floresan madde Rodamin B’nin aşırı floresan görüntülere sebep olduğunu belirtmişlerdir. %0.1 oranında karıştırılan Rodamin B’nin çok düşük bir oran olduğu ve uygun oranda karıştırıldığında patların fiziksel özelliklerinde değişikliklere sebep olmadığı belirtilmiştir (29,31). Biz de çalışmamızda, karşılaştırdığımız patlara, hassas tartı yardımıyla %0.1 oranında Rodamin B ilave ettik.

Aldığımız kesitlerde, incelediğimiz örneklerde, patların bukkal ve lingual yönlere daha fazla penetre olduğu, mesial ve distal yönlere daha az penetre olduğu gözlenmiştir (Bkz. Şekil 3.5.4.). Weis ve diğ. (27) de yaptıkları çalışmada penetrasyon yönü açısından benzer bulgulara rastlamış ve bunu belirtmişlerdir. Bunun sebebi, mesial ve distal yönlerdeki intratübüler kalsifikasyonların bukkal ve lingual yönlerdekine göre daha fazla olmasıyla açıklanabilir (197). Yapılan bir çalışmada (198), cross-section kesitler alınmış, ve mesial-distal yönde daha fazla sklerozis olduğu görülmüştür. Sklerozisin fazla olduğu yönde dentinin daha translucent olduğu, ve kelebek görüntüsü oluşturduğu gözlenmiştir. Buna “kelebek etkisi” denilmiştir (199).

Mamootil & Messer (14) yaptıkları çalışmada, AH 26 (epoksi rezin), Pulp Canal Sealer EWT (çinko oksit ojenol) ve EndoREZ (metakrilat rezin) patlarının karşılaştırılması yapılmış, AH 26 en derin penetrasyon derinliğini gösterirken (1337 µm) onu EndoRez takip etmiş (863 µm), en düşük derinlik değerini Pulp Canal Sealer EWT (71 µm) göstermiştir. Bizim çalışmamızda da epoksi rezin esaslı AH Plus patı, metakrilat rezin esaslı MetaSeal patından, maksimum penetrasyon derinliği açısından daha yüksek değerler göstermiştir. Ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu çalışmanın in vivo koşullarda yapıldığı, bizim çalışmamızın *in vitro* olduğu unutulmamalıdır. Sıcaklık, nem, dentin tübüllerinin içeriği,

periodontal dokuların varlığı gibi sebepler sonuçlarda farklılıklara yol açabilirler. Kokkas ve diğ. (12)'nin yaptıkları çalışmada AH Plus, Apexit ve Roth 811 patlarının penetrasyon derinlikleri incelenmiş, smear tabakasının kaldırıldığı örneklerde, en fazla penetrasyon derinliğini AH Plus göstermiştir. Şen ve diğ. (196) yaptıkları çalışmada, Diaket, Endomethasone, Calsibiotic Root Canal Sealer ve Ketac-Endo patlarını tübül penetrasyonu açısından karşılaştırmışlardır. Ketac-Endo diğer gruplardan anlamlı olarak daha az bir penetrasyon gösterirken, diğerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kouvas ve diğ. (26) yaptıkları bir çalışmada, Sealapex ve Roth 811 patlarının Calsibiotik Root Canal Sealer'dan daha iyi penetre olduğunu gözlemişlerdir. Sealapex ve Roth patlarının partikül boyutlarının CRSC'den daha küçük olabileceğini düşünerek, patların bu yüzden daha derin penetrasyon gösterdiklerini açıklamaya çalışmışlardır. Bu çalışmalarda, bizim çalışmamızda kullanılan pat gruplarından yalnızca epoksi rezin esaslı AH Plus patı kullanılmış, bunun dışında çinko oksit ojenol ve kalsiyum hidroksitli patlar değerlendirilmiştir. Ayrıca kesitlerin longitudinal olarak alınması ve incelemede SEM kullanılması sebebiyle bizim çalışmamızdan farklılık göstermektedirler. Longitudinal kesitlerde bazı derin penetrasyon noktaları gözden kaçabilmektedir. Ayrıca SEM incelemelerinde küçük büyütmelelerde büyük alanların gözlenmesi CLSM'a göre daha zordur.

Patel ve diğ. (31), CLSM ile yaptıkları bir çalışmada, RealSeal patının TubliSeal'e göre daha fazla penetre olduğunu bulmuşlardır. Chandra ve diğ. (33), yaptıkları çalışmada, AH Plus, RealSeal, EndoRez, ve RoekoSeal patlarını maksimum penetrasyon derinliği açısından karşılaştırmış, en yüksek değerleri RealSeal gösterirken, en düşük değerleri EndoRez göstermiştir. RoekoSeal ve AH Plus arasında herhangi anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ah Plus epoksi rezin esaslı bir pattır. RealSeal 3. Nesil, EndoRez 2. Nesil metakrilat rezinlerdendir. Bizim çalışmamızda 4. Nesil metakrilat rezin esaslı bir pat olan MetaSeal ve epoksi rezin esaslı olan AH Plus kullanılmış, AH plus MetaSeal'dan daha yüksek penetrasyon derinliği gösterse de, aralarında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmamızda kullandığımız MetaSeal patı 4. Nesil bir metakrilat rezin esaslı kök kanal patıdır.

EndoRez 2. Nesil, RealSeal ise 3. Nesil bir metakrilat rezin esaslı kök kanal dolgu patıdır. Çalışmalar arasındaki farklılıklar, farklı nesil metakrilat rezin esaslı patların fizikokimyasal özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanabilir.

Ordinola-zapata ve diğ. (186)'nin yaptıkları bir çalışmada, Sealapex, Sealer 26 ve GuttaFlow patlarını kanal duvarına olan penetrasyon yüzdesi açısından CLSM ile değerlendirmişler, ve Sealapex patının diğer patlara göre daha yüksek penetrasyon yüzdesi gösterdiğini bulmuşlardır. Kanal duvarının etrafındaki penetrasyon oranında, patın ince bir film tabakası oluşturmasının penetrasyonu olumlu etkileyebileceğini bildirmişlerdir. Kullandıkları patların kanal duvarı etrafına penetre olabilme kabiliyetinin bulunduğunu gösterse de, kanal duvarı etrafında devamlı-tutarlı bir penetrasyon tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Bunun sklerotik dentin varlığı ve bazı bölgelerdeki tübül yoğunluğunun az olmasından kaynaklandığını düşünmüşlerdir. Bir diğer etkenin de doldurma sırasında spreader ile uygulanan kuvvetlerin, uygulandığı bölgeyi patsız bırakmış olması olduğunu düşünmüşlerdir. Bizim çalışmamızda da kanal duvarındaki penetrasyon yüzdesi incelenirken, çoğu örnekte kanalın belirli bölgelerinde penetrasyon görülürken, tüm kanal çevresinde devamlılık gösteren bir penetrasyon tespit edilememiştir. Kara Tuncer ve diğ. (34)'nin de CLSM ile yaptıkları çalışmada, penetrasyon yüzdesi açısından, AH Plus ve MTA Fillapex, İ root SP'den anlamlı olarak yüksek değerler göstermişlerdir. AH Plus ve MTA arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Sonuçlar arasındaki bu farkların, patların çözünürlüklerindeki farklılıklardan olabileceği düşünülmüştür. Bizim çalışmamızda ise, MTA Fillapex ve İ Root SP, AH Plus'a göre penetrasyon yüzdesi açısından yüksek değerler gösterse de gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bizim çalışmamızda, iRoot SP patı ile doldurulacak kanallar hafif nemli bırakılmıştır. Ayrıca Kara Tuncer ve diğ. (34) çalışmalarında yalnızca maksiller kesici dişleri kullanmışlardır. Biz ise Gharib ve diğ. (29)'nin tercih ettiği gibi tek kanallı ve tek köklü mandibular ve maksiller dişler olmak üzere daha büyük bir grubu seçtik. Sonuçlar arasındaki fark, iRoot SP grubundaki dişlerde kanalın nemlilik durumu ve diş seçimindeki kriterlerden kaynaklanıyor olabilir.

Bu çalışmada çeşitli patların dentin tübüllerine olan maksimum derinlikleri, penetrasyon alanları ve kanal duvarlarına olan penetrasyon yüzdeleri incelenmiştir. Bu çalışma ve diğer çalışmaların sonuçları arasındaki farklılıkların, inceleme yöntemleri, kesit alma yöntemleri, örnek preparasyon prosedürlerindeki değişikliklerden olduğunu düşünüyoruz. Çalışmalara dahil edilen dişlerin hem yaş açısından hem de kullanılan diş grupları açısından (maksiller keserler, mandibular premolarlar vs.) standardize edilememesinin de sonuçlara etkidiğini düşünüyoruz. Maksimum penetrasyon derinliğinin gözlenmeye çalışıldığı çalışmalarda, farklı büyüklüklerdeki dişlerde, patların maksimum derinliklerinin daha yüksek değerlerde olabileceğini düşünüyoruz. Ayrıca seçilen dişlerde dişin yaşı, maruz kaldığı okluzal kuvvetler gibi sebeplerin, dentin sklerozunu etkilediğini bu yüzden penetrasyon değerlerinde çelişkili sonuçlar verebileceğini düşünüyoruz. Ayrıca *in vitro* koşulların ağız ortamını taklit etmesindeki yetersizlikler sebebiyle, ortaya çıkan sonuçların klinik olarak tatmin edici sonuçları engelleyeceğini düşünüyoruz. Gelecekte, pat penetrasyonu değerlendirmelerinin yapılacağı çalışmalarda, yeni materyaller, yeni yöntemler denenebilir. Dişlerin standardizasyon faktörüne dikkat edilmedilir. Yaş, diş seçimi gibi unsurlar mümkün olduğu kadar dar aralıklarda tutulmalıdır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

1. Çalışmamızda pat penetrasyon derinliği, penetrasyon alanı, ve kanal duvarına olan penetrasyon yüzdesi açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.
2. CLSM'nin SEM'e göre çeşitli avantajları vardır. Örneklerin hazırlanma sürecinin destrüktif olmaması, düşük büyütmede geniş alanların gözlenebilirliği, ve pat-dentin arayüzünün yüksek çözünürlüklerde daha net ayırdedilebilmesi sebebiyle, konfokal mikroskop endodontide umut vadeci bir görüntüleme yöntemi olarak görülmektedir.
3. Smear tabakası kanal dolgusundan önce mutlaka kaldırılmadır.
4. Penetrasyon çalışmalarında dişlerin standardizasyonu önem arz etmektedir, bundan sonra yapılacak çalışmalarda, yaş, diş grupları gibi faktörlere dikkat edilebilir.
5. Gelecekte güncel patların penetrasyonu veya endodontik prosedürün aşamalarında geliştirilen yeni tekniklerin penetrasyona olan etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Çalışkan, M.K. (2006). Endodontide Tanı ve Tedaviler. (s. 401-432): Nobel Tıp Kitabevleri
2. Schilder, H. (1967) Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am*, 723-744.
3. Sjögren, U., Hägglund, B., Sundqvist, G.,Wing, K. (1990) Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 16 (10), 498-504.
4. Torabinejad, M., Handysides, R., Khademi, A.A.,Bakland, L.K. (2002) Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 94 (6), 658-666.
5. Kakehashi, S., Stanley, H.R.,Fitzgerald, R.J. (1965) The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulps in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 20, 340-349.
6. Sundqvist, G. (1976). Bacteriological studies of necrotic dental pulps: Department of Oral Microbiology, University of Umeå.
7. Bystrom, A.,Sundqvist, G. (1985) The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J*, 18 (1), 35-40.
8. Baker, N.A., Eleazer, P.D., Averbach, R.E.,Seltzer, S. (1975) Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions. *J Endod*, 1 (4), 127-135.
9. Abbott, P.V. (1990) Medicaments: aids to success in endodontics. Part 1. A review of the literature. *Aust Dent J*, 35 (5), 438-448.
10. Siqueira, J.F., De Uzeda, M.,Fonseca, M.E.F. (1996) A scanning electron microscopic evaluation of in vitro dentinal tubules penetration by selected anaerobic bacteria. *Journal of endodontics*, 22 (6), 308-310.
11. Heling, I.,Chandler, N.P. (1996) The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *J Endod*, 22 (5), 257-259.

12. Kokkas, A., Boutsoukias, A., Vassiliadis, L., Stavrianos, C. (2004) The Influence of the Smear Layer on Dentinal Tubule Penetration Depth by Three Different Root Canal Sealers: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, 30 (2), 100-102.
13. Nikhil, V., Singh, R. (2013) Confocal laser scanning microscopic investigation of ultrasonic, sonic, and rotary sealer placement techniques. *J Conserv Dent*, 16 (4), 294-299.
14. Mamootil, K., Messer, H.H. (2007) Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *Int Endod J*, 40 (11), 873-881.
15. White, R.R., Goldman, M., Lin, P.S. (1984) The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *J Endod*, 10 (12), 558-562.
16. Yamada, R.S., Armas, A., Goldman, M., Lin, P.S. (1983) A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod*, 9 (4), 137-142.
17. McComb, D., Smith, D.C. (1975) A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*, 1 (7), 238-242.
18. Moodnik, R.M., Dorn, S.O., Feldman, M.J., Levey, M., Borden, B.G. (1976) Efficacy of biomechanical instrumentation: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 2 (9), 261-266.
19. Şen, B., Wesselink, P., Türkün, M. (1995) The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, 28 (3), 141-148.
20. Çalt, S., Serper, A. (1999) Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*, 25 (6), 431-433.
21. Aktener, B.O., Cengiz, T., Piskin, B. (1989) The penetration of smear material into dentinal tubules during instrumentation with surface-active reagents: a scanning electron microscopic study. *J Endod*, 15 (12), 588-590.

22. Orstavik, D., Haapasalo, M. (1990) Disinfection by endodontic irrigants and dressings of experimentally infected dentinal tubules. *Endod Dent Traumatol*, 6 (4), 142-149.
23. Oksan, T., Aktener, B.O., Sen, B.H., Tezel, H. (1993) The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *Int Endod J*, 26 (5), 301-305.
24. Pashley, D.H. (1992) Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc*, 88 Suppl 1, 215-224.
25. Goldman, M., Goldman, L.B., Cavaleri, R., Bogis, J., Lin, P.S. (1982) The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *Journal of endodontics*, 8 (11), 487-492.
26. Kouvas, V., Liolios, E., Vassiliadis, I., Parissis-Messimeris, S., Boutsoukis, A. (1998) Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Dental Traumatology*, 14 (4), 191-195.
27. Weis, M.V., Parashos, P., Messer, H.H. (2004) Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J*, 37 (10), 653-663.
28. De Deus, G., Gurgel-Filho, E., Maniglia-Ferreira, C., Coutinho-Filho, T. (2004) 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: the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 30 (1), 23-28.
29. Gharib, S.R., Tordik, P.A., Imamura, G.M., Baginski, T.A., Goodell, G.G. (2007) A confocal laser scanning microscope investigation of the epiPhany obturation system. *J Endod*, 33 (8), 957-961.
30. Ordinola-Zapata, R., Bramante, C.M., Bernardineli, N., Graeff, M.S., Garcia, R.B., de Moraes, I.G. ve diğ erleri. (2009) A preliminary study of the percentage of sealer penetration in roots obturated with the Thermafil and RealSeal-1 obturation techniques in mesial root canals of mandibular molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108 (6), 961-968.

31. Patel, D., Sherriff, M., Ford, T., Watson, T., Mannocci, F. (2007) The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International endodontic journal*, 40 (1), 67-71.
32. Kok, D., Hungaro Duarte, M.A., Abreu Da Rosa, R., Wagner, M.H., Pereira, J.R., So, M.V. (2012) Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microsc Res Tech*, 75 (9), 1277-1280.
33. Chandra, S.S., Shankar, P., Indira, R. (2012) Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *J Endod*, 38 (10), 1412-1416.
34. Kara Tuncer, A., Tuncer, S., Gökyay, S.S. (2013) Correlation between sealer penetration into dentinal tubules and bond strength of two new calcium silicate-based and an epoxy resin-based, endodontic sealer. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 28 (7), 702-710.
35. Delivanis, P.D., Mattison, G.D., Mendel, R.W. (1983) The survivability of F43 strain of *Streptococcus sanguis* in root canals filled with gutta-percha and Procosol cement. *J Endod*, 9 (10), 407-410.
36. Ingle JJ, B.E., Glick DH, Weichman JA. (1994). Endodontic success & failure: the Washington Study. (s. 21–45): Baltimore: Williams & Wilkins
37. Hargreaves, K.M. (2010). Cohen's pathways of the pulp expert consult. (s. 349-389): Mosby
38. GEE, A., WU, M.K., Wesselink, P. (1994) Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 27 (5), 239-244.
39. Grossman, L.I. (1988). Endodontic Practice (11 bs.): Philadelphia: Lea & Febiger.
40. Alaçam, T. (2012). Endodonti. (s. 769-828). Ankara: Gazi Üniversitesi Basın Yayın Yüksek Okulu Basımevi
41. TARHAN, S.Ç., UZUNOĞLU, E. (2010) Kök Kanal Dolgu Maddeleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences Special Topics*, 1 (3), 1-15.

42. Ingle, J.I., Bakland, L.K., Baumgartner, J.C. (2008). Ingle's endodontics. (s. 1019-1052): PMPH-USA
43. Block, R.M., Lewis, R.D., Sheats, J.B., Burke, S.H. (1977) Antibody formation to dog pulp tissue altered by N2-type paste within the root canal. *Journal of endodontics*, 3 (8), 309-315.
44. Block, R.M., Lewis, R.D., Sheats, J.B., Fawley, J. (1978) Cell-mediated immune response to dog pulp tissue altered by Kerr (Rickert's) sealer via the root canal. *Journal of endodontics*, 4 (4), 110-116.
45. Block, R.M., Sheats, J.B., Lewis, R.D., Fawley, J. (1978) Cell-mediated immune response to dog pulp tissue altered by N2 paste within the root canal. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 45 (1), 131-142.
46. Torabinejad, M., Kettering, J.D., Bakland, L.K. (1979) Evaluation of systemic immunological reactions to AH-26 root canal sealer. *Journal of endodontics*, 5 (7), 196-200.
47. Hamden, D. (1981) Tests for carcinogenicity and mutagenicity. *International endodontic journal*, 14 (1), 35-61.
48. Lewis, B.B., Chestner, S.B. (1981) Formaldehyde in dentistry: a review of mutagenic and carcinogenic potential. *The Journal of the American Dental Association*, 103 (3), 429-434.
49. Grossman, L.I. (1958) An improved root canal cement. *The Journal of the American Dental Association*, 56 (3), 381-385.
50. Hargreaves, K.M. Cohen's pathways of the pulp expert consult. (s. 223-282)
51. Hume, W. (1988) In vitro studies on the local pharmacodynamics, pharmacology and toxicology of eugenol and zinc oxide-eugenol. *International endodontic journal*, 21 (2), 130-134.
52. Markowitz, K., Moynihan, M., Liu, M., Kim, S. (1992) Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol: A clinically oriented review. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 73 (6), 729-737.
53. Wilson, A.D., Clinton, D.J., Miller, R.P. (1973) Zinc oxide-eugenol cements: IV. Microstructure and hydrolysis. *Journal of dental research*, 52 (2), 253-260.

54. Ørstavik, D., Nordahl, I., Tibballs, J.E. (2001) Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental materials*, 17 (6), 512-519.
55. Antrim, D.D. (1976) Evaluation of the cytotoxicity of root canal sealing agents on tissue culture cells in vitro: Grossman's sealer, N2 (permanent), Rickert's sealer, and Cavit. *Journal of endodontics*, 2 (4), 111-116.
56. Guttuso, J. (1963) Histopathologic study of rat connective tissue responses to endodontic materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 16 (6), 713-727.
57. Brown, B., Kafrawy, A.H., Patterson, S.S. (1978) Studies of sargenti technique of endodontics\ 3-Reaction to the materials. *Journal of endodontics*, 4 (8), 238-241.
58. Kozam, G. (1977) The effect of eugenol on nerve transmission. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 44 (5), 799-805.
59. Trowbridge, H., Edwall, L., Panopoulos, P. (1982) Effect of zinc oxide-eugenol and calcium hydroxide on intradental nerve activity. *Journal of endodontics*, 8 (9), 403-406.
60. Ozeki, M. (1975) The effects of eugenol on the nerve and muscle in crayfish. *Comparative biochemistry and physiology. C: Comparative pharmacology*, 50 (2), 183-191.
61. Orr, D.L. (1985) Paresthesia of the trigeminal nerve secondary to endodontic manipulation with N2. *Headache: The Journal of Head and Face Pain*, 25 (6), 334-336.
62. Dewhirst, F.E. (1980) Structure-activity relationships for inhibition of prostaglandin cyclooxygenase by phenolic compounds. *Prostaglandins*, 20 (2), 209-222.
63. Block, R.M., Lewis, R.D., Hirsch, J., Coffey, J., Langeland, K. (1983) Systemic distribution of [14 C]-labeled paraformaldehyde incorporated within formocresol following pulpotomies in dogs. *Journal of Endodontics*, 9 (5), 176-189.

64. Pashley, E.L., Myers, D.R., Pashley, D.H., Whitford, G.M. (1980) Systemic distribution of ¹⁴C-formaldehyde from formocresol-treated pulpotomy sites. *J Dent Res*, 59 (3), 602-607.
65. Myers, D.R., Shoaf, H.K., Dirksen, T.R., Pashley, D.H., Whitford, G.M., Reynolds, K.E. (1978) Distribution of ¹⁴C-formaldehyde after pulpotomy with formocresol. *The Journal of the American Dental Association*, 96 (5), 805-813.
66. Goldmacher, V.S., Thilly, W.G. (1983) Formaldehyde is mutagenic for cultured human cells. *Mutat Res*, 116 (3-4), 417-422.
67. Swenberg, J.A., Kerns, W.D., Mitchell, R.I., Gralla, E.J., Pavkov, K.L. (1980) Induction of squamous cell carcinomas of the rat nasal cavity by inhalation exposure to formaldehyde vapor. *Cancer Res*, 40 (9), 3398-3402.
68. Orlay, H. (1966) Overfilling in root canal treatment. Two accidents with N2. *British dental journal*, 120 (8), 376.
69. Kleier, D.J., Averbach, R.E. (1988) Painful dysesthesia of the inferior alveolar nerve following use of a paraformaldehyde-containing root canal sealer. *Dental Traumatology*, 4 (1), 46-48.
70. Erişen, R., Yücel, T., Küçükay, S. (1989) Endomethasone root canal filling material in the mandibular canal: a case report. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 68 (3), 343-345.
71. Grossman, L.I. (1978) Paresthesia from N2 or N2 substitute: report of a case. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 45 (1), 114-115.
72. Spångberg, L. (1974) Biologic effects of root canal filling materials: The effect on bone tissue of two formaldehyde-containing root canal filling pastes: N2 and Riebler's paste. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 38 (6), 934-944.
73. Kaufman, A.Y., Rosenberg, L. (1980) Paresthesia caused by Endomethasone. *Journal of endodontics*, 6 (4), 529-531.
74. Brodin, P., Røed, A., Aars, H. (1982) Neurotoxic effects of root filling materials on rat phrenic nerve in vitro. *Journal of dental research*, 61 (8), 1020-1023.

75. Brodin, P. (1988) Neurotoxic and analgesic effects of root canal cements and pulp-protecting dental materials. *Dental Traumatology*, 4 (1), 1-11.
76. Forman, G., Rood, J. (1977) Successful retrieval of endodontic material from the inferior alveolar nerve. *Journal of dentistry*, 5 (1), 47-50.
77. Crane, D.L., Heuer, M.A., Kaminski, E.J., Moser, J.B. (1980) Biological and physical properties of an experimental root canal sealer without eugenol. *J Endod*, 6 (2), 438-445.
78. Schroeder, A. (1954) The impermeability of root canal filling material and first demonstrations of new root filling materials. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie/SSO*, 64 (9), 921.
79. Koch, M. (1999) Formaldehyde release from root-canal sealers: influence of method. *International endodontic journal*, 32 (1), 10-16.
80. Spångberg, L.S., Barbosa, S.V., Lavigne, G.D. (1993) AH26 releases formaldehyde. *Journal of endodontics*, 19 (12), 596-598.
81. Hauman, C., Love, R. (2003) Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *International Endodontic Journal*, 36 (3), 147-160.
82. Özok, A.R., van der Sluis, L.W., Wu, M.-K., Wesselink, P.R. (2008) Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *Journal of Endodontics*, 34 (2), 204-207.
83. Huang, F.M., Tai, K.W., Chou, M.Y., Chang, Y.C. (2002) Cytotoxicity of resin-, zinc oxide-eugenol-, and calcium hydroxide-based root canal sealers on human periodontal ligament cells and permanent V79 cells. *Int Endod J*, 35 (2), 153-158.
84. Leonardo, M.R., da Silva, L.A.B., Tanomaru Filho, M., da Silva, R.S. (1999) Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 88 (2), 221-225.

85. De Moor, R., De Bruyne, M. (2004) The long-term sealing ability of AH 26 and AH plus used with three gutta-percha obturation techniques. *Quintessence international (Berlin, Germany: 1985)*, 35 (4), 326-331.
86. Salz, U., Zimmermann, J., Salzer, T. (2004) Self-curing, self-etching adhesive cement systems. *The journal of adhesive dentistry*, 7 (1), 7-17.
87. Leonard, J., Gutmann, J., Guo, I. (1996) Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. *International Endodontic Journal*, 29 (2), 76-83.
88. Mannocci, F., Ferrari, M. (1998) Apical seal of roots obturated with laterally condensed gutta-percha, epoxy resin cement, and dentin bonding agent. *Journal of endodontics*, 24 (1), 41-44.
89. Ahlberg, K., Tay, W.M. (1998) A methacrylate-based cement used as a root canal sealer. *International endodontic journal*, 31 (1), 15-21.
90. Zidan, O., ElDeeb, M.E. (1985) The use of a dentinal bonding agent as a root canal sealer. *Journal of endodontics*, 11 (4), 176-178.
91. Hammond, R.M., Meyers, I.A. (1992) A laboratory investigation of a composite resin/dentine bonding agent mixture used as a root canal sealer. *Aust Dent J*, 37 (3), 178-184.
92. Kim, Y.K., Grandini, S., Ames, J.M., Gu, L.S., Kim, S.K., Pashley, D.H. ve diğ erleri. (2010) Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod*, 36 (3), 383-399.
93. Benkel, B.H., Rising, D.W., Goldman, L.B., Rosen, H., Goldman, M., Kronman, J.H. (1976) Use of a hydrophilic plastic as a root canal filling material. *Journal of endodontics*, 2 (7), 196-202.
94. Langeland, K., Olsson, B., Pascon, E. (1981) Biological evaluation of Hydron. *Journal of endodontics*, 7 (5), 196-204.
95. Rhome, B.H., Solomon, E.A., Rabinowitz, J.L. (1981) Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron. *Journal of endodontics*, 7 (10), 458-461.

96. Tay, F.R., Loushine, R.J., Monticelli, F., Weller, R.N., Breschi, L., Ferrari, M. ve diğeri. (2005) Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *Journal of endodontics*, 31 (9), 659-664.
97. Gogos, C., Economides, N., Stavrianos, C., Kolokouris, I., Kokorikos, I. (2004) Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *Journal of endodontics*, 30 (4), 238-240.
98. Shipper, G., Trope, M. (2004) In vitro microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 30 (3), 154-158.
99. Shipper, G., Ørstavik, D., Teixeira, F.B., Trope, M. (2004) An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of Endodontics*, 30 (5), 342-347.
100. Shipper, G., Teixeira, F.B., Arnold, R.R., Trope, M. (2005) Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or resilon. *Journal of Endodontics*, 31 (2), 91-96.
101. Lawson, M.S., Loushine, B., Mai, S., Weller, R.N., Pashley, D.H., Tay, F.R. ve diğeri. (2008) Resistance of a 4-META-containing, methacrylate-based sealer to dislocation in root canals. *Journal of endodontics*, 34 (7), 833-837.
102. Pinna, L., Brackett, M.G., Lockwood, P.E., Huffman, B.P., Mai, S., Cotti, E. ve diğeri. (2008) In vitro cytotoxicity evaluation of a self-adhesive, methacrylate resin-based root canal sealer. *Journal of endodontics*, 34 (9), 1085-1088.
103. Hammad, M., Qualtrough, A., Silikas, N. (2008) Extended setting shrinkage behavior of endodontic sealers. *Journal of endodontics*, 34 (1), 90-93.
104. Gencoglu, N., Turkmen, C., Aksoy, H., Erseven, G. (2001). A new silicon-based root canal sealer [Bildiri]. *JOURNAL OF DENTAL RESEARCH*.
105. Çlobankara, F.K., Adanir, N., Belli, S., Pashley, D. (2002) A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 35, 979-984.

106. Wu, M.-K., Tigos, E., Wesselink, P.R. (2002) An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: A leakage study in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 94 (4), 499-502.
107. Zoufan, K., Jiang, J., Komabayashi, T., Wang, Y.-H., Safavi, K.E., Zhu, Q. (2011) Cytotoxicity evaluation of Gutta flow and endo sequence BC sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 112 (5), 657-661.
108. Eldeniz, A., Mustafa, K., Ørstavik, D., Dahl, J. (2007) Cytotoxicity of new resin-, calcium hydroxide- and silicone-based root canal sealers on fibroblasts derived from human gingiva and L929 cell lines. *International endodontic journal*, 40 (5), 329-337.
109. Brackett, M.G., Martin, R., Sword, J., Oxford, C., Rueggeberg, F.A., Tay, F.R. ve diğeri. (2006) Comparison of seal after obturation techniques using a polydimethylsiloxane-based root canal sealer. *Journal of endodontics*, 32 (12), 1188-1190.
110. ElAyouti, A., Achleithner, C., Löst, C., Weiger, R. (2005) Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *Journal of endodontics*, 31 (9), 687-690.
111. Wilson, A., Kent, B. (1972) A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *British dental journal*, 132 (4), 133-135.
112. Koch, K., Min, P.S., Stewart, G.G. (1994) Comparison of apical leakage between Ketac Endo sealer and Grossman sealer. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 78 (6), 784-787.
113. Ray, H., Seltzer, S. (1991) A new glass ionomer root canal sealer. *Journal of endodontics*, 17 (12), 598-603.
114. Friedman, S., Löst, C., Zarrabian, M., Trope, M. (1995) Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics*, 21 (7), 384-390.

115. Weiger, R., Heuchert, T., Hahn, R., Löst, C. (1995) Adhesion of a glass ionomer cement to human radicular dentine. *Dental Traumatology*, 11 (5), 214-219.
116. Blackman, R., Gross, M., Seltzer, S. (1989) An evaluation of the biocompatibility of a glass ionomer-silver cement in rat connective tissue. *Journal of endodontics*, 15 (2), 76-79.
117. Akinmade, A., Nicholson, J. (1993) Glass-ionomer cements as adhesives. *Journal of materials science: materials in medicine*, 4 (2), 95-101.
118. Wilson, A., Prosser, H., Powis, D. (1983) Mechanism of adhesion of polyelectrolyte cements to hydroxyapatite. *Journal of dental research*, 62 (5), 590-592.
119. Dalat, D.M., Önal, B. (1998) Apical leakage of a new glass ionomer root canal sealer. *Journal of endodontics*, 24 (3), 161-163.
120. Friedman, S., Moshonov, J., Trope, M. (1992) Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*, 73 (5), 609-612.
121. De Bruyne, M., De Moor, R. (2004) The use of glass ionomer cements in both conventional and surgical endodontics. *International endodontic journal*, 37 (2), 91-104.
122. Carvalho-Júnior, J.R., Guimarães, L.F.L., Correr-Sobrinho, L., Pécora, J.D., Sousa-Neto, M.D. (2003) Evaluation of solubility, disintegration, and dimensional alterations of a glass ionomer root canal sealer. *Brazilian dental journal*, 14 (2), 114-118.
123. Somani, R., Jaidka, S., Jawa, D., Mishra, S. (2014) Comparative evaluation of microleakage in conventional glass ionomer cements and triclosan incorporated glass ionomer cements. *Contemporary clinical dentistry*, 5 (1), 85.
124. Pommel, L., About, I., Pashley, D., Camps, J. (2003) Apical leakage of four endodontic sealers. *Journal of endodontics*, 29 (3), 208-210.

125. Kaplan, A., Goldberg, F., Artaza, L., De Silvio, A., Macchi, R. (1997) Disintegration of endodontic cements in water. *Journal of endodontics*, 23 (7), 439-441.
126. Koch, K., Brave, D. (2009) A new day has dawned: the increased use of bioceramics in endodontics. *Dentaltown April*, 10 (4), 39-43.
127. de Miranda Candeiro, G.T., Correia, F.C., Duarte, M.A.H., Ribeiro-Siqueira, D.C., Gavini, G. (2012) Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *Journal of endodontics*, 38 (6), 842-845.
128. Loushine, B.A., Bryan, T.E., Looney, S.W., Gillen, B.M., Loushine, R.J., Weller, R.N. ve diğerleri. (2011) Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of endodontics*, 37 (5), 673-677.
129. Hess, D., Solomon, E., Spears, R., He, J. (2011) Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *Journal of endodontics*, 37 (11), 1547-1549.
130. Kossev, A.D. (2009) Ceramics-based sealers as a new alternative to currently used endodontic sealers.
131. Zhou, H.-m., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y.-f., Haapasalo, M. (2013) Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of endodontics*, 39 (10), 1281-1286.
132. Nagas, E., Uyanik, M.O., Eymirli, A., Cehreli, Z.C., Vallittu, P.K., Lassila, L.V. ve diğerleri. (2012) Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *Journal of endodontics*, 38 (2), 240-244.
133. Camilleri, J. (2009) Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. *Journal of Endodontics*, 35 (10), 1412-1417.
134. Scarparo, R.K., Haddad, D., Acasigua, G.A.X., Fossati, A.C.M., Fachin, E.V.F., Grecca, F.S. (2010) Mineral trioxide aggregate-based sealer: analysis of tissue reactions to a new endodontic material. *Journal of endodontics*, 36 (7), 1174-1178.

135. Gomes-Filho, J.E., Watanabe, S., Bernabé, P.F.E., de Moraes Costa, M.T. (2009) A mineral trioxide aggregate sealer stimulated mineralization. *Journal of Endodontics*, 35 (2), 256-260.
136. Pawińska, M., Skrzydlewska, E. (2002) Release of hydroxyl ions from calcium hydroxide preparations used in endodontic treatment. *Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku (1995)*, 48, 145-149.
137. Duarte, M.A.H., de Oliveira Demarchi, A.C.C., Giaxa, M.H., Kuga, M.C., de Campos Fraga, S., de Souza, L.C.D. (2000) Evaluation of pH and calcium ion release of three root canal sealers. *Journal of endodontics*, 26 (7), 389-390.
138. Tronstad, L., Barnett, F., Flax, M. (1988) Solubility and biocompatibility of calcium hydroxide-containing root canal sealers. *Dental Traumatology*, 4 (4), 152-159.
139. Tagger, M., Tagger, E., Kfir, A. (1988) Release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxide. *Journal of endodontics*, 14 (12), 588-591.
140. Holland, R., de Souza, V. (1985) Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *Journal of endodontics*, 11 (12), 535-543.
141. Holland, R., Nery, M.J., de Mello, W., de Souza, V., Bernabe, P.F., Otoboni Filho, J.A. (1979) Root canal treatment with calcium hydroxide. I. Effect of overfilling and refilling. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 47 (1), 87-92.
142. Leonardo, M., Silva, L., Utrilla, L., Assed, S., Ether, S. (1997) Calcium hydroxide root canal Sealers—Histopathologic evaluation of apical and peripaical repair after endodontic treatment. *Journal of endodontics*, 23 (7), 428-432.
143. Tagger, M., Tagger, E. (1989) Periapical reactions to calcium hydroxide-containing sealers and AH 26 in monkeys. *Endod Dent Traumatol*, 5 (3), 139-146.
144. Leonardo, M.R., Leal, J.M., Simões Filho, A.P. (1980) Pulpectomy: Immediate root canal filling with calcium hydroxide: Concept and procedures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 49 (5), 441-450.

145. Barnett, F., Trope, M., Rooney, J.,Tronstad, L. (1989) In vivo sealing ability of calcium hydroxide-containing root canal sealers. *Dental Traumatology*, 5 (1), 23-26.
146. Leonardo, M., Silva, L.d., Almeida, W.,Utrilla, L. (1999) Tissue response to an epoxy resin-based root canal sealer. *Dental Traumatology*, 15 (1), 28-32.
147. Leyhausen, G., Heil, J., Reifferscheid, G., Waldmann, P.,Geurtsen, W. (1999) Genotoxicity and cytotoxicity of the epoxy resin-based root canal sealer AH plus. *Journal of endodontics*, 25 (2), 109-113.
148. Kayaoglu, G., Erten, H., Alacam, T.,Orstavik, D. (2005) Short-term antibacterial activity of root canal sealers towards *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J*, 38 (7), 483-488.
149. Tavares, C.O., Böttcher, D.E., Assmann, E., Kopper, P.M.P., de Figueiredo, J.A.P., Grecca, F.S. ve diğerleri. (2013) Tissue reactions to a new mineral trioxide aggregate–containing endodontic sealer. *Journal of endodontics*, 39 (5), 653-657.
150. Silva, E.J., Rosa, T.P., Herrera, D.R., Jacinto, R.C., Gomes, B.P.,Zaia, A.A. (2013) Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *Journal of endodontics*, 39 (2), 274-277.
151. Vitti, R.P., Prati, C., Silva, E.J.N.L., Sinhoreti, M.A.C., Zanchi, C.H., e Silva, M.G.d.S. ve diğerleri. (2013) Physical properties of MTA Fillapex sealer. *Journal of endodontics*, 39 (7), 915-918.
152. Massi, S., Tanomaru-Filho, M., Silva, G.F., Duarte, M.A.H., Grizzo, L.T., Buzalaf, M.A.R. ve diğerleri. (2011) pH, Calcium ion release, and setting time of an experimental mineral trioxide aggregate–based root canal sealer. *Journal of endodontics*, 37 (6), 844-846.
153. Torabinejad, M.,Parirokh, M. (2010) Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: leakage and biocompatibility investigations. *Journal of endodontics*, 36 (2), 190-202.

154. Salles, L.P., Gomes-Cornélio, A.L., Guimaraes, F.C., Herrera, B.S., Bao, S.N., Rossa-Junior, C. ve diğerleri. (2012) Mineral trioxide aggregate–based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. *Journal of endodontics*, 38 (7), 971-976.
155. Morgental, R.D., Vier-Pelisser, F.V., Oliveira, S.D.d., Antunes, F.C., Cogo, D.M., Kopper, P. (2011) Antibacterial activity of two MTA-based root canal sealers. *International endodontic journal*, 44 (12), 1128-1133.
156. Gomes-Filho, J.E., Watanabe, S., Lodi, C.S., Cintra, L.T.A., Nery, M.J., Dezan, E. ve diğerleri. (2012) Rat tissue reaction to MTA FILLAPEX®. *Dental Traumatology*, 28 (6), 452-456.
157. Yoshino, P., Nishiyama, C.K., Modena, K.C.d.S., Santos, C.F., Sipert, C.R. (2013) In vitro cytotoxicity of white MTA, MTA Fillapex® and Portland cement on human periodontal ligament fibroblasts. *Brazilian dental journal*, 24 (2), 111-116.
158. Zhang, W., Li, Z., Peng, B. (2009) Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 107 (6), e79-e82.
159. Zhang, W., Li, Z., Peng, B. (2010) Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate–based canal filling material. *International Endodontic Journal*, 43 (9), 769-774.
160. Ersahan, S., Aydin, C. (2010) Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *J Endod*, 36 (12), 2000-2002.
161. Zhang, H., Shen, Y., Ruse, N.D., Haapasalo, M. (2009) Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *Journal of endodontics*, 35 (7), 1051-1055.
162. Belli, S., Ozcan, E., Derinbay, O., Eldeniz, A.U. (2008) A comparative evaluation of sealing ability of a new, self-etching, dual-curable sealer: hybrid root SEAL (MetaSEAL). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 106 (6), e45-e52.
163. Ari, H., Belli, S., Gunes, B. (2010) Sealing ability of Hybrid Root SEAL (MetaSEAL) in conjunction with different obturation techniques. *Oral Surgery,*

- Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 109 (6), e113-e116.
164. Kouvas, V., Liolios, E., Vassiliadis, L., Parissis-Messimeris, S., Boutsioukis, A. (1998) Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Endod Dent Traumatol*, 14 (4), 191-195.
165. Kara Tuncer, A., Tuncer, S. (2012) Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *J Endod*, 38 (6), 860-863.
166. Bouillaguet, S., Wataha, J.C., Lockwood, P.E., Galgano, C., Golay, A., Krejci, I. (2004) Cytotoxicity and sealing properties of four classes of endodontic sealers evaluated by succinic dehydrogenase activity and confocal laser scanning microscopy. *European journal of oral sciences*, 112 (2), 182-187.
167. Amos, W., White, J. (2003) How the confocal laser scanning microscope entered biological research. *Biology of the Cell*, 95 (6), 335-342.
168. Pawley, J. (2010). Handbook of biological confocal microscopy: Springer Science & Business Media.
169. Cremer, C., Cremer, T. (1974) Considerations on a laser-scanning-microscope with high resolution and depth of field. *Microscopica acta*, 31-44.
170. Minsky, M. (1988) Memoir on inventing the confocal scanning microscope. *Scanning*, 10 (4), 128-138.
171. Peters, L., Wesselink, P. (2002) Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms. *International endodontic journal*, 35 (8), 660-667.
172. Sjogren, U., Figdor, D., Persson, S., Sundqvist, G. (1997) Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*, 30 (5), 297-306.
173. Peters, L., van Winkelhoff, A.-J., Buijs, J., Wesselink, P. (2002) Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. *International Endodontic Journal*, 35, 13-21.

174. BYSTRÖM, A.,SUNDQVIST, G. (1981) Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *European Journal of Oral Sciences*, 89 (4), 321-328.
175. Ørstavik, D., Kerekes, K.,Molven, O. (1991) Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *International Endodontic Journal*, 24 (1), 1-7.
176. Byström, A., Claesson, R.,Sundqvist, G. (1985) The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Dental Traumatology*, 1 (5), 170-175.
177. Soltanoff, W. (1978) A comparative study of the single-visit and the multiple-visit endodontic procedure. *Journal of Endodontics*, 4 (9), 278-281.
178. Oliet, S. (1983) Single-visit endodontics: a clinical study. *Journal of Endodontics*, 9 (4), 147-152.
179. Gomes, B., Pinheiro, E., Gadê-Neto, C., Sousa, E., Ferraz, C., Zaia, A. ve diğerleri. (2004) Microbiological examination of infected dental root canals. *Oral microbiology and immunology*, 19 (2), 71-76.
180. Gomes, B.P., Pinheiro, E.T., Sousa, E.L., Jacinto, R.C., Zaia, A.A., Ferraz, C.C.R. ve diğerleri. (2006) Enterococcus faecalis in dental root canals detected by culture and by polymerase chain reaction analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 102 (2), 247-253.
181. Byström, A.,Sundqvist, G. (1983) Bacteriologic evaluation of the effect of 0.5 percent sodium hypochlorite in endodontic therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 55 (3), 307-312.
182. Oguntebi, B. (1994) Dentine tubule infection and endodontic therapy implications. *International Endodontic Journal*, 27 (4), 218-222.
183. Haapasalo, M.,Ørstavik, D. (1987) In vitro infection and of dentinal tubules. *Journal of Dental Research*, 66 (8), 1375-1379.

184. Stevens, R.W., Strother, J.M.,McClanahan, S.B. (2006) Leakage and sealer penetration in smear-free dentin after a final rinse with 95% ethanol. *Journal of endodontics*, 32 (8), 785-788.
185. Bird, D.C., Komabayashi, T., Guo, L., Opperman, L.A.,Spears, R. (2012) In vitro evaluation of dentinal tubule penetration and biomineralization ability of a new root-end filling material. *J Endod*, 38 (8), 1093-1096.
186. Ordinola-Zapata, R., Bramante, C.M., Graeff, M.S., del Carpio Perochena, A., Vivian, R.R., Camargo, E.J. ve diğ erleri. (2009) 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108 (3), 450-457.
187. Bernardes, R.A., de Amorim Campelo, A., Junior, D.S.S., Pereira, L.O., Duarte, M.A.H., Moraes, I.G. ve diğ erleri. (2010) 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*, 109 (1), e47-e49.
188. De-Deus, G., Gurgel-Filho, E.D., Maniglia-Ferreira, C.,Coutinho-Filho, T. (2004) Influence of the filling technique on depth of tubular penetration of root canal sealer: a scanning eletron microscopy study.
189. Vassiliadis, L.P., Sklavounos, S.A.,Stavrianos, C.K. (1994) Depth of penetration and appearance of Grossman sealer in the dentinal tubules: an in vivo study. *Journal of endodontics*, 20 (8), 373-376.
190. Goldman, L.B., Goldman, M., Kronman, J.H.,Lin, P.S. (1981) The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: A scanning electron microscopic study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 52 (2), 197-204.
191. Goldberg, F.,Abramovich, A. (1977) Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *J Endod*, 3 (3), 101-105.

192. Carrigan, P.J., Morse, D.R., Furst, M.L., Sinai, I.H. (1984) A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *Journal of Endodontics*, 10 (8), 359-363.
193. Mjör, I., Smith, M., Ferrari, M., Mannocci, F. (2001) The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal*, 34 (5), 346-353.
194. Saunders, W., Saunders, E., Herd, D., Stephens, E. (1992) The use of glass ionomer as a root canal sealer—a pilot study. *International endodontic journal*, 25 (5), 238-244.
195. Sevimay, S., Dalat, D. (2003) Evaluation of penetration and adaptation of three different sealers: a SEM study. *Journal of oral rehabilitation*, 30 (9), 951-955.
196. Şen, B., Pişkin, B., Baran, N. (1996) The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *International endodontic journal*, 29 (1), 23-28.
197. Paqué, F., Luder, H., Sener, B., Zehnder, M. (2006) Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal*, 39 (1), 18-25.
198. Vasiliadis, L., Darling, A., Levers, B. (1983) The amount and distribution of sclerotic human root dentine. *Archives of Oral Biology*, 28 (7), 645-649.
199. Russell, A.A., Chandler, N.P., Hauman, C., Siddiqui, A.Y., Tompkins, G.R. (2013) The butterfly effect: an investigation of sectioned roots. *Journal of endodontics*, 39 (2), 208-210.