



**YENİ BİR KÖK KANAL PATİ NEOMTA PLUS'IN DENTİN TÜBÜL PENETRASYONUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ: CLSM ÇALIŞMA**

Arzu KAYA MUMCU

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

HAZİRAN 2020

Arzu KAYA MUMCU tarafından hazırlanan “YENİ BİR KÖK KANAL PATİ NEOMTA PLUS’IN DENTİN TÜBÜL PENETRASYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ: CLSM ÇALIŞMA” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi ENDODONTİ Anabilim Dalında UZMANLIK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN

Endodonti Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Uzmanlık tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan: Prof. Dr. Mete ÜNGÖR

Endodonti Anabilim Dalı, Medipol Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Uzmanlık tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye: Prof. Dr. Özgür TOPUZ

Endodonti Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Uzmanlık Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 22/06/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin UZMANLIK Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Dt. Arzu KAYA MUMCU

22/06/2020

YENİ BİR KÖK KANAL PATI NEOMTA PLUS'IN DENTİN TÜBÜL PENETRASYONUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ: CLSM ÇALIŞMA

(Uzmanlık Tezi)

Dt. Arzu KAYA MUMCU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

HAZİRAN 2020

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı EDTA ve etidronik asit solüsyonları uygulanan kök kanallarında NeoMTA Plus® ve AH Plus® kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunu konfokal lazer taramalı mikroskop ile incelenmesidir. **Metod:** Çalışmada 102 adet tek köklü, kök gelişimini tamamlamış, insan alt çene premolar dişleri kullanıldı. Kemomekanik preparasyon, 10 ml %2 NaOCl irrigasyonu kullanılarak Ni-Ti döner eğe sistemleri ile yapıldı. Dişler kullanılacak şelasyon ajanları ve kök kanal patlarına göre, her biri 17 örnekten oluşan altı deney grubuna ayrıldı: Grup 1: HEBP-AH Plus®, Grup 2: HEBP-NeoMTA Plus®, Grup 3: EDTA-AH Plus®, Grup 4: EDTA-NeoMTA Plus®, Grup 5: Salin-AH Plus®, Grup 6: Salin-NeoMTA Plus®. Final irrigasyonunun ardından kök kanalları Rhodamin B ile muamele edilmiş NeoMTA Plus® ve AH Plus® kök kanal patları ile tek kon tekniği kullanılarak dolduruldu. Obtürasyon işlemlerinden sonra apekten 1 ve 5 mm mesafeden horizontal yönde kesitler alınıp konfokal lazer taramalı mikroskop ile incelendi. Maksimum tübül penetrasyonu ve penetrasyon yüzdesi değerleri Konfokal lazer mikroskopi (CLSM) görüntülerinden elde edildi. İkili karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi ile iki yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak istatistiksel olarak analiz edildi ($p < 0.05$). **Bulgular:** 1mm'deki penetrasyon derinliği analizinde Grup 1 ve Grup 5 arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0.017$). 5 mm'de Grup 5, Grup1 ve Grup 3'e göre daha düşük penetrasyon derinliği göstermiştir ($p=0.005$). 1 mm'de Grup5, Grup 6 ve Grup 3'ten daha düşük penetrasyon yüzdesi göstermiştir ($p=0.030$). **Sonuç:** Smear tabakasının kaldırılması kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunu artırmıştır. NeoMTA Plus® kök kanal patı AH Plus®'tan daha yüksek tübül penetrasyon değerleri ve yüzdesi göstermiştir.

Bilim Kodu : 1015.1

Anahtar Kelimeler : Dentin tübül penetrasyonu, CLSM, Etidronik asit, EDTA, NeoMTA Plus

Sayfa Adedi : 73

Danışman : Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN

EVALUATION OF NEOMTA PLUS ROOT CANAL SEALER TO DENTINE TUBULE PENETRATION: A CLSM STUDY

Dt. Arzu KAYA MUMCU

GAZI UNIVERSITY

JUNE 2020

ABSTRACT

Aim: The aim of this study investigate the dentin tubule penetration of NeoMTA Plus® and AH Plus® root canal sealers in root canals applied with Etidronic acid and EDTA by using Confocal Laser Scanning Microscopy. **Materials and Method:** 102 extracted human mandibular premolar teeth with single canals were used. Chemomechanic preparation was done using Ni-Ti rotary files with 2% sodium hypochlorite (NaOCl) irrigation. The teeth were divided into six experimental groups with 17 samples in each, according to the chelation agents and root canal sealers: Group 1: HEBP-AH Plus®, Group 2: HEBP-NeoMTA Plus®, Group 3: EDTA-AH Plus®, Group 4: EDTA-NeoMTA Plus®, Group 5: Saline-AH Plus®, Group 6: Saline-NeoMTA Plus®. After the final irrigation, the root canals were filled with NeoMTA Plus® and AH Plus® which were mixed with 0.1% Rhodamin B dye. Teeth were sectioned at 1 mm and 5 mm from the apex. The maximum tubule penetration and percentage of penetration values were obtained from the Confocal laser microscopy (CLSM) images and were statistically analyzed using two-way analysis of variance (ANOVA) with Bonferroni correction in pairwise comparisons ($p < 0.05$). **Results:** In the penetration depth analysis at 1mm, there is a statistically significant difference between Group 1 and Group 5 ($p = 0.017$). In 5 mm, Group 5 showed a lower penetration depth than Group 1 and Group 3 ($p = 0.005$). In 1 mm, Group 5 showed lower penetration percentage than Group 6 and Group 3 ($p = 0.030$). **Conclusion:** Removal of smear layer increased dentin tubule penetration of root canal sealers. NeoMTA Plus® showed higher tubule penetration values and percentage than AH Plus®.

Science Code : 1015.1

Keywords : Dentinal tubule penetration, CLSM, Etidronic acid, EDTA, NeoMTA Plus

Page Number : 73

Advisor : Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince benden manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan, gerek klinik tecrübelerini paylaşarak bana yol gösteren, çalışmalarımda beni her zaman büyük bir özveri ve sabır ile destekleyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN'a en içten duygularıyla sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca her zaman çok eğlendiğim, sıkıntılarımızı, mutluluklarımızı, hayatımızı paylaştığımız Endodonti Anabilim Dalındaki bütün asistan arkadaşlarıma,

Berber çalışmaktan mutluluk duyduğum Gazi Üniversitesi Endodonti Anabilim Dalı personeline,

Bugünlere gelmemi sağlayan, hayatımın her aşamasında olduğu gibi eğitim sürecimde de maddi ve manevi tüm olanaklarıyla bana destek olan aileme, hayatımda desteğini her zaman yanımda hissettiğim sevgili eşime,

Sonsuz teşekkürlerimle...

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Kök Kanallarının İrrigasyonu.....	4
2.2. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları.....	5
2.2.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl).....	5
2.2.2. EDTA.....	7
2.2.3. Etidronik Asit (HEBP).....	8
2.3. Kök Kanallarının Doldurulması.....	9
2.4. Kök Kanal Dolgu Patları.....	10
2.4.1. Rezin bazlı patlar.....	11
2.4.2. Kalsiyum silikat/MTA esaslı patlar.....	12
2.5. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri.....	15
2.6. Kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun incelenmesinde kullanılan yöntemler.....	16
2.6.1. Işık Mikroskobu.....	16
2.6.2. Taramalı Elektron Mikroskobu	16
2.6.3. Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop (CLSM).....	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	19
3.1. Dişlerin seçimi.....	19
3.2. Deney Gruplarının Dağılımı.....	20
3.3. Örneklerin Kanal Preparasyonu.....	20
3.4. Final İrrigasyon.....	21
3.5. Kök Kanallarının Doldurulması.....	22
3.6. Tübul penetrasyonunun değerlendirilmesi için köklerin hazırlanması.....	25

3.7. Kesitlerin Mikroskopta İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması.....	26
3.8. İstatistiksel Analiz.....	29
4. BULGULAR.....	30
4.1. Penetrasyon Derinliği Analizi.....	30
4.2. Penetrasyon Yüzdesi Analizi.....	33
5. TARTIŞMA.....	39
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR.....	56
EKLER.....	66
EK-1. Etik Kurul Onayı.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Grupların final irrigasyon solüsyonu ve kanal patlarına göre dağılımı	20
Çizelge 4.1. Tüm grupların 1 mm ve 5 mm'deki penetrasyon derinliğine ait değerler.....	30
Çizelge 4.2. Tüm grupların 1 mm ve 5 mm'deki penetrasyon yüzdesine ait değerler.....	33



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Preparasyon öncesi kron kısımları kesilmiş dişler.....	20
Şekil 3.2. ProTaper® Universal nikel titanyum kök kanal eğeleri.....	21
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan final irrigasyon solüsyonları sırasıyla.....	22
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan kök kanal patları sırasıyla.....	23
Şekil 3.5. Kullanılan pata %0.1 oranında Rodamin-B ilave edilirken kullanılan hassas tartı.....	24
Şekil 3.6. ProTaper® Universal Sisteminin F4 kanal eğesine uygun guta-perka konu.....	25
Şekil 3.7. Su soğutması ile çalışan mikro kesme cihazı.....	25
Şekil 3.8. Grup 1'e ait cam lamellere alınan kesitlerden bazıları.....	26
Şekil 3.9. Grup 2'ye ait cam lamellere alınan kesitlerden bazıları.....	26
Şekil 3.10. Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu.....	27
Şekil 3.11. Maksimum dentin tübül penetrasyon derinliği analizi.....	28
Şekil 3.12. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi analizi.....	28
Şekil 4.1. Apekten 1 mm mesafede tüm grupların en yüksek penetrasyon derinliğini gösteren sütun grafik.....	32
Şekil 4.2. Apekten 5 mm mesafede tüm grupların en yüksek penetrasyon derinliğini gösteren sütun grafik.....	32
Şekil 4.3. Apekten 1 mm mesafede tüm grupların penetrasyon yüzdelerini gösteren sütun grafik	35
Şekil 4.4. Apekten 1 mm mesafede tüm grupların penetrasyon yüzdelerini gösteren sütun grafik.....	35
Şekil 4.5. NeoMTA Plus® kanal patına ait CLSM görüntüleri.....	36
Şekil 4.6. AH Plus® kanal patına ait CLSM görüntüleri.....	37

Şekil 4.7. NeoMTA Plus® kök kanal patı uygulanan gruplarda görülen mineral infiltrasyon bölgesi (MIZ).....	38
--	----



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
CHX	Klorheksidin glukonat
dk	Dakika
EDTA	Etilendiamintetraasetikası
gr	Gram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
sn	Saniye

Kısaltmalar	Açıklamalar
CLSM	Confocal Laser Scanning Microscope
HEBP	Etidronik Asit
MTA	Mineral Trioksit Agregat
MIZ	Mineral İnfiltrasyon Bölgesi
Ni-Ti	Nikel-Titanyum
SEM	Scanning Electron Microscope
Std. Sapma	Standart sapma

1.GİRİŞ

Endodontik tedavinin başarısı, kök kanal sisteminin mekanik olarak genişletilmesi, irrigasyon solüsyonları ile dezenfeksiyonu ve koronalden apikale 3 boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde doldurulmasına dayanmaktadır[1].

Kanal dolgusunun sızdırmazlık özelliğini belirleyen en önemli faktörlerden bir tanesi kanal dolgu maddesinin dentin yüzeylerine adezyonu ve dentin tübüllerine nüfuz edebilmesidir[2, 3]. Kök kanal patının dentin tübüllerine nüfuz etmesi; fiziksel bir bariyer oluşturur, kök dolgusunun retansiyonunu geliştirir ve rezidüel bakterileri öldürür[4-6].

Kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu, smear tabakasının kaldırılması, dentinin geçirgenliği ve dolum tekniği gibi birçok faktörden etkilenmektedir[5, 7-9]. Özellikle kök kanal dolgu materyalinin dentin tübüllerine iyi nüfuz edebilmesi preparasyon işlemleri sırasında oluşan smear tabakasının kaldırılması ile ilişkilidir. Smear tabakası kök kanallarının preparasyonu esnasında dentin duvarı üzerinde organik ve inorganik yapı içeren ince bir film tabakası oluşturarak kök kanal yüzeyindeki dentin tübüllerinin tıkanmasına neden olur[4, 10].

Yapılan çalışmalarda, smear tabakasının kaldırılmasının kanal patlarının dentin tübüllerine nüfuzunu artırarak kök kanal tedavisinin başarısını ve kalitesini geliştirdiği belirtilmektedir [11, 12]. Geleneksel olarak, smear tabakasını kaldırmak için sodyum hipoklorit ve etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) çözeltisi kullanılmaktadır [13]. Ancak EDTA'nın NaOCl ile etkileşime girerek NaOCl'nin etkinliğini azaltması, kök kanalının apikal üçlüsünde bulunan smear tabakasını uzaklaştırmadaki yetersizliği ve 1 dakikadan fazla uygulandığında kök dentininde erozyon oluşturması, alternatif şelasyon ajanlarının gündeme gelmesine neden olmuştur[14, 15]. Bu şelasyon ajanlarına alternatif olarak etidronik asit önerilmiştir. Bu, 1-hidroksietilen-1,1 bisfosfonat (HEBP veya etidronik asit), yüksek oranda biyouyumlu bir bisfosfonattır ve EDTA veya sitrik aside karşı potansiyel bir alternatif olarak denenmiş ve sodyum hipoklorit ile kısa süreli reaktivite göstermediği belirtilmektedir [16]. Yapılan çalışmalarda, %9 ve %18'lik HEBP konsantrasyonları arasında smear tabakası eliminasyonu açısından anlamlı bir fark olmadığı belirtilmektedir[17]. Bu nedenle, bu çözeltinin düşük (%9) konsantrasyonları, yüksek konsantrasyonların zararlı etkilerini önlemek için kök kanalında son irrigasyon solüsyonu

olarak daha güvenli bir şekilde kullanılabilir [18]. Etidronik asitin kök dentini üzerinde EDTA'ya kıyasla daha az agresif olduğu belirtilmektedir. EDTA gibi güçlü şelasyon ajanlarının smear tabakasını tamamen kaldırmak için kullanıldığında, kök kanal duvarında dekalsifikasyon oluşması nedeniyle, kanalın sızdırmazlığı üzerinde olumsuz etkiye sahip olabileceği de belirtilmektedir [19].

Kök kanallarının doldurulmasında çok çeşitli materyaller kullanılmaktadır. Son yıllarda, iyi biyouyumluluk ve biyoaktiviteye sahip kalsiyum silikat esaslı materyaller üretilmiştir. Orijinal MTA içeren kök kanal dolgu patları, uygulama zorluğu ve ince film kalınlığının elde edilememesi ile oluşan adaptasyon zorlukları nedeniyle kök kanal patı için yeterince uygun olmadığı belirtilmiştir [20]. Bu nedenle yeni trikalsiyum silikat esaslı patlar üretilmiştir. Bu patlardan biri olan NeoMTA Plus® (Avalon Biomed, Bradenton, FL), kolay kullanım özellikleri sağlayan su bazlı jel ile karıştırılan yeni bir ince toz trikalsiyum silikat materyalidir ve radyoaktifleştirici madde olarak tantal oksit içermektedir [21]. Trikalsiyum silikat bazlı materyaller, dentin sıvısı ile etkileşimi ve dentin tübülleri içerisinde mineral tagların oluşumu ile biyolojik olarak mineralizasyonu indüklemekte ve böylece kök kanalı içindeki biyolojik aktiviteyi ve kök kanalının sızdırmazlığını artırabilmektedirler [22].

Günümüzde 3 boyutlu hermetik bir kök kanal dolgusu elde edebilmek için çeşitli dolgu teknikleri kullanılmaktadır. Endodontide kullanılan dolgu tekniğine uygun kök kanal patı seçiminin önemli olduğu belirtilmektedir [23]. Epoksi rezin esaslı kanal patları sıcak vertikal kondansasyon tekniği ile uygulandığında kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişiklikler görüldüğü belirtilmektedir. Isı uygulaması epoksi rezin esaslı kanal patlarının polimerizasyon reaksiyonunun gerçekleşmesi için gerekli olan amin gruplarını kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenle sıcak dolum teknikleri ile uygulanan AH Plus®'ın sertleşme süresi kısalmakta ve film kalınlığı artmaktadır [23]. Yapılan çalışmalarda ısı uygulamasının bazı trikalsiyum silikat kanal patlarının da özelliklerini etkileyebileceği belirtilmektedir [23-25]. Buna ek olarak kalsiyum silikat bazlı kanal patlarının mükemmel boyutsal stabiliteleri ve akışkanlıkları nedeniyle tek kon tekniği ile uygulandığında yeterli bir kök kanalı tıkaması elde edilebileceği belirtilmektedir. Bu durumun özellikle ince veya zayıf köklerdeki kondansasyon prosedürleri sırasında aşırı intrakanal basınç kuvvetlerinin ortadan kaldırılması, kök kırılma potansiyelini azaltabileceği belirtilmektedir [24, 26].

Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu (CLSM), sahip olduğu özellikler nedeniyle kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunu değerlendirmek için kullanılan güncel görüntüleme yöntemidir. CLSM tekniğinde, kanal patına ilave edilen flüoresan boya ile dentin tübülleri içindeki kanal patlarının mevcudiyeti ve dağılımı ayrıntılı bir şekilde görüntülenebilmektedir [26-34].

Bu çalışmanın amacı, yeni bir kök kanal patı olan trikalsiyum silikat esaslı NeoMTA Plus®'ın dentin tübül penetrasyonunu AH Plus® ile etidronik asit, EDTA ve salin solüsyonlarının varlığında karşılaştırmalı olarak Konfokal Lazer Taramalı Mikroskopisi ile değerlendirmektir.



2. GENEL BİLGİLER

Endodontik tedavinin temel amacı, kök kanal sistemi içindeki enfeksiyonu ortadan kaldırmak ve tekrar enfeksiyon oluşumunu önlemek için üç boyutlu kök kanal dolgusu sağlamaktır[35].

Kök kanal dolgusunun başarısı, kök kanallarının etkin bir şekilde şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonuna bağlıdır[36].

2.1. Kök Kanallarının İrrigasyonu

İrrigasyon, başarılı kök kanalı tedavisinin kilit parçasıdır. Mekanik preparasyon sırasında kök kanallarındaki dokunulmayan alanları temizleyebilmenin tek yoludur [37]. İrrigasyon solüsyonları enstrümantasyon sırasında ve sonrasında, mikroorganizmaların öldürülmesini, nekrotik ve iltihaplı dokuların ve dentin kalıntılarının uzaklaştırılmasını kolaylaştırır [37].

Endodontik tedavide irrigasyonun amaçları mekanik, kimyasal ve biyolojiktir. Mekanik ve kimyasal amaçlar, debrisin dışarı atılması, kanalın kayganlaştırılması, organik ve inorganik dokuların çözülmesi ve enstrümantasyon sırasında smear tabakası oluşumunun önlenmesi veya oluşmuş ise çözünmesini sağlanması şeklinde sıralanabilir [38].

İrrigasyon solüsyonlarının biyolojik fonksiyonu ise antimikrobiyal etkileri ile ilgilidir. Bunlar, biyofilmlerde planktonik durumdaki anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalara karşı yüksek bir etkiye sahiptirler. Ayrıca endotoksinleri inaktive edebilmektedirler. Bunlara ek olarak vital dokularla temas ettiklerinde toksik değildirler ve anafilaktik reaksiyona neden olma potansiyelleri çok azdır [38].

İdeal bir irrigasyon solüsyonunda bulunması gereken özellikler şunlardır;

- Periapikal dokular için toksik olmamalı
- Sürtünmeyi azaltmalı
- Organik ve inorganik dokuları çözebilmeli
- Düşük maliyetli olmalı
- Kök kanal sistemine iyi penetre olabilmeli
- Planktonik formdaki veya biyofilmdeki mikroorganizmaları öldürebilmeli
- Dolgu materyallerinin sızdırmazlık özelliği üzerinde olumsuz bir etkisi olmamalı

- Dentini zayıflatmamalı
- Alerjik reaksiyonlara neden olmamalı
- Düşük yüzey gerilimine sahip olmalı
- Kullanımdan sonra uzun süreli antimikrobiyal etki göstermelidir [37, 38].

Endodontide sıklıkla kullanılan irrigasyon solüsyonları şu şekilde sınıflandırılmaktadır;

A) Kimyasal ajanlar

- a. Doku çözücü ajanlar: NaOCl
- b. Antibakteriyel ajanlar
 - i. Bakteriyostatik: CHX, bazı antibiyotikler
 - ii. Bakterisidal: Bazı antibiyotikler, NaOCl
- c. Şelasyon ajanları
 - i. Zayıf: HEBP (Etidronik asit)
 - ii. Güçlü: EDTA
- d. Kombine ürünler (Doku çözücü ve antibakteriyel etkili): MTAD, QMiX, SmearClear, Tetraclean

B) Doğal ajanlar

- a. Antibakteriyel ajanlar; Yeşil çay, Triphala gibi [38].

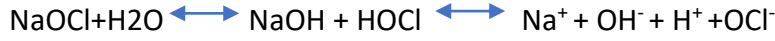
2.2. Endodontide Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

2.2.1. Sodyum Hipoklorit (NaOCl)

Sodyum hipoklorit, NaOCl formülüne sahip kimyasal bir bileşiktir. Genellikle ağartıcı olarak bilinen sodyum hipoklorit çözeltisi, sıklıkla bir dezenfektan veya bir ağartıcı madde olarak kullanılır. Patojenik mikorganizmalara karşı etkinliği ve pulpa çözücü özelliği nedeniyle kök kanal tedavileri sırasında tercih edilen kimyasal bir ajandır [38]. Geniş spektrumlarının yanı sıra, tüm mikroplar üzerinde spesifik olmayan öldürme etkinliği vardır ve nekrotik dokular üzerinde vital dokulara göre çok daha fazla doku çözücü etki gösterir [39].

NaOCl doku proteinleri ile temas ettiğinde, kısa bir süre içerisinde azot, formaldehit ve asetaldehit oluşur. Proteinlerin çözülmesi ile peptid bağlantıları parçalanır. Bu işlem sırasında,

amino gruplarındaki (-NH-) hidrojen ile klor yer değiştirerek antimikrobiyal etkinlik için önemli kloraminlere dönüşür. Böylece nekrotik doku çözülür ve antimikrobiyal ajan enfekte bölgelere daha iyi ulaşabilir ve temizleyebilir.



Sodyum hipoklorit, aminoasitleri su ve tuza nötralize eder (nötralizasyon reaksiyonu). Hidroksil iyonlarının çıkması ile pH'da bir azalma olur. Klor suda çözünür ve organik madde ile temas ettiğinde hipoklorik asit oluşturur. Hipoklorik asit (HOCl-) ve hipoklorit iyonları (OCl-) amino asit bozulmasına ve hidrolize yol açar. Klor ve amino grubu (NH) arasındaki kloraminasyon reaksiyonu, hücre metabolizmasına etki eden kloraminleri oluşturur. Güçlü bir oksidan olan klor, bakteri enzimlerinin sülfhidril gruplarının geri dönüşümsüz oksidasyonuna yol açan bakteriyel enzimleri inhibe ederek antimikrobiyal etki gösterir [40].

Sodyum hipoklorit güçlü bir bazdır (pH> 11). Sodyum hipokloritin yüksek pH'ına (hidroksil iyon etkisi) dayanan antimikrobiyal etkinliği, kalsiyum hidroksitin etki mekanizmasına benzemektedir. Sodyum hipokloritin yüksek pH'ı bakterilerin sitoplazmik membranında, hücre metabolizması ve lipid peroksidasyonunda bozulmalara yol açmaktadır[40].

NaOCl'nin antibakteriyel etkinliği, konsantrasyonuna, sıcaklığına, hacmine ve kök kanalındaki temas süresine bağlıdır. NaOCl, endodontide irrigasyon solüsyonu olarak % 0.5 ila 6 arasındaki konsantrasyonlarda kullanılır. Kök kanal tedavisi sırasında farklı konsantrasyonlarda sodyum hipoklorit kullanımı konusunda tartışmalar olmuştur. Bazı in vitro çalışmalar, yüksek konsantrasyonlarda NaOCl'in Enterococcus faecalis ve Candida albicans'a karşı daha etkili olduğunu göstermiştir. Aksine, klinik çalışmalar, düşük ve yüksek konsantrasyonların, kök kanal sisteminden bakterileri azaltmada eşit derecede etkili olduğunu göstermiştir. NaOCl yüksek konsantrasyonlarda daha iyi bir doku çözme kabiliyetine sahiptir, ancak yüksek hacimlerde kullanıldığında daha düşük konsantrasyonlarda bile eşit derecede etkili olabilir[38].

NaOCl'in Dentine Etkisi

Dentin, ağırlıkça yaklaşık %22 organik maddeden oluşur. Bunların çoğu dentinin mekanik özelliklerine önemli ölçüde katkıda bulunan tip I kollajendir. Sodyum hipokloritin uzun peptit

zincirlerini parçaladığı ve protein terminal gruplarını klorladığı bilinmektedir. Sonuç olarak, NaOCl çözeltileri, organik bileşenlerinin bozulması yoluyla dentinin mekanik özelliklerini etkileyebilir. Sodyum hipokloritin, elastik modülüs, mikro sertlik ve bükülme dayanımı gibi dentinin fiziksel özellikleri üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır[38].

NaOCl'in organik dokuları etkili bir şekilde çözebilirken, prepare edilmiş kök kanal duvarlarından smear tabakasını kaldırma etkinliğinin yetersiz olduğu bildirilmektedir[41].

2.2.2. EDTA

Kök kanalının preparasyonu sırasında oluşan, hem organik hem de inorganik bir bileşen içeren smear tabakasının inorganik kısmının kaldırılması için genellikle EDTA kullanılması önerilmektedir. EDTA, $[CH_2N(CH_2CO_2H)_2]_2$ formülüne sahip bir poliamino karboksilik asittir. Katıdır, suda çözünür ve çoğu uygulamada kullanılabilmesi için renksiz olarak üretilmektedir. EDTA ilk olarak 1935 yılında Ferdinand Munz tarafından etilendiamin ve kloroasetik asitin karışımı olarak tanımlanmıştır. 1957 yılında Nygaard-Østby tarafından %15'lik EDTA solüsyonunun (pH:7.3) endodontide kullanılması önerilmiştir[42]. Günümüzde EDTA esas olarak etilendiamin (1,2 diaminoetan), formaldehit (metanal) ve sodyum siyanürden üretilmektedir[38]. EDTA genellikle %17 konsantrasyonda kullanılmaktadır ve smear tabakasını 1 dakikadan daha kısa sürede temizlemektedir. Ancak bir süre sonra şelatör tükendiği için dekalsifikasyon süreci kendi kendini sınırlamaktadır [38].

EDTA tek başına smear tabakasını etkili bir şekilde kaldıramaz; smear tabakasının organik bileşenlerini uzaklaştırmak için bir proteolitik bileşen (NaOCl) de (tercihen EDTA'dan önce) kullanılmalıdır [43]. Son zamanlarda, yapılan bir çalışmada EDTA'dan sonra final irrigasyon solüsyonu olarak tekrar NaOCl kullanılması durumunda, kök kanal duvarı dentininde belirgin erozyona neden olduğunu gösterilmiştir [44]. Buna ek olarak NaOCl ile birlikte kullanıldığında, NaOCl ile etkileşime geçerek, materyalin serbest klor oranını düşürdüğü, antimikrobiyal ve doku çözücü etkisini azalttığı ileri sürülmektedir[15, 16]. Kök kanal tedavisinde son irrigasyon solüsyonu olarak kullanılan EDTA'nın, kalsiyum bağlama potansiyelinden dolayı, kalsiyum silikat bazlı patların istenen yüzey özelliklerini bozarak yüzey sertliğinde azalmaya neden olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur[45].

EDTA'nın antimikrobiyal aktivitesi çok azdır. EDTA, bakteri hücrelerini öldürmeden bakterilerin hücre zarını zayıflatır, ancak bakteriyel hücre duvarına daha kuvvetli bir şekilde saldıran diğer kimyasallar, örneğin klorheksidin ile sinerjik bir şekilde çalışabilmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda EDTA'nın antifungal aktivite gösterdiği belirtilmektedir [46, 47].

Son yıllarda kök kanallarının irrigasyonu için çeşitli kombinasyon ürünleri piyasaya sürülmüştür. Antimikrobiyal kapasitelerini arttırmak için, EDTA ve sitrik asit solüsyonlarına, sırasıyla kuaterner amonyum bileşikler (EDTAC) veya tetrasiklin antibiyotikleri (MTAD) gibi antiseptikler ilave edilebilmektedir[38].

İrrigasyon Solüsyonları Arasındaki Etkileşimler

Hipoklorit ve EDTA en sık kullanılan 2 irrigasyon solüsyonudur. Farklı özelliklere ve işlevlere sahip olduklarından, bunların bir karışım olarak kullanılması düşünülmüştür[48]. Ancak, EDTA, sodyum hipoklorit ile karıştırıldığında klor miktarını anında azaltmakta ve bu da NaOCl aktivitesinin kaybına neden olmaktadır[16].

CHX'in doku çözücü aktivitesi olmadığından ve CHX hipoklorit ile birleştirilmeye çalışılmıştır. Ancak, CHX ve NaOCl birbiri içinde çözünemez ve karıştırıldığında kahverengimsi turuncu bir çökelti oluşur ve bu oluşan çökelti karışımın klinik kullanımını engeller. Çökeltide mutajenik potansiyele sahip olabilen parakloroanilin varlığı da gösterilmiştir[48].

CHX ve EDTA'nın karıştırılması sonucunda beyaz bir çökelti oluşur. Rasimick ve ark., çökeltinin klorheksidinin kimyasal bozunmasını içerip içermediğini araştırdıkları çalışmalarında, klorheksidinin kimyasal reaksiyona girmek yerine EDTA ile bir tuz oluşturduğu sonucuna varmışlardır [49].

2.2.3.Etidronik Asit (HEBP)

Kemik rezorpsiyonunu önleyen etidronik asit (1-hydroxyethylidene-1,1-bisphosphonate; HEBP) tıpta osteoporoz veya Paget hastalığının tedavisinde kullanılmıştır. HEBP, kalsiyum hipoklorit (yüzme havuzlarındaki hipoklorit tabletleri) ile birleşebildiği için havuz suyunun dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır ve inorganik bileşiklerle karıştırıldığında renk değişikliği gözlenmez[50].

Etidronik asit, sodyum hipoklorit (NaOCl)'in proteolitik veya antimikrobiyal özelliklerini etkilemeden birlikte kullanılabilen bir şelasyon ajandır[39, 51]. HEBP toksik özelliğinin bulunmaması ve dentin yapısı üzerinde daha az yıkıcı etki göstermesi nedeniyle son zamanlarda sitrik asit veya EDTA'ya alternatif bir şelasyon ajanı olarak önerilmiştir[16, 52]. EDTA, smear tabakasını hızlı bir şekilde kaldıran ancak alttaki sert dentin yapısını da etkileyebilen güçlü bir şelatördür. HEBP yeterli kalsiyum kenetleme kapasitesine sahip EDTA'ya göre daha zayıf bir şelasyon ajandır[17, 38] ve dentin üzerinde EDTA'ya göre daha az agresiftir[19]. HEBP'nin kök kanalında irrigasyon solüsyonu olarak kullanılması için ise NaOCl ile karıştırılması önerilmektedir[38]. Bunun avantajı, sodyum hipoklorit-etidronik asit kombinasyonunun enstrümantasyon sırasında ve sonrasında tek bir irrigasyon solüsyonu olarak kullanılabilmesi, böylece smear tabakasının oluşmamasıdır[19]. Döner aletlerle yapılan preparasyon esnasında kullanılabilmekte ve kök kanalında debris birikimini azaltmaktadır[50]. Buna ek olarak NaOCl+HEBP kombinasyonu kullanımının rezilon /epiphani ile yapılan kök dolgularında bağlanmayı optimize ettiği belirtilmektedir[53].

Etidronik asitin smear tabakasının kaldırılması amacıyla kök kanal irrigasyonunda önerilen konsantrasyonları %18 ve %9'dur[45]. Bununla birlikte, yapılan bir çalışmada etidronik asitin smear tabakasını tamamen kaldırabilmesi için 300 saniye gerektiği belirtilmektedir[17].

%9 HEBP'nin dentin tübüllerindeki E.faecalis üzerinde antimikrobiyal aktivitesi olduğu belirten bir çalışmada bu durum solüsyonun E.faecalis'in ph toleransının üzerinde bir ph'a sahip olmasına dayandırılmıştır. Ancak daha büyük biyokütleyle sahip E. faecalis biyofilm ile doğrudan temas halindeyken aynı etki gözlenmemiştir. Bu nedenle de HEBP solüsyonunun NaOCl ile kullanılması önerilmektedir[51].

2.3.Kök Kanallarının Doldurulması

Kök kanallarının doldurulmasının amacı, mikrosızıntı nedeniyle yeniden enfeksiyon oluşumunu önlemek için kök kanal sisteminin apikal ve koronalinin sızdırmaz bir şekilde kapatılmasıdır[54].

Kök kanallarını doldurmak amacıyla birçok materyal ve teknik kullanılmaktadır. Kullanılan kanal dolgu maddesinin sahip olması gereken özellikler şunlardır:

1. Kolay uygulanabilmeli ve yeterli çalışma süresine sahip olmalıdır.
2. Kök kanalını lateral ve apikal alandan kompleks anatomiye uygun 3 boyutlu olarak kapatmalı ve dentin tübüllerine derin penetrasyon göstermeli
3. Boyutsal stabilite göstermeli
4. Periapikal dokuları tahriş etmemeli
5. Diş yapılarını boyamamalı
6. Antimikrobiyal olmalı
7. Doku sıvılarında çözünmemeli
8. Radyopak olmalı
9. Gerekğinde kolayca uzaklaştırılabilir olmalı
10. Periradiküler dokuların rejenerasyonunu indükleyebilmelidir[54, 55].

2.4. Kök Kanal Dolgu Patları

Kanal patları bir kor materyal ile birlikte kullanıldığında, kök kanal tedavisinin sonucu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir [56].

Kök kanal patı kullanımının amaçları şunlardır;

- Dolgu maddesi ile kanal duvarları arasındaki boşluğu doldurur ve kanalın sızdırmaz şekilde dolmasını sağlamaktadır.
- Lateral kondansasyon tekniğinde kor materyal ve aksesuar konlar arasındaki boşluğu doldurmaktadır.
- Lateral kanallar ve tübüller gibi kompleks kanal anatomisinin düzensizliklerini doldurmaktadır.
- Kök kanalı içerisinde oluşturduğu akışkanlık sayesinde dolgu maddesi ve aksesuar konların yerleştirilmesi kolaylaşır.
- Antibakteriyel özellikleri ile kök kanallarında dezenfeksiyon etkisi göstermektedir[54] .

Kanal dolgu patları şu şekilde sınıflandırılmaktadır [54]:

- Çinko oksit-öjenol içerikli patlar
- Kalsiyum hidroksit içerikli patlar
- Cam iyonomer esaslı patlar
- Rezin bazlı patlar
- Kalsiyum silikat/MTA esaslı patlar
- Silikon içerikli patlar

2.4.1. Rezin bazlı patlar

Adezyon teknolojisindeki son gelişmeler, adeziv özellikler ve polimer rezin teknolojisine dayanan yeni nesil endodontik patların ve dolgu malzemelerinin kullanılmasına yol açmıştır. Bu materyaller, hibrid bir tabaka oluşturmakta ve hidrofilik özellikleri sayesinde dentin tübüllerine derinlemesine nüfuz edebilmektedir[57]. Rezin bazlı kanal patları uzun bir kullanım geçmişine sahiptir, kök kanalına adezyon sağlarlar ve öjenol içermezler. Epoksi rezin esaslı ve metakrilat rezin esaslı kanal patları olmak üzere 2 başlık altında incelenmektedirler[58].

AH Plus®

Epoksi rezin bazlı AH Plus® kök kanal patı, çabuk ve kolay karışım için çift patlı sistem şeklinde üretilmiştir. A patı; Bisfenol A epoksi rezin, Zirkonyum oksit, Bisfenol F epoksi rezin, Kalsiyum tungstat, Demir oksit ve Silika içermektedir. B patı ise; N,N-dibenzil-5-oksanonadiamin-1,9, Amantiameamin, Trisiklodekan-diamin, Kalsiyum tungstat, Zirkonyum oksit içermektedir[59]. AH Plus®, düşük çözünürlük, kök dentinine yüksek adezyon, yeterli radyoopasite, yeterli genleşme, antimikrobiyal aktivite ve diğer istenilen biyolojik özellikleri göstermektedir[60]. AH Plus® kanal patının çalışma süresi 23°C'de minimum 4 saat, sertleşme zamanı ise 37°C'de 8 saattir. Film kalınlığı 26 µm'dir. İki patın karıştırılmasının ardından poliaddition reaksiyonu başlamakta ve bu reaksiyon sonucunda artık monomer kalmadığı ileri sürülmektedir. Materyalin kök kanalına kolay yerleştirilebilmesi amacıyla tiksotropik özellikte hazırlanmıştır[61]. Bu özelliklerinden dolayı AH Plus® kanal patı, endodontik tedavide yaygın olarak kullanılmaktadır. AH Plus®, fizikokimyasal özelliklerinin ve kök kanal duvarlarına

adaptasyonunun iyi olması nedeniyle endodonti alanındaki çalışmalarda karşılaştırma için sıklıkla kullanılmaktadır[62, 63].

2.4.2.Kalsiyum silikat/MTA esaslı patlar

Kanal dolgu patlarındaki en son yenilik kalsiyum silikat/MTA içerikli materyallerdir[36]. Bu yeni biyoseramik materyaller, insan vücudunda kullanıma uygun, biyolojik olarak uyumlu seramiklerdir[64]. Biyoseramik esaslı materyaller endodontik tedavide önce retrograd dolgu malzemeleri olarak ve daha sonra kök tamirinde, kök kanal patı olarak ve gütaperka konlarının kaplanması kullanılmıştır[65, 66]. Biyoseramik materyallerin avantajları fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilgilidir[67]. Biyoseramikler biyolojik olarak uyumludur, toksik değildir, büzülme göstermezler ve biyolojik ortamda genellikle kimyasal olarak kararlıdır[68]. Bu materyallerin bir başka avantajı, hidroksiapatit oluşturarak dentin ve dolgu maddeleri arasında bir bağ oluşturma kabiliyetleridir[69]. Trikalsiyum silikat bazlı materyaller, dentin sıvısı ile etkileşimi ve dentin tübülleri içerisinde mineral tagların oluşumu ile biyolojik olarak mineralizasyonu indüklemekte ve böylece kök kanalı içindeki biyolojik aktiviteyi ve kök kanalının sızdırmazlığını artırabilmektedirler[22].

Hidrolik kalsiyum silikat simanların kimyasal yapılarına ve klinik kullanımlarına göre sınıflandırılması şu şekilde yapılabilir[70]:



MTA, Portland çimentosu ve radyoopak ajan olarak bizmut oksitten oluşmaktadır. İçeriğinde trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminoferrit bulunmaktadır[68]. Yüksek Ph'ı ile kalsiyum hidroksite benzer özellikler göstermesi, biyouyumluğunun iyi olması, düşük çözünürlük göstermesi ve sızdırmazlık özelliklerinin iyi olması gibi özellikleri nedeniyle diş hekimliğinde yaygın kullanım alanı bulmuştur. MTA'nın olumlu özellikleri geliştirilerek kök kanal patı olarak kullanılabilmesi amacıyla, sertleşme süresi, akıcılık ve adezyon gibi özellikler eklenerek formülasyonu geliştirilmiştir[71, 72]. MTA içeren kök kanal patlarına örnek olarak; MTA Fillapex, MTA Obtura, Endo CPM, ProRoot Endo verilebilir.

Kalsiyum- silikat-fosfat içeren kanal patları; biyolojik ortamlarda kimyasal olarak stabil olan, canlı doku temasında enflamatuar cevap oluşturmeyen, büzülme göstermeyen ve toksisitesi az olan materyallerdir[61]. Kalsiyum silikat fosfat içeren kanal patına örnek olarak; BioSeal, EndoSequence BC Sealer, Smartpaste Bio, İRoot SP verilebilir.

NeoMTA Plus®

Trikalsiyum silikat esaslı bir materyal olan NeoMTA Plus® bir toz jel sistemidir. NeoMTA Plus® son derece ince bir toz yapısına sahiptir (partiküllerin %50'si 1 µm'den daha incedir) ve kolay manüplasyon özelliği sağlayan, suda çözünen polimerler içeren su bazlı bir jel içermektedir[73]. NeoMTA Plus® radyoopak ajan olarak Tantalyum oksit (Ta₂O₅) içermektedir[21]. Yapılan çalışmalarda, bizmut oksit içermediğinden dişte renk değişikliğine neden olmadığı gösterilmiştir[74]. Tozunda bulunan bileşenler; trikalsiyum silikat, tantalyum, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat ve silikadır[59].

NeoMTA Plus®, pulpa kaplaması ve pulpotomi gibi vital pulpa tedavilerinde, kök apeksifikasyonunda, rezorpsiyon veya perforasyon varlığında kök onarımında, kök ucu dolgusunda ve kök kanal patı olarak kullanılabilmektedir[21]. Kullanıma uygun olacak şekilde toz-jel oranı değiştirilebilir. Ortograd dolgu için kullanılacak ise akışkan bir kıvamda karıştırılabilir veya kök ucu dolgusu amacıyla kullanılacak ise koyu bir kıvamda karıştırılabilir[21].

NeoMTA Plus®'ın oda sıcaklığında çalışma süresi, koyu kıvamda karıştırıldığında yaklaşık 10 dakikadır; bununla birlikte, eğer karışım kurumaya başlarsa daha fazla jelin eklenmesi çalışma

süresini uzatabilmektedir. Başlangıç sertleşme zamanı 37 ° C'de, koyu kıvamda karıştırıldığında yaklaşık 15 dakika iken, kanal patı olarak kullanıldığında bu süre yaklaşık 3 saattir. 1:1 oranında karıştırıldığında akışkanlığı 25-29mm, film kalınlığı ise <50 µm'dir. Çözünürlüğü ise <3'dür[75].

Karıştırıldıktan hemen sonra başlayan ve 3 saatin sonunda maksimum seviyeye ulaşan kalsiyum iyon salınımı, 7 gün sonra azalmaya başlar, ancak uzun süreli aktivite gösterdiğinden 28. günde hala görülmektedir[21]. Kalsiyum iyonlarının 28 gün boyunca sürekli salınımı, materyalin biyoaktivitesini ve biyouyumluluğunu artırarak endodontik ve periodontal doku rejenerasyonunu teşvik etmede anahtar bir faktör olduğu gösterilmektedir[76].

Alkalın pH (> 11.0) biyofilmlerdeki bakterileri azaltan antibakteriyel aktivite oluşturmaktadır. NeoMTA Plus®, 3 saatlik immersiyon işleminden sonra suyun (> 11.0) alkalileşmesini indüklemiştir. PH 3. günde başlayarak 28. günde son teste kadar azalarak devam etmektedir[21].

NeoMTA Plus®, uzun süreli kalsiyum ve hidroksil iyonu salımı sağladığı ve kök kanalında stabiliteyi arttırmaya yardımcı olan kalsiyum fosfat tabakası oluşturma kabiliyetini koruduğu belirtilmektedir[21].

2.5. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri

Güta perka ile kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulması amacıyla pek çok dolgu yöntemi geliştirilmiştir[55]. Ingle, kök kanal dolgu yöntemlerini kondensasyon yönüne (lateral veya vertikal) ve guta-perkaya uygulanan ısıya (soğuk ve ısıtılmış) göre sınıflandırmıştır[77].

- Tek kon yöntemi
- Lateral kondensasyon yöntemi
- Sıcak vertikal kondensasyon yöntemi
- Termomekanik kondensasyon yöntemi
- Devamlı ısıyla kondensasyon yöntemi
- Isıtılmış guta-perkanın enjeksiyonu yöntemi
 - Yüksek ısıli enjeksiyon yöntemi(obtura)
 - Düşük ısıli enjeksiyon yöntemi(ultrafil)

- Taşıyıcı sistemler
 - Termoplastik kor yöntemi
 - Soft-core yöntemi

Tek kon yöntemi

1960'larda kök kanal tedavisinde kullanılan endodontik aletlerin ve kanal dolgu materyallerinin ISO standartlarında geliştirilmesi ile tek kon tekniği gündeme gelmiştir[78]. Günümüzde döner nikel titanyum döner enstrümantasyon sistemlerinin gelişmesi ile, tek kon tekniği tekrar kullanılmaya başlanmıştır[79]. Bu teknikte, nikel-titanyum döner alet sistemleri ile yapılan kanal preparasyonun şekline uygun açılı guta-perkalar kullanılmaktadır. Preparasyona uygun açılı gütaperka konlar kullanıldığından, yardımcı kon ve lateral kondensasyon gerektirmemektedir[79, 80].

Lateral kondensasyon ve sıcak vertikal kondensasyon teknikleri, guta-perka homojenliğinin olmaması, kökün apikal kısmında yüksek endodontik kanal patı yüzdesi göstermesi, kök kanal duvarlarına zayıf adaptasyon ve guta-perka'nın apikal ekstrüzyonu gibi bazı dezavantajlar göstermektedir[81]. Tüm bu dezavantajların üstesinden gelebilmek amacıyla tek kon tekniği geliştirilmiştir[79]. Tek kon tekniğinin avantajları arasında kök kanal duvarlarına uygulanan basıncın lateral ve vertikal kondansasyon tekniklerine göre az olması, uygulanmasının kolay ve hızlı olması yer almaktadır[27, 82, 83]. Tek kon tekniğinin dezavantajı ise yeterli konikliğin sağlanamadığı ve düzensiz şekilli kök kanallarına yerleştirilen konun, kökün orta ve koronal üçlüsüne adaptasyonunun zayıf olmasıdır[84].

2.6. Kök Kanal Patlarının Dentin Tübüllerine Penetrasyonunun İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

Kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun değerlendirildiği çalışmalarda, Işık Mikroskobu, Taramalı Elektron Mikroskobu ve Lazer Taramalı Konfokal Mikroskobu kullanılmaktadır[85].

2.6.1. Işık mikroskobu

Işık mikroskobu, kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonun değerlendirildiği çalışmalarda kullanılmaktadır[8, 86]. Ancak bu teknikle ilgili en büyük zorluk, kanal patının dentinden zor ayırt edilebilmesidir. Işık mikroskopunda, görüntünün odağı ve kalitesi önemlidir. Işık mikroskopunda numune hazırlama hassas bir işlemdir, çünkü farklı kıvamlara sahip materyallerin (guta-perka ve dentin) eşit bir gözlem düzleminde olması için yeterince cilalanması gerekmektedir. Elde edilen görüntüler üzerinde yapılan dijital görüntü işleme teknikleri kantitatif mikroskopi değerlendirmesine izin verir ve bu nedenle endodontik araştırmalarda büyük önem taşımaktadır[8].

2.6.2. Taramalı elektron mikroskobu

Taramalı Elektron Mikroskopunda görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektron demeti ile numune yüzeyinin taranması, elektronlar ve numunedeki atomlar arasında oluşan etkileşim sonucunda numune yüzeyindeki topografi ve kompozisyon hakkında bilgiler içeren sinyallerin uygun algılayıcılarda toplanması ile elde edilmektedir[87].

Taramalı bir elektron mikroskopundan gönderilen odaklanmış elektron ışınları tarafından oluşturulan görüntü, sadece kanal duvarlarının konturunu değil, aynı zamanda kanal patının da üç boyutlu görüntüsünü gösterebilmektedir[8].

Taramalı elektron mikroskobu, kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun değerlendirildiği çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır[4-6, 9, 88]. Bu tekniğin avantajı, dentin tübüllerinin ve kanal patlarının bütünlüğünün ve yüzey görünümünün son derece ayrıntılı bir şekilde görüntülenebilmesidir. Kanal patlarının tübüllere adaptasyonu ayrıntılı ve yüksek büyütmede görüntülenebilmektedir. Tübüllerin yoğunluğunun daha az olduğu kanal duvarından uzak bölgelerde de tübüllerin içindeki kanal patlarının görüntülenmesine ve tübül penetrasyon derinliklerinin ölçümüne izin vermektedir[6].

Bu tekniğin ana dezavantajı, düşük büyütmede ayrıntılı bir genel görünüm elde edilememesidir. Bu durumun da sistematik analizlerin zorlaştırdığı belirtilmektedir. Bu tekniğin diğer bir dezavantajı ise örneklerin analize hazırlanması sırasında artefakt oluşma potansiyelidir. İnsan dişleri numuneleri son derece hidratedir ve bu nedenle fırında alkollü

çözeltiler ve yüksek vakum ile bir kurutma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu nedenle, bu hazırlama işlemi kök kanal patı gibi materyallerin kaybına neden olabilmekte ve bu durum numunelerin görüntülenmesini ve karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır[8, 85].

2.6.3. Lazer taramalı konfokal mikroskop (CLSM)

1980 yılında Konfokal Floresan mikroskopunun tanıtılması, biyomedikal araştırma alanında mikroskopik nesnelerin 3 boyutlu morfolojisinin incelenmesini sağlamıştır[89, 90]. Konfokal mikroskop, konvansiyonel bir mikroskop ile incelendiğinde bulanık görünebilen bir örneğin daha net görüntülerini elde etmek amacıyla geliştirilmiştir[91].

Lazer taramalı konfokal mikroskopta görüntü, odak noktasından veya optik bölümden kaynaklanan floresan emisyonunun, filtre görevi gören bir delikli levha (pin hole) ile üstten, alttan ve lateralden kaynaklanan emisyonun arındırılması sonucunda elde edilmektedir[85].

Lazer taramalı konfokal mikroskopinin en büyük avantajı, gözlemlerin örneklerde artefaktlara neden olabilecek bir dehidrasyon vakumu altında değil, özel işlem gerektirmeden normal çevre koşullarına yakın bir şekilde hazırlanan örnekler ile gerçekleştirilebilmesidir[85, 92]. Bazı materyaller, su kaybına karşı çok hassas olan doğal su içerikleri nedeniyle, elde edilen materyal-diş arayüzü elektron mikroskobu tarafından zor bir şekilde görüntülenebilmektedir. Konfokal mikroskopi ise örneklerde tahribata neden olmadan görüntülenebilme imkanı sunmaktadır. Birbirini izleyen odak düzlemlerden alınan optik kesitler yeniden yapılandırılarak numunenin 3 boyutlu görünümü elde edilebilmektedir[85].

Lazer taramalı konfokal mikroskopi (CLSM) diş hekimliği alanında da, rezin-dentin arayüzlerini incelenmesinde ve kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunun değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kanal patlarının tübül penetrasyonlarının CLSM ile görüntülenmesinde, kanal patları spesifik floresan boya ile etiketlenmelidir. Bu boyalar Rhodamine B ve Fluorescein'dir[26]. CLSM ile, yüksek kontrast noktalarının oluşumu, dentin tübülleri içinde kanal patının penetrasyonunu göstermektedir[85, 93]. Lazer taramalı konfokal mikroskoplar biyolojik dokular gibi yarı saydam numunelerde yüksek çözünürlüklü, ince, optik görüntüler oluşturabilmektedir[94].

Kısaca lazer taramalı konfokal mikroskopinin avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- 50 μm veya daha fazla kalınlığa sahip floresan numunelerden noktasal optik görüntüler elde edilmesi,
- Alan derinliğinin kontrol edilebilmesi,
- Floresan bir örnekte görülen odak dışı bulanıklığın ortadan kaldırılması,
- Örneklerin hazırlanması için minimum işlem gerektirmesi,
- 3 boyutlu görüntü elde edilebilmesi amacıyla farklı odak düzlemlerden elde edilen görüntülerin birleştirilebilmesi.
- Dijital hale getirilen görüntünün üzerinde gerekli ölçümlerin ve analizlerin yapılabilmesidir[95, 96].



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada NeoMTA Plus® ve AH Plus® kök kanal patlarının etidronik asit, EDTA ve Salin solüsyonları kullanılarak dentin tübül penetrasyonları CLSM ile değerlendirildi.

Bu amaçla, yapılacak *in vitro* çalışma için gerekli olan E.45576 sayılı ve 06.12.2018 tarihli etik kurul raporu alındı. Çalışmada, dentin tübül penetrasyonu görüntülenmesi için gerekli olan kesitler için Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protez Bölümü Laboratuvarı kullanıldı. Kanal patlarının dentin tübül penetrasyonlarının değerlendirilmesi için gerekli olan Konfokal Lazer Tarama Mikroskobu (CLSM) görüntülemeleri Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı Moleküler Biyoloji ve Biyoteknoloji AR-GE Merkezinde gerçekleştirildi.

Bu çalışmada biyoistatistik ön değerlendirmeye dayanarak 102 adet mandibular premolar insan dişi kullanıldı.

3.1. Dişlerin seçimi

Bu çalışmada, tek kanala ve tek apikal foramene sahip, apikal gelişimini tamamlamış ve kurvatür oranı 10 dereceden az olan 102 adet yeni çekilmiş insan alt çene premolar dişi kullanıldı. Dişler, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Cerrahisi Bölümünde Ortodontik ve Periodontal sebeplerle çekilmiş dişlerden seçilerek sağlandı. Meziodistal ve bukkolingual açıdan alınan radyografiler ile dişlerin tek köklü ve düz kanal morfolojisine sahip olduğu doğrulandı. Dişler stereomikroskop altında incelendi, kırık, çatlak ve defekt bulunan dişler çalışma dışı bırakıldı. Bunu takiben seçilen dişlerin 10 no'lu K tipi eğe ile köklerin apikal foramenlerinin açık olup olmadığı kontrol edildi. Dişler kök yüzeylerindeki organik artıkların uzaklaştırılması için bir gün boyunca %5,25'lik NaOCl solüsyonu içerisinde bekletildikten sonra distile su ile yıkanıp kök yüzeyinde kalan birikintiler periodontal küret (#3-4 Gracey, Nordent, ABD) yardımı ile uzaklaştırıldı. Dişler çalışmada kullanılıncaya kadar %0.9 izotonik sodyum klorür solüsyonunda saklandı.

3.2. Deney Gruplarının Dağılımı

Dişler kullanılacak şelasyon ajanları ve kök kanal patlarına göre, her biri 17 örnekten oluşan altı deney grubuna ayrıldı(n=17) (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Grupların final irrigasyon solüsyonu ve kanal patlarına göre dağılımı

Gruplar	İrrigasyon Solüsyonu	Kök Kanal Patı
Grup 1 (n=17)	HEBP	AH Plus®
Grup 2 (n=17)	HEBP	NeoMTA Plus®
Grup 3 (n=17)	EDTA	AH Plus®
Grup 4 (n=17)	EDTA	NeoMTA Plus®
Grup 5 (n=17)	Salin	AH Plus®
Grup 6 (n=17)	Salin	NeoMTA Plus®

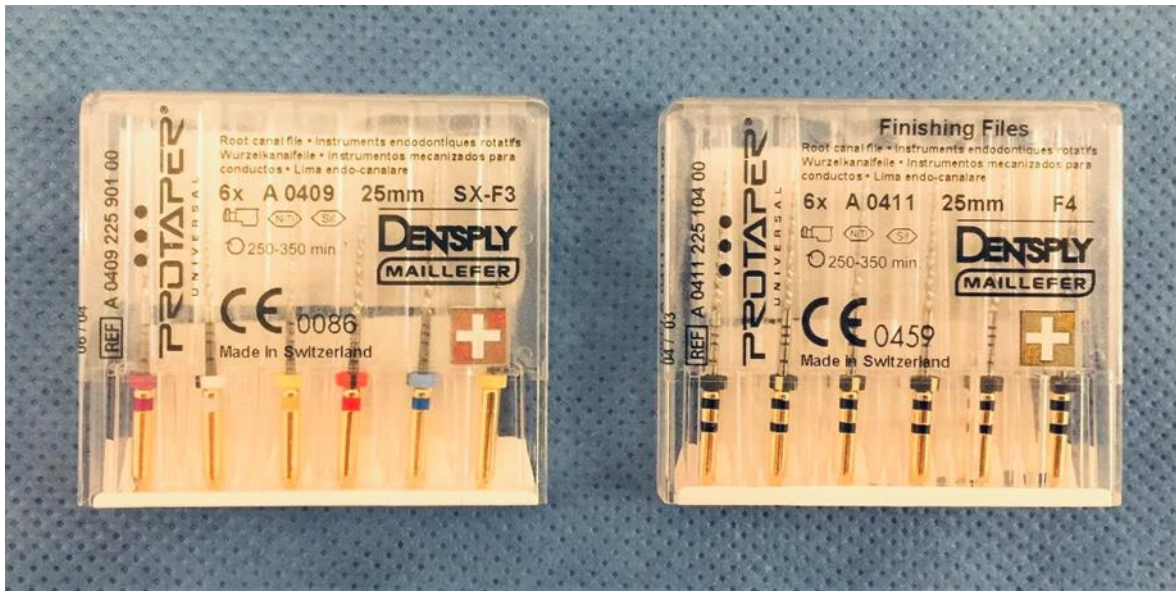
3.3. Örneklerin Kanal Preparasyonu

Çalışmada kullanılan dişlerde standart bir boy elde edilebilmesi için dişler kök boyları 12 ± 1 mm olacak şekilde mine-sement sınırından elmas fissür frez (Diatech Swiss Dental Instruments, Altstätten, İsviçre) ile su soğutması altında dekorone edildi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Preparasyon öncesi kron kısımları kesilmiş dişler

Çalışma boyları #10 K tipi tipi eğenin (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) apikal foramenden görüldüğü boydan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Kök kanalları ProTaper® Universal döner Ni-Ti eğe (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) sistemi kullanılarak genişletildi (Şekil 3.2). Elektrikli motor 250 devir/dk hız ile çalıştırıldı. İlk olarak köklerin koronal üçlüsü Sx eğesi ile genişletildi ve ardından S1 ve S2 eğeleri ile çalışma boyuna ulaşıldı. Daha sonra sırası ile F1, F2, F3 ve F4 numaralı eğeler kullanılarak apikal #40/.06 (F4)'e kadar şekillendirildi. İşlem boyunca her bir örnek için eğeleme işlemi sırasında 2 mL olmak üzere toplamda 10 ml % 2'lik NaOCl solüsyonu (Imicryl, Konya, Türkiye) kullanıldı.



Şekil 3.2. ProTaper® Universal nikel titanyum kök kanal eğeleri (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre)

3.4. Final İrrigasyon

Şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra final irrigasyonu ve smear tabakasının kaldırılması amacıyla Grup 1 ve Grup 2'de bulunan diş köklerine 1 dakika süre ile 2.5 mL %9 etidronik asit (Kod:H6773, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, ABD) uygulandı. %60 konsantrasyona sahip sulu HEBP solüsyonunun, 40 mL distile suya 3 mL etidronik asit solüsyonu olacak şekilde karıştırılması sonucu %9 konsantrasyona sahip HEBP solüsyonu elde edildi ve kullanıma kadar cam şişe içerisinde oda sıcaklığında saklandı. Grup 3 ve Grup 4'te bulunan diş köklerine 1 dakika süre ile 2.5 ml %17 EDTA (Werax, İzmir, Turkey) solüsyonu uygulandı. Grup 5 ve Grup 6'da bulunan diş köklerine ise 1 dakika süre ile 2.5 mL Salin solüsyonu uygulandı. Tüm irrigasyon prosedürlerinde 27 gauge'lık yandan perfore irrigasyon iğnesi (Ultradent Products

Inc., South Jordan, UT, USA) kullanıldı, irrigasyon iğnesi apekten 1 mm kısa olacak şekilde yerleştirildi ve herhangi bir aktivasyon yapılmadan uygulandı.



Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan final irrigasyon solüsyonları sırasıyla

Etidronik asit (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, ABD), EDTA (Werax, İzmir, Türkiye), Salin (Osel, İstanbul, Türkiye)

3.5. Kök Kanallarının Doldurulması

Final irrigasyonunun ardından kök kanal sistemi içerisinde artık irrigasyon solüsyonu bırakmamak için kanallar 1 dakika süre ile 5 ml distile su ile yıkandı ve kâğıt konlar (DiaDent, Korea) ile kurulandı.

AH Plus® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) patı üretici firmanın talimatları doğrultusunda 1:1 oranında karıştırıldı (Şekil 3.4).

NeoMTA Plus® (Avalon Biomed, Bradenton, FL) üretici firmanın talimatları doğrultusunda kanal patı kıvamı elde etmek için 1 ölçek (0.1gm) toz ve 2 ölçek jel olacak şekilde hazırlandı (Şekil 3.4).

Floresan görüntü vermesi için her iki kök kanal patına hassas tartı yardımıyla %0.1 Rhodamine B (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, ABD) ilave edildi (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan kök kanal patları sırasıyla

AH Plus® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), NeoMTA Plus® (Avalon Biomed, Bradenton, FL)



Şekil 3.5. Kullanılan pata %0.1 oranında Rodamin-B ilave edilirken kullanılan hassas tartı

Grup 1, Grup 3 ve Grup 5'teki örneklere AH Plus® kök kanal patı çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olacak şekilde 30 numaralı lentülo ile kök kanallarına uygulandı. Ardından F4 guta-perka kon (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) (Şekil 3.6) kanala yerleştirildi ve koronaldeki guta-perkanın fazlası ısıtılmış alet yardımı ile kanal ağzından kesilerek uzaklaştırıldı. Ardından plugger ile koronalden vertikal yönde 10 sn süre ile basınç uygulanarak dolgu işlemi tamamlandı.

Grup 2, Grup 4, Grup 6'daki örneklere NeoMTA Plus® kök kanal patı çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olacak şekilde 30 numaralı lentülo ile kök kanallarına uygulandı. Ardından F4 guta-perka kon (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) (Şekil 3.6) kanala yerleştirildi ve koronaldeki guta-perkanın fazlası ısıtılmış alet yardımı ile kanal ağzından kesilerek uzaklaştırıldı. Ardından plugger ile koronalden vertikal yönde 10 sn süre ile basınç uygulanarak dolgu işlemi tamamlandı.



Şekil 3.6. ProTaper®Universal Sisteminin F4 kanal eğesine uygun guta-perka

3.6. Tübül penetrasyonunun değerlendirilmesi için köklerin hazırlanması

Dolgusu yapılan tüm diş kökleri dikdörtgen prizma silikon kalıplar kullanılarak soğuk akril içerisine gömüldü. Elmas diskler (Sunshine Diamonds, Dr. Hopf GmbH & Co. KG, Germany) kullanılarak Microcut kesit cihazı (Micracut 201, Metkon, Bursa, Türkiye) (Şekil 3.7) ile her kökün apikalinden 1 mm ve 5mm mesafeden kökün uzun aksına dik olacak şekilde kesilerek, 1 mm kalınlığında 2 adet horizontal kesit elde edildi. Kesitler koronal yüzeyleri incelenecek şekilde cam lamellere yapıştırılıp numaralandırıldı (Şekil 3.8-3.9).



Şekil 3.7. Su soğutması ile çalışan mikro kesme cihazı (Micracut 201, Metkon, Bursa, Türkiye)



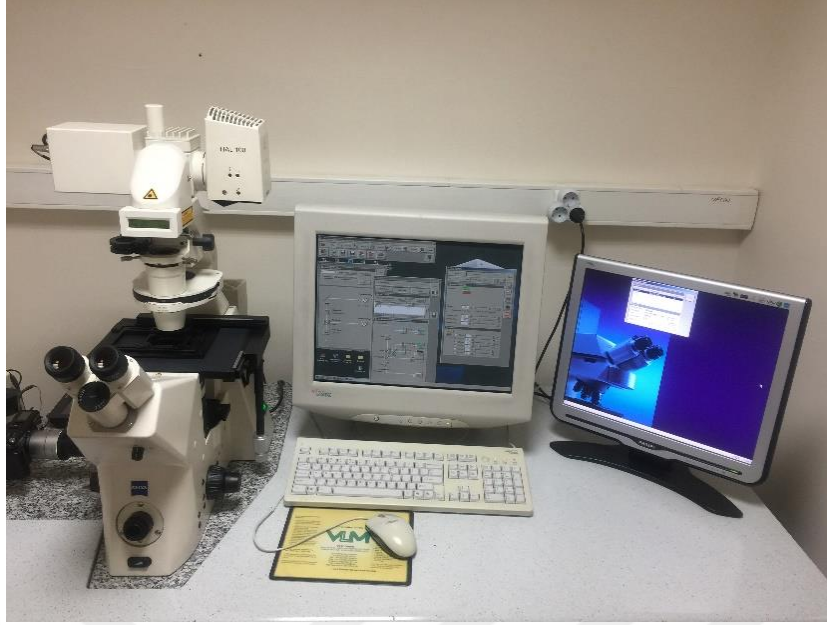
Şekil 3.8. Grup 1 'e ait cam lamellere alınan kesitlerden bazıları



Şekil 3.9. Grup 2'ye ait cam lamellere alınan kesitlerden bazıları

3.7. Kesitlerin Mikroskopta İncelenmesi ve Penetrasyon Değerlerinin Hesaplanması

Hazırlanan örnekler Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı Moleküler Biyoloji ve Biyoteknoloji AR-GE Merkezi bünyesinde bulunan lazer taramalı konfokal mikroskop ile incelendi (Zeiss LSM 510, Carl Zeiss, Göttingen, Almanya) (Şekil 3.10). Işık kaynağı olarak argon lazer kullanıldı (Dalga boyu: 488 nm-543 nm). Görüntüler x4 büyütme ile 512x512 çözünürlükte kaydedildi. Kaydedilen görüntüler Zeiss LSM Image Browser v.4.2.0 (Carl Zeiss MicroImaging GmbH 1997-2006) programına aktarılıp incelendi.

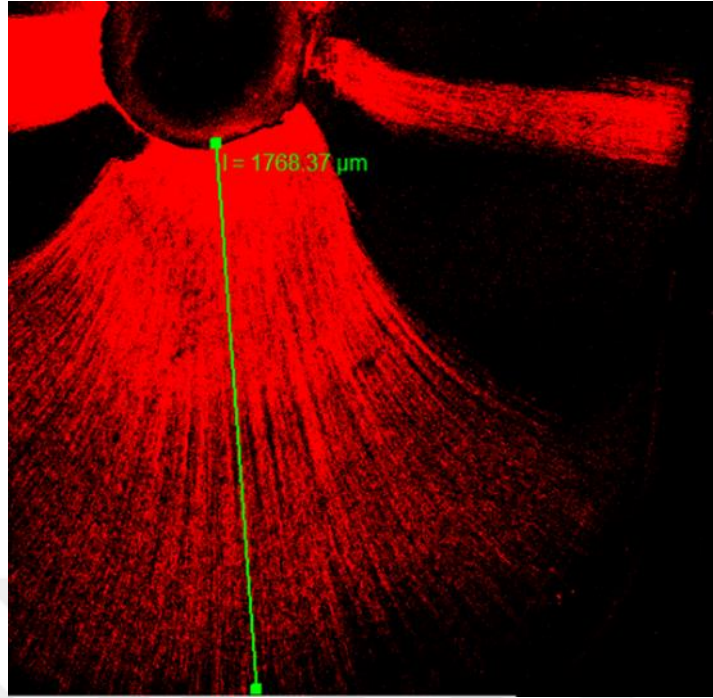


Şekil 3.10. Konfokal lazer tarama mikroskobu (Zeiss LSM 510, Carl Zeiss, Göttingen, Almanya)

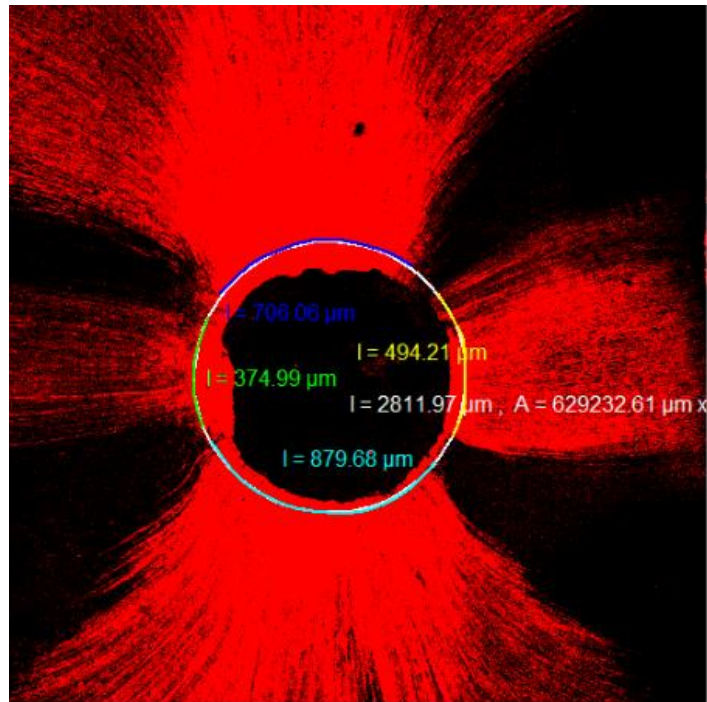
Burada elde edilen örneklerde maksimum dentin tübül penetrasyon derinliği ve penetrasyon yüzdesi belirlendi.

Maksimum dentin tübül penetrasyon derinliği, kanal duvarı ile penetrasyonun olduğu en uzak noktanın arasındaki mesafenin ölçülmesi ile hesaplandı (Şekil 3.11).

Dentin tübül penetrasyon yüzde hesabı ise, Gharib ve ark.[97] kullandığı yöntem ile hesaplandı. Program dahilinde bulunan çizim araçlarının yardımı ile kanal duvarının çevre uzunluğu ve kullanılan dolgu patlarının dentin tübüllerine penetre olduğu uzunluk çizilerek ölçüldü. Buradan elde edilen değerler ile yapılan ortalama ile kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetre olduğu kök kanal çevresi yüzde olarak hesaplandı (Şekil 3.12).



Şekil 3.11. Maksimum dentin tübül penetrasyon derinliği analizi



Şekil 3.12. Dentin tübül penetrasyon yüzdesi analizi

3.8. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde Windows için IBM SPSS 21.0 istatistik paket programı (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) kullanıldı. Analiz öncesinde tüm verilerde normallik varsayımı Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Sayısal veriler, ortalama ve standart sapma ile özetlendi.

Gruplar arasında penetrasyon yüzdesi ve penetrasyon derinliği bakımından farkların istatistiksel olarak önemi iki yönlü varyans analizi ile değerlendirildi.

İkişerli karşılaştırmalarda (pairwise comparisons) ise Bonferroni düzeltmesi ile Tip 1 hata kontrol altına alındı. $P < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamızda NeoMTA Plus® ve AH Plus® kök kanal dolgu patlarının, EDTA, etidronik asit ve salin solüsyonları varlığında dentin tübül penetrasyonu değerlendirildi. Elde edilen veriler tablolarda gösterildi.

4.1. Penetrasyon Derinliği Analizi

Çizelge 4.1’de apekten 1 mm ve 5 mm uzaklıkta alınan kesitlere ait en yüksek penetrasyon derinliğinin (μ) ortalama ve standart sapma değerleri gösterildi.

Çizelge 4.1. Tüm grupların 1 mm ve 5 mm’deki penetrasyon derinliğine ait değerler

		1 mm	5 mm
		Penetrasyon derinliği (μ)	Penetrasyon derinliği (μ)
		Ortalama $\pm$ Standart Sapma	Ortalama $\pm$ Standart Sapma
Etidronik asit	AH Plus®	652,31 $\pm$ 266,42 ^a	1426,24 $\pm$ 591,57 ^b
	NeoMTA Plus®	806,05 $\pm$ 494,74	1452,12 $\pm$ 592,08
EDTA	AH Plus®	602,91 $\pm$ 310,87	1397,37 $\pm$ 617,91 ^c
	NeoMTA Plus®	769,49 $\pm$ 445,98	1426,41 $\pm$ 582,82
Salin	AH Plus®	312,44 $\pm$ 363,19 ^a	931,4 $\pm$ 645,25 ^{bc}
	NeoMTA Plus®	579,65 $\pm$ 212,32	1112,02 $\pm$ 518,47

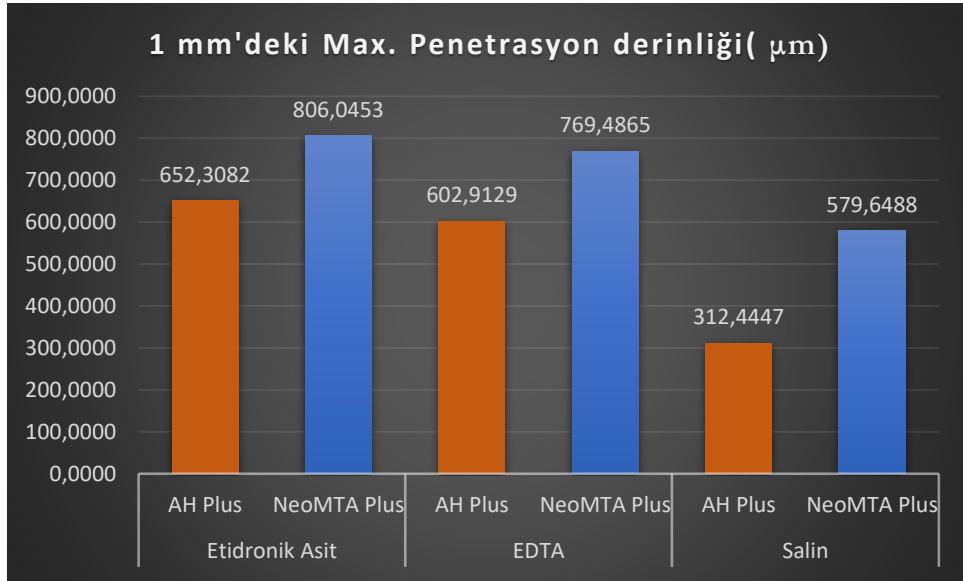
Her pat için ayrı olarak, değerlerin yanındaki harfler iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel farklılık olup olmadığını göstermektedir. Aynı harfler gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu anlamına gelmektedir.

Kanal patlarının dentin tübül penetrasyon derinliği değerlendirildiğinde:

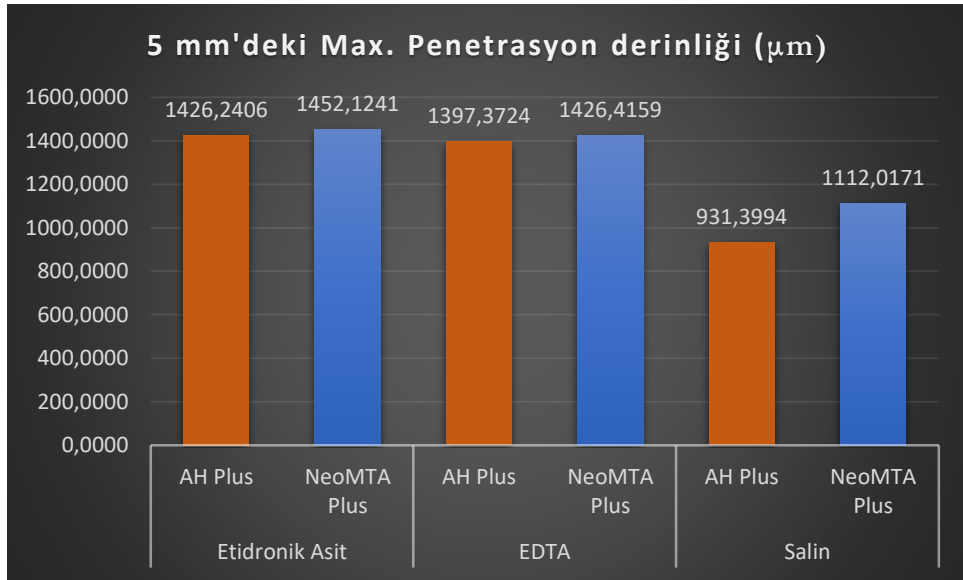
- 1 mm’deki penetrasyon derinliği analizinde AH Plus® kök kanal patı, etidronik asit uygulanan grupta Salin uygulanan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek penetrasyon derinliği gösterdi($p=0.017$). NeoMTA Plus® istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, etidronik asit uygulanan gruplarda daha yüksek penetrasyon derinliği göstermekle birlikte, EDTA ve Salin uygulanan gruplarda da AH Plus®’tan daha yüksek penetrasyon derinliği gösterdi.

- 5 mm'deki penetrasyon derinliği analizinde AH Plus® kök kanal patı, etidronik asit ve EDTA uygulanan gruplarda Salin uygulanan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek penetrasyon derinliği gösterdi($p=0.005$). 5 mm'deki penetrasyon derinliği analizinde etidronik asit ve EDTA uygulanan gruplarda AH Plus® ve NeoMTA Plus® kök kanal patları benzer penetrasyon derinliği gösterirken, Salin uygulanan grupta ortalama penetrasyon derinlik değerleri düşüktü.





Şekil 4.1. Apeksten 1 mm mesafede tüm grupların en yüksek penetrasyon derinliğini gösteren sütun grafik



Şekil 4.2. Apeksten 5 mm mesafede tüm grupların en yüksek penetrasyon derinliğini gösteren sütun grafik

4.2. Penetrasyon Yüzdesi Analizi

Çizelge 4.2’de apekten 1 mm ve 5 mm uzaklıkta alınan kesitlere ait penetrasyon yüzdesinin ortalama ve standart sapma değerleri gösterildi.

Çizelge 4.2. Tüm grupların 1 mm ve 5 mm’deki penetrasyon yüzdesine ait değerler

		1 mm Penetrasyon yüzdesi (%) Ortalama±Standart Sapma	5 mm Penetrasyon yüzdesi (%) Ortalama±Standart Sapma
Etidronik asit	AH Plus®	42,03±16,27	64,64±21,82 ^c
	NeoMTA Plus®	60,11±22,26	66,30±20,92
EDTA	AH Plus®	55,03±24,20 ^a	66,47±26,3 ^d
	NeoMTA Plus®	71,49±15,94	79,01±14,87
Salin	AH Plus®	35,99±15,42 ^{ba}	42,11±18,65 ^{cde}
	NeoMTA Plus®	56,98±22,16 ^b	63,61±22,36 ^e

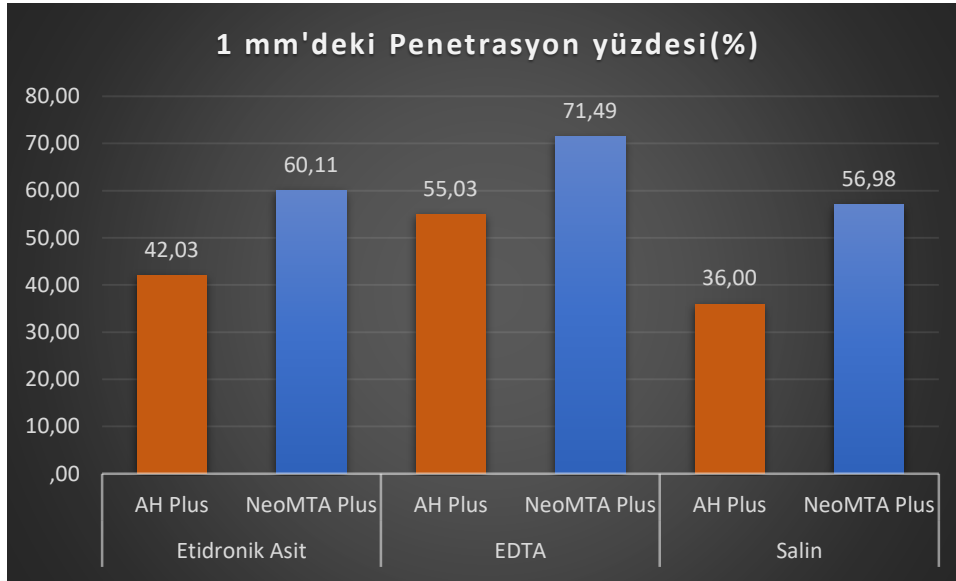
Her pat için ayrı olarak, değerlerin yanındaki harfler iki yönlü varyans analizi sonuçlarına göre istatistiksel farklılık olup olmadığını göstermektedir. Aynı harfler gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu anlamına gelmektedir.

Kanal patlarının dentin tübül penetrasyonu yüzdesi değerlendirildiğinde:

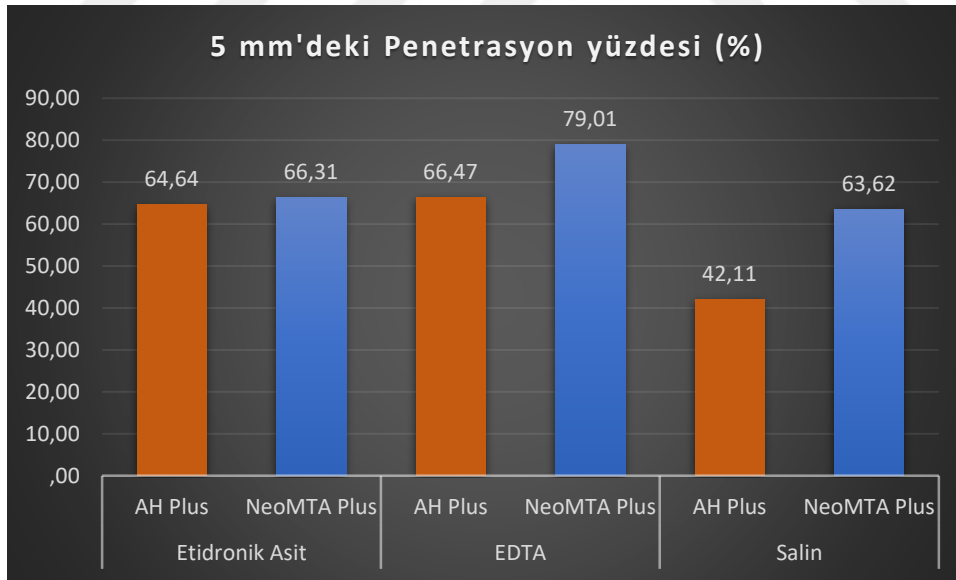
- 1 mm’deki penetrasyon yüzdesi analizinde Salin uygulanan grupta NeoMTA Plus® kök kanal patı AH Plus® kök kanal patından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek penetrasyon yüzdesi gösterdi(p=0.030). AH Plus® kök kanal patı, EDTA uygulanan grupta Salin uygulanan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek penetrasyon yüzdesi gösterdi(p=0.032). Ayrıca NeoMTA Plus® istatistiksel olarak anlamlı olmasa da her grup için AH Plus’tan daha yüksek penetrasyon yüzdesi değerleri gösterdi.
- 5 mm’deki penetrasyon yüzdesi analizinde Salin uygulanan grupta NeoMTA Plus® kök kanal patı AH Plus kök kanal patından istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek penetrasyon yüzdesi gösterdi(p=0.001). AH Plus® kök kanal patı, EDTA (p=0.004) ve etidronik asit (p=0.009) uygulanan gruplarda Salin uygulanan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek penetrasyon yüzdesi gösterdi. NeoMTA Plus®,

istatistiksel olarak anlamlı olmasa da EDTA uygulanan grupta AH Plus®'tan daha yüksek penetrasyon yüzdesi değeri gösterdi. Etidronik asit uygulanan gruplarda ise benzer penetrasyon yüzdesi değerleri gösterdi.

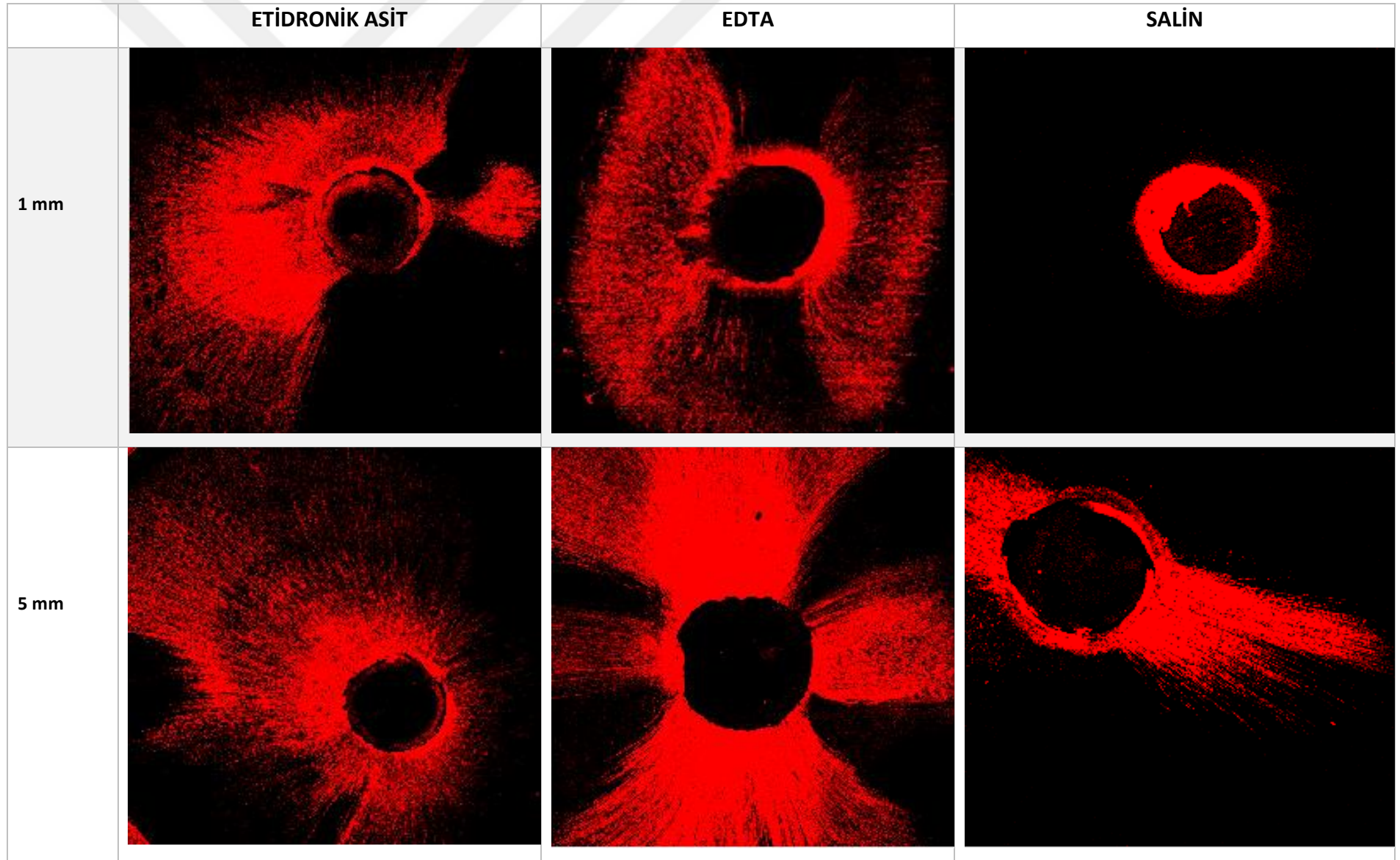




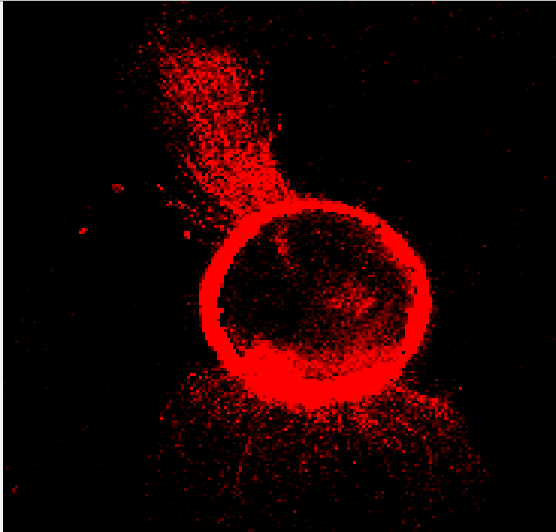
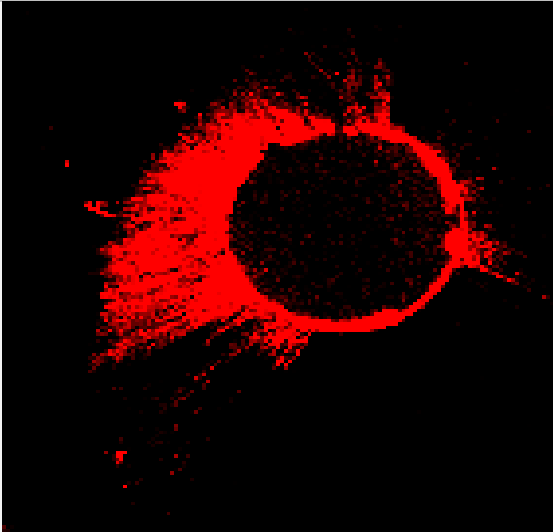
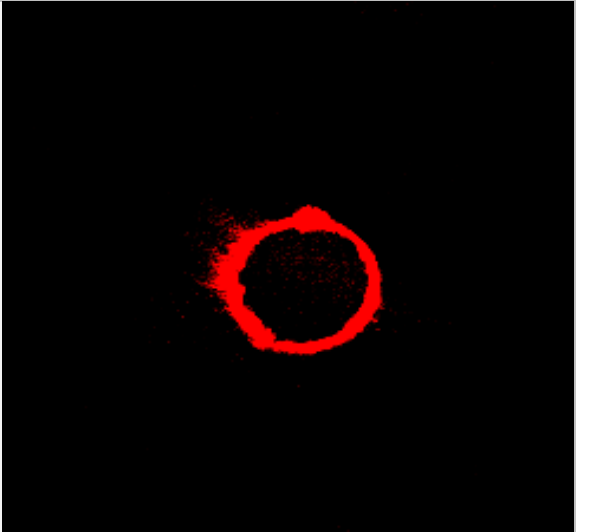
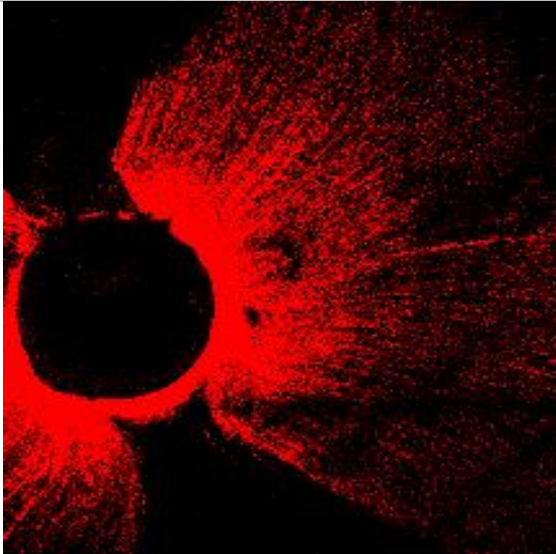
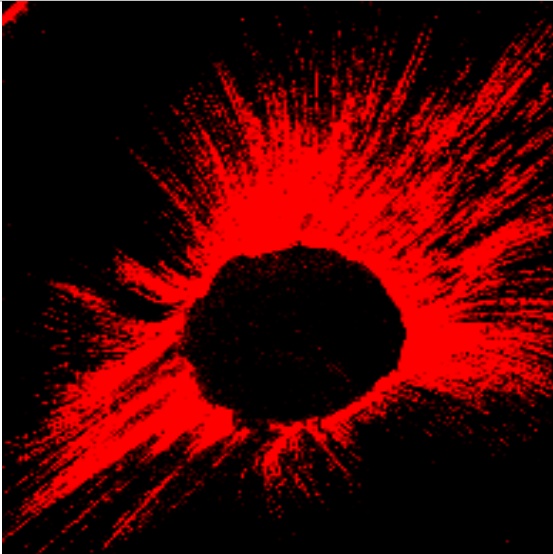
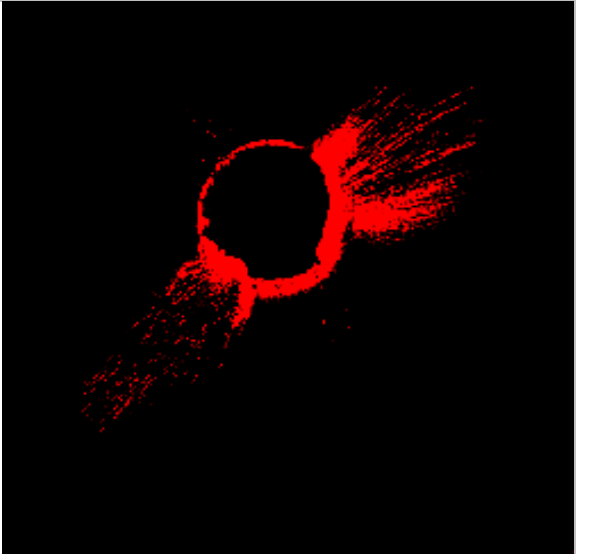
Şekil 4.3. Apeksten 1 mm mesafede tüm grupların penetrasyon yüzdeleri gösteren sütun grafik



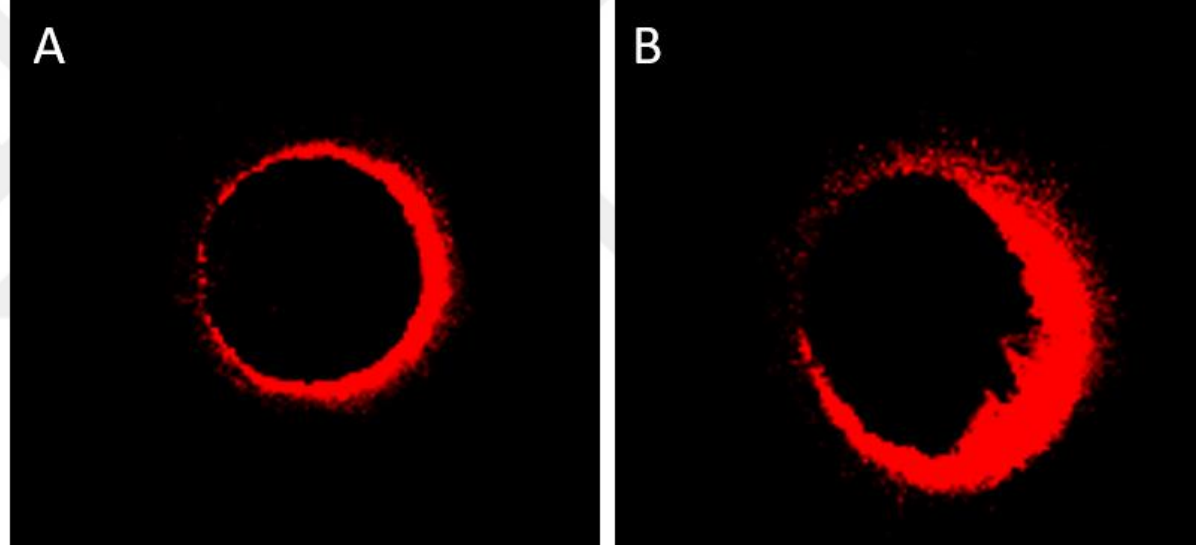
Şekil 4.4. Apeksten 5 mm mesafede tüm grupların penetrasyon yüzdeleri gösteren sütun grafik



Şekil 4.5. NeoMTA Plus kanal patına ait KLTM görüntüleri

	ETİDRONİK ASİT	EDTA	SALİN
1 mm			
5 mm			

Şekil 4.6.AH Plus kanal patına ait KLTM görüntüleri



Şekil 4.7. NeoMTA Plus® kök kanal patı uygulanan grupta görülen mineral infiltrasyon bölgesi (MIZ)

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, etidronik asit ve EDTA'nın smear tabakasını kaldırma etkisi ile trikalsiyum silikat esaslı NeoMTA Plus® ve AH Plus® kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu karşılaştırmalı olarak Konfokal Lazer Taramalı Mikroskopisi ile değerlendirilmiştir.

Kanal patlarının tübül penetrasyonlarını değerlendiren in vitro çalışmalarda genellikle çekilmiş insan dişleri kullanılmaktadır[27, 28, 30, 32, 33, 98, 99]. Ancak çekilmiş dişlerin kullanımında anatomik ve biyolojik varyasyonlar çalışmayı etkileyerek standart sapmaya neden olabilmektedir[100]. Hastaların yaşlarına bağlı olarak sklerotik dentin ve düzensiz sekonder dentin miktarı kanal patlarının penetrasyonunu etkileyebilmektedir. Bu nedenle oluşacak varyasyonları azaltmak için, çalışmada incelenecek tüm köklerin anatomisi benzer olmalıdır[101]. Bu nedenle bu çalışmada kurvatür oranı 10 dereceden az olan, tek kanala ve tek apikal foramene sahip, apikal gelişimini tamamlamış mandibular premolar dişler kullanılmıştır.

İrrigasyon solüsyonlarının, irrigasyon tekniğinden bağımsız olarak, apekse yakın bölgede smear tabakasının kaldırılması üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir[102]. Kök kanal sisteminin apikal üçlüsü, apikal deltalar, dar isthmuslar ve lateral kanallar gibi karmaşık anatomik alanların varlığı nedeniyle temizlenmesi özellikle zordur ve eğimli kökler söz konusu olduğunda, enfekte dentin ve smear tabakasının kalabileceği bildirilmektedir[103]. Bu nedenle bu çalışmada şelasyon ajanlarının apikal kısma ulaşabilmesi ve apikal üçlüdeki etkinliğini değerlendirebilmek amacıyla eğimli olmayan düz kökler tercih edilmiştir.

Kök kanal preparasyonun asıl amacı, kanalın orijinal şeklini koruyarak etkili bir şekilde temizlemek ve şekillendirmektir. Bu amaçla yapılan birçok çalışmada kök kanallarının şekillendirilmesinde çeşitli tasarıma sahip Ni-Ti döner aletler kullanılmaktadır[28, 31, 32, 34, 98, 104-107].

Kullanılan enstrümanların apikal preparasyonun çapı ve artmış alet konikliği, kök kanalının temizlenme etkinliğini değiştirebildiği gibi irrigasyon solüsyonunun da kanal içindeki akışını etkileyebilmektedir[108].

Minimum apikal preparasyon boyutu ve çapıyla ilgili tam bir görüş birliği olmamakla birlikte, düz köklü kanallar için (kurvatür çapı 0° - 10°), ISO 40/.04 apikal preparasyon boyutunun kanal içine irrigasyon solüsyonunu iletmek için yeterli olduğu bildirilmiştir[109, 110] ve yapılan çalışmalarda apikal preparasyon 40 olacak şekilde tamamlanmıştır[28, 32, 98, 111, 112].

Günümüzde ProTaper® Universal eğe sistemleri geniş bir kullanım alanı bulmuş ve yeni geliştirilen Ni-Ti enstrümanlarla kıyaslamada standart oluşturmuştur [113-117].

Bu çalışmada da kök kanal preparasyonu apikal şekillendirme #40(F4) olacak şekilde ProTaper® Universal eğe sistemleri kullanılmıştır.

Kök kanal preparasyonu sırasında kullanılan aletler, dentini kaplayan amorf, granüler ve düzensiz bir tabaka olan, organik ve inorganik bileşenlerden oluşan smear tabakasını oluşturmaktadır[4]. Smear tabakasının içeriğindeki mikroorganizmalar ve yan ürünleri, kök kanal preparasyonu esnasında dentin tübülleri içine itilebilmektedir[118].

Smear tabakası, kanal patlarının dentin tübüllerine adezyonunu ve penetrasyonunu engelleyen fiziksel bir bariyer oluşturmaktadır [118]. Kanal patı smear tabakası uzaklaştırılmış kök yüzeyindeki dentin tübülleri içine penetre olur ve pat ile kök dentini arasında mekanik bir kilitlenme sağlanır[119].

EDTA, smear tabakasının kaldırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak EDTA tek başına smear tabakasını etkili bir şekilde uzaklaştıramaz, smear tabakasının organik kısmını uzaklaştırmak için NaOCl gibi proteolitik bir bileşene ihtiyaç duyar. Yapılan çalışmalar sonucunda smear tabakasının kaldırılmasında NaOCl ve EDTA solüsyonlarının sırayla kullanımı tavsiye edilmektedir[120-123].

İrigasyon solüsyonların kullanımının kök kanal dolum materyalleri üzerinde de etkileri bulunmaktadır. Kök kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının kalıntıları kök kanalı duvarında kaldığında, trikalsiyum silikat kanal patları uzun süre bu irriganlarla temas eder. Bu nedenle, bu irrigasyon solüsyonları ile trikalsiyum silikat materyalleri arasındaki etkileşimin dinamiklerini anlamak önemlidir[124].

Yapılan çalışmalarda EDTA gibi asitlerin kullanımının, MTA'nın hidrasyonu sırasında C-S-H (kalsiyum silikat hidrat) jel oluşumunu bozduğu gösterilmektedir, bu da MTA'nın mikro sertliğinin yanı sıra basınç dayanımını azaltmaktadır[124-129].

Kök kanal tedavisinde son irrigasyon solüsyonu olarak kullanılan EDTA'nın, kalsiyum silikat simanların yapısında bozulmaya neden olabileceğini bildiren bir çalışmada kalsiyum silikat simanların kullanılacağı durumlarda, smear tabakanın kaldırılması amacıyla yüzey pürüzlülüğüne neden olmayacak daha zayıf asitlerin kullanımının tercih edilebileceği önerilmektedir[45].

EDTA'nın NaOCl ile etkileşime girerek NaOCl'nin antibakteriyel ve doku çözücü etkinliğini azaltması, kök kanalının apikal üçlüsünde bulunan smear tabakasını uzaklaştırmadaki yetersizliği, 1 dakikadan fazla uygulandığında kök dentininde erozyon oluşturmaları ve MTA üzerindeki olumsuz etkileri alternatif şelasyon ajanlarının gündeme gelmesine neden olmuştur[14, 15, 130]. Alternatif şelasyon ajanlarından biri de etidronik asittir.

Etidronik asit smear tabakasını kaldırırken kök dentini üzerinde minimum zararlı etki yapan, toksik olmayan, zayıf asidik bir bifosfonattır[17, 131]. Ayrıca NaOCl'nin antimikrobiyal özelliğini etkilemeden birlikte kullanılabilen bir şelat ajanı olarak kabul edilmektedir[16].

Etidronik asitin smear tabakası üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır[18, 129-133] ancak trikalsiyum silikat bazlı kanal patlarıyla birlikte kullanımının etkilerini inceleyen çalışmalar sınırlıdır [124, 129].

EDTA gibi kalsiyum şelatörlerinin MTA'nın sertliğini, eğilme dayanımını ve sızdırmalık özelliğini azalttığı gösterilmiştir[134-136]. Ancak EDTA'nın aksine etidronik asidin kalsiyum silikat bazlı kanal patlarının hidrasyon özelliklerini olumsuz etkilemediği belirtilmektedir[129].

NaOCl'nin etidronik asit ile kombinasyonunun trikalsiyum silikat bazlı kanal patlarının bağlanma dayanımı üzerinde olumlu etkileri olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur[129] ancak trikalsiyum silikat simanların dentin tübül penetrasyonu üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada %9'luk etidronik asit solüsyonunun smear tabakasını kaldırma etkisi ile trikalsiyum silikat bazlı kanal patı arasındaki etkileşimin tübül penetrasyonu üzerindeki etkisi incelenmiştir.

İrrigasyon solüsyonlarının etkinliği sadece solüsyonun kimyasal formülüne değil aynı zamanda sıcaklığına, miktarına, uygulama süresine, iğnenin penetrasyon derinliğine, iğnenin tipine, ölçüsüne ve irrigasyon solüsyonunun yüzey gerilimine bağlıdır[118].

%17 EDTA solüsyonu kök kanallarına 1 dakika süre ile uygulandığında smear tabakasını etkili bir şekilde kaldırdığı bildirilmiştir[137].

EDTA kök kanallarına 1 dakikadan uzun süre ile uyguladığında kök kanal dentininde erozyon oluşturması, dentinin mikro sertliğini azaltması ve kök kırılabilirliğine neden olması dolayısıyla uygulamanın 1 dakika ile sınırlandırılması önerilmiştir[14, 138].

Yapılan bir çalışmada 1 dakika süre ile uygulanan %9 etidronik asit solüsyonunun apikal üçlüdeki smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA'dan daha etkili olduğu belirtilmiştir[18]. Bu nedenle, bu çalışmada standardizasyonu sağlamak amacıyla hem EDTA ve hem de etidronik asit solüsyonları 1 dakika süre ile uygulanmıştır.

Kök kanallarında EDTA'dan önce hipoklorit kullanıldığında, hidroksiapatit tabakanın kollajen liflerini hipokloritin doku çözücü etkisinden koruduğu belirtilmektedir. Ancak sodyum hipokloritin demineralize ajan uygulamasından sonra açığa çıkan organik yapıdaki kollajen ağı üzerindeki olumsuz etkileri bulunduğu bildirilmiştir[44]. Bu nedenle bu çalışmada şelatör ajanların uygulanmasından sonra tekrar NaOCl uygulanmamıştır.

Final irrigasyon solüsyonlarının hacmi, smear tabakasının kaldırılmasını etkileyen bir diğer önemli faktördür[118]. EDTA ve etidronik asitin apikaldeki smear tabakasının kaldırılması üzerindeki etkilerini değerlendiren bir çalışmada 2.5 mL solüsyon kullanılmıştır[18]. Bu çalışmada da standardizasyonu sağlamak amacıyla tüm şelasyon ajanlarının hacmi 2.5 mL olarak kullanılmıştır.

Apikal kök kanal anatomisinin tübüler yoğunluk ve boyut açısından değişkenlik göstermeleri ve lateral kanalların varlığı[139] nedeniyle, dolgu maddelerinin bu alana penetrasyonunun araştırılması özellikle önemlidir.

Kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği çalışmalarda genellikle kökün apikalinden ve koronalinden kesitler alınarak incelenmekte ve karşılaştırılmaktadır[28, 30, 140]. Bu nedenle bu çalışmada kesitler 1 ve 5 mm'den alınmıştır.

Kök kanal tedavisinde kanal patlarının dentin tübüllerine etkili bir şekilde nüfuz etmesi materyal seçimini etkileyen faktörlerden biridir[6].

Kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu, smear tabakasının kaldırılması, dentinin geçirgenliği ve dolum tekniği gibi birçok faktörden etkilenmektedir [5, 8, 88].

Kanal patlarının partikül boyutu ve akışkanlığı gibi fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri, patın yüzey aktivitesi ve dentin ile olan temas açısının da tübül penetrasyonunda etkili olduğu bilinmektedir[6, 7, 118].

Kanal patlarının akışkanlığı, patın kök kanal sistemindeki dentin tübüllerine, lateral kanallara ve düzensiz alanlara penetre olabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Partikül boyutu, yoğunluğu ve sıcaklığı kanal patlarının akışkanlığını belirlemektedir[58, 141].

Kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu, smear tabakasının kaldırılmasında gösterge olarak kullanılabilir[99]. Eğer smear tabakası dentin tübüllerini tıkamış ise, kanal patı derinlere nüfuz edememektedir[142].

Kanal patlarının antibakteriyel aktivitesi ile tübüllerin içerisindeki rezidüel bakteriler üzerinde etkili olarak tekrar enfeksiyon oluşumunu önleyebileceği belirtilmektedir. Ayrıca, kanal patlarının tübüllerin içindeki mekanik kilitlemesinin, materyalin retansiyonunu arttırdığı ileri sürülmüştür[4, 5, 143].

Son yıllarda kanal dolgu patlarındaki önemli gelişmelerden birisi de kalsiyum silikat içerikli materyallerdir. Ancak orijinal MTA bazlı ürünlerin kök kanalına uygulanmasındaki zorluklar ve nispeten büyük partiküllere sahip olması kanal patları için ihtiyaç duyulan düşük film kalınlığının elde edilmesini önlemiştir[20]. Ayrıca biyoseramik formülasyonları özellikle klinik kullanımlarda önemli değişikliklere neden olmuştur[75].

Orijinal MTA ürünlerinin kullanımındaki bir diğer sorun da çevresel değişikliklerin yani EDTA gibi asitlere maruz kalan materyalin sertleşmesi ve hidrasyonu üzerindeki olumsuz etkileridir. Bunlara ek olarak özellikle NaOCl ile temasında renklenmeye sebep olan bizmut oksit içermektedir[124].

Trikalsiyum silikat kök kanal dolgu materyallerinin bu dezavantajlarını ortadan kaldırmak amacıyla günümüzde yeni bir kök kanal dolgu materyali olan NeoMTA Plus® üretilmiştir.

NeoMTA Plus®, radyopak ajan olarak Tantalyum oksit içeren ve su bazlı bir jel ile karıştırılan son derece ince bir toz yapısına sahip (partiküllerin %50'si 1 µm'den daha incedir) bir trikalsiyum silikat kök kanal dolgu materyaldir[73, 144].

MTA bazlı materyallerde bulunan bir radyopak ajan olan bizmut oksit, kalsiyum silikatların hidrasyon işlemlerinde ve özellikle sodyum hipoklorit ile temasında renk bozulmasında önemli bir rol oynamaktadır[21]. NeoMTA Plus® renklenmeyi önlemek amacıyla radyopak ajan olarak tantalyum oksit içermektedir. Bu özelliklerinden dolayı çalışmada NeoMTA Plus® kök kanal patı kullanılmıştır.

Endodontide geniş bir kullanım alanı olan diğer bir kanal patı da epoksi rezin içerikli bir kanal patı olan AH Plus®'dir. Uzun dönem boyutsal stabilitesinin yüksek olması, çözünürlüğünün düşük olması, apikal adaptasyonunun iyi olması, düşük toksisite ve mikro retansiyonunun iyi olması nedeniyle altın standart olarak kabul edilen ve endodonti araştırmalarında sıklıkla kullanılan bir kanal patıdır[25, 145]. Bu nedenle bu çalışmada da NeoMTA Plus®'ın tübül penetrasyonu AH Plus® ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Kök kanal dolgusunda sıklıkla kanal patı ve guta-perka kombinasyonu kullanılmaktadır[83]. Kök kanal tedavisinin başarısını arttırmak ve 3 boyutlu bir kök kanal dolumu sağlayabilmek için birçok farklı kök kanal dolum tekniği geliştirilmiş ve bunların etkinliklerini karşılaştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır[8, 23, 24, 26, 27, 30, 146].

Son yıllarda endodontik cihazlardaki teknolojik gelişmeler sayesinde, tek kon dolum tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır[107]. Basit ve kolay uygulanabilir olması, zaman tasarrufu sağlaması, biyomekanik preparasyon ile elde edilen final kanal şekline uyum sağlaması, dikey ya da lateral kuvvetler uygulanmadığından dişlerde kırık oluşma riskini azaltması, ısı uygulanmadığından periodontal membran ve alveol kemiğinde hasar oluşturmaması tek kon tekniğinin avantajlarındandır[25, 27, 147].

Yapılan çalışmalarda tek kon tekniği basınç gerektiren bir teknik olmadığı için genellikle trikalsiyum esaslı kanal patları ile kullanılması önerilmektedir[24, 26, 70, 146]. Trikalsiyum silikat bazlı kanal patları mükemmel akışkanlık ve boyutsal stabilite göstermeleri nedeni ile intrakanal basınç olmaksızın dentin tübüllerine penetre olabilmektedir[24]. Bu nedenle bu çalışmada tek kon tekniği kullanılmıştır.

Jeong ve arkadaşları[26] farklı dolum tekniklerinin kalsiyum silikat bazlı kanal patlarının tübül penetrasyonuna etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında trikalsiyum silikat esaslı kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunun dolum tekniğinden bağımsız olduğunu belirtmişlerdir. Buna ek olarak kalsiyum silikat bazlı kanal patlarının boyutsal stabiliteleri ve akışkanlıkları nedeniyle tek kon tekniği ile uygulandığında yeterli bir kök kanalı tıkaması elde edilebileceği belirtilmektedir.

Apikal kök kanal anatomisinin tübüler yoğunluk ve boyut açısından değişkenlik göstermeleri ve lateral kanalların varlığı[139] nedeniyle, dolgu maddelerinin bu alana penetrasyonunun araştırılması özellikle önemlidir. Kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunun değerlendirildiği çalışmalarda genellikle kökün apikalinden ve koronalinden kesitler alınarak incelenmekte ve karşılaştırılmaktadır[28, 30, 140]. Bu nedenle bu çalışmada kesitler 1 ve 5 mm'den alınmıştır.

Kök kanallarına kalsiyum silikat bazlı materyaller uygulandığında dentin içerisinde hidroksiapatitin rekristalizasyonu sonucunda bir hibrit bölge oluşur ve bu bölge Mineral İnfiltrasyon Bölgesi (MIZ) olarak adlandırılır. Bu bölgede kalsiyum silikat simanların alkali etkisi, interfasyal dentinin kollegen komponentini denatüre etmektedir. Bunun da kollegen yapıda pöröz bir yapı oluşturarak, Ca^{+2} , OH^- , and CO_3^{-2} iyonlarının yüksek konsantrasyonda yayılımı ile bu bölgede mineralizasyon artışına neden olduğu belirtilmektedir. Ancak MIZ tabakasının endodontik tedaviye negatif yada pozitif etkisi henüz belirlenememiştir[26, 65, 148].

Bu çalışmadaki bazı örneklerde de önceki çalışmalara benzer şekilde mineral infiltrasyon bölgeleri görüntülenmiştir. Daha önceki çalışmada belirtildiği gibi[148] bu çalışmadaki görüntüler, dentin dokusu ile kalsiyum silikat esaslı kanal patı arasında dinamik etkileşimlere izin vermek amacıyla kanal dolgusundan 14 gün sonra alınmıştır.

Kök kanal dolgu patlarının dentin tübül penetrasyonu, taramalı elektron mikroskobu (SEM) [4, 6, 9, 88, 149-151] , ışık mikroskobu [8, 86] ve lazer taramalı konfokal mikroskop [26-28, 30, 31, 33, 34, 97, 152] gibi çeşitli yöntemlerle incelenmiştir. Bu yöntemlerin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Elektron mikroskobu, ışık mikroskobundan çok daha yüksek bir çözünürlük sunar. Ancak düşük büyütmede ayrıntılı bir genel görüntünün elde edilememesi, analiz için numunelerin hazırlanmasında artefakt oluşma potansiyeli ve hazırlık işlemlerinin materyal kaybına neden olması gibi dezavantajları vardır[6, 8].

CLSM'de incelenen numuneler artefakt meydana getirebilecek herhangi bir işleme tabi tutulmaz ve örnekler normal çevre koşullarında görüntülenebilmektedir[85]. Kanal patlarına fluoresan Rhodamine B eklendiğinde, kanal patlarının dentin tübüllerindeki mevcudiyeti ve dağılımı hakkında CLSM ile ayrıntılı bir görüntü elde edilebilmektedir[27]. Bu nedenle bu çalışmada CLSM kullanılmıştır.

Gharib ve arkadaşları[153], tübül penetrasyonunu değerlendirecekleri kanal patına değişen miktarlarda Rhodamine B boyası eklemiş ve test etmişlerdir. %0.1'den büyük konsantrasyonların, örnekleri görüntülemeyi zorlaştıran aşırı fluoresan görüntülere neden olduğunu belirtmişlerdir. Rhodamin B'nin %0.1 oranında karıştırılması ile patların özelliklerinde herhangi bir değişime sebep olmadan en uygun görüntüleme sağlandığını bildirmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada da hassas terazi yardımı ile kanal patına %0.1 oranında Rhodamin B ilave edilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde,

Penetrasyon derinliği analizlerinin karşılaştırılması

1 mm'deki dentin tübül penetrasyon derinliği değerlendirildiğinde, etidronik asit uygulanan gruplarda hem AH Plus®, hem de NeoMTA Plus® kök kanal patları daha yüksek penetrasyon derinliği göstermiştir. Ancak AH Plus® etidronik asit varlığında istatistiksel olarak da anlamlılık göstermiştir.

Solüsyonların smear tabakasını kaldırma üzerindeki etkilerine göre, etidronik asit apikal üçlüdeki smear tabakası üzerinde daha etkili olmuştur. Bu bulgu etidronik asit ve EDTA'nın smear tabakasını kaldırma etkinliğini değerlendiren çalışmalar ile uyumludur ve bu durum etidronik asitin EDTA'ya göre daha düşük yüzey gerilimine sahip olması nedeniyle kök kanallarına daha iyi difüzyon göstermesine dayandırılmaktadır [18, 154, 155].

İrrigasyon solüsyonlarının yüzey gerilimi ve vizkozitesi, solüsyonların dentin yüzeyini ıslatabilirliğini, akışkanlığını ve penetrasyon derinliğini etkileyen en önemli iki faktör olarak belirtilmiştir[156, 157].

EDTA'nın apikal üçlüde etkinliğinin az olması apikal üçlüdeki dentinin skleroze yapıya sahip olmasına bağlanmıştır[158-161].

Nötr pH'a sahip olan EDTA'nın, dentinin mineral ve kollajen olmayan protein bileşenini (NCP) azalttığı belirtilmektedir. Bu durum EDTA'nın sadece kalsiyum iyonlarını değil, NCP'lere bağlı kalsiyumları da uzaklaştırdığını göstermektedir. Dolayısıyla kök kanal sisteminin apikal üçte birinde NCP'lerin içeriği azaldığından, EDTA'nın bu kısımda oluşturduğu dekalsifikasyon derecesi de düşük olacaktır[42].

Kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunu etkileyen diğer bir faktör fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Genel olarak, NeoMTA Plus® tüm irrigasyon solüsyonu gruplarında istatistiksel olmasa da AH Plus®'tan daha yüksek penetrasyon derinliği göstermiştir. Bu durum NeoMTA Plus®'ın fiziksel özelliği ile ilişkili olabilmektedir. NeoMTA Plus® gibi trikalsiyum silikat esaslı kanal patları, küçük partikül boyutuna ve yüksek akışkanlığa sahip olması nedeniyle daha yüksek penetrasyon derinliği göstermiştir[26, 27].

Her iki kök kanal patı 1mm'de etidronik asit varlığında yüksek penetrasyon derinliği değeri gösterirken, AH Plus®'ın etidronik asit varlığında istatistiksel olarak anlamlılık göstermesi, etidronik asitin apikal bölgede daha iyi smear kaldırmasına bağlanmaktadır. NeoMTA Plus® ise zaten akışkan özelliği nedeniyle penetre olmuştur. Bu da patların fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Kök kanal dolgu tekniklerinde kullanılacak kök kanal patının seçiminde fiziksel ve kimyasal özellikleri önemli taşımaktadır[23].NeoMTA Plus® gibi hidrolik yapıdaki trikalsiyum silikat esaslı kanal patları, ısı ve intrakanal basınç gerektirmeyen dolgu teknikleri ile kullanılabilir. Dolayısıyla bu patlarla tek kon tekniği tercih edilmektedir[26, 28].

McMichael ve arkadaşları[30], trikalsiyum silikat esaslı kanal patlarının tübül penetrasyonunu inceledikleri çalışmalarında, tek kon tekniği ile uygulanan NeoMTA Plus®'ın 1 mm'de en yüksek penetrasyon derinliği değeri gösterdiğini bildirmişlerdir.

Türker ve arkadaşları[32], tek kon tekniği ile uygulanan BioRoot RCS, MTA Plus ve AH 26 kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyon derinliğini değerlendirmişler ve MTA Plus'ın penetrasyon derinliğinin, BioRoot RCS ve AH 26'ya kıyasla anlamlı derecede daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kök kanallarının irrigasyonu sonrasında kağıt konlarla kurulama yapılsa bile kanalın en dar kısmı olan apikal bölgede bir miktar nem kalabilmektedir[162]. Gibby ve arkadaşları[162], kök kanalında kalan rezidüel nemin epoksi rezin bazlı kanal patının tübül penetrasyonu üzerindeki etkisini değerlendirmişler ve bu nemin özellikle kanalın apikal bölgesinde kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunu önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, NeoMTA Plus®'ın 1 mm'de daha iyi tübül penetrasyonu göstermesi dolayısı ile nemden etkilenmemesi onun hidrofilik yapısından kaynaklanmaktadır.

Kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonu üzerinde kullanılan irrigasyon tekniğinin de önemli olduğu vurgulanmıştır. Konvansiyonel iğne ile irrigasyon yaygın kullanılan bir tekniktir çünkü bu teknikte penetrasyon derinliği ve verilen irrigasyon hacminin kontrolü kolay sağlanmaktadır[163, 164].

Ancak konvansiyonel iğne ile yapılan irrigasyonda, solüsyonların kanalın apikal bölgesine ulaşması ve smear tabakasını kaldırması yetersiz olabilmektedir[103]. Bu nedenle dentin tübülleri tam olarak açılmadığından daha küçük partikül boyutuna sahip ve dolayısıyla da daha yüksek akışkanlık özelliği gösteren NeoMTA Plus® kanal patı tübüllere AH Plus®'dan daha iyi penetre olabilir.

Silva ve arkadaşları[165] MTA Fillapex'in özelliklerini AH Plus ile karşılaştırmalı olarak değerlendirdikleri bir çalışmada, MTA Fillapex'in daha yüksek akıcılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Kanal patlarının partikül boyutu akıcılık özelliğini belirleyen bir faktör olduğundan, bu aradaki farklılığın patların farklı içeriklerinden meydana gelebileceğini belirtmişlerdir. MTA'nın daha fazla akıcılık göstermesi nedeniyle kök kanal ramifikasyonlarına ve düzensizliklerine AH Plus'dan daha iyi penetre olabileceğini bildirmişlerdir. Materyalin dentin tübüllerine nüfuz edebilmesi için partikül boyutunun tübül çapından (0.9-2.5 µm) küçük olması gerekmektedir[151].

NeoMTA Plus® kanal patı küçük partikül boyutuna ($<1 \mu\text{m}$) sahip olduğundan dentin tübüllerine daha iyi penetre olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmalarda belirtilen bulgular bizim çalışmamızla uyumludur.

5 mm'deki penetrasyon derinliği değerlendirildiğinde, AH Plus® ve NeoMTA Plus® kök kanal patları etidronik asit ve EDTA uygulanan gruplarda benzer penetrasyon derinliği göstermiştir.

Kök kanalının apikalinde etidronik asit smear tabakasının kaldırılmasında daha etkili olurken, koronal bölgede tübüllerin geniş olması, irrigasyon solüsyonlarının bu bölgeye daha kolay ulaşabilmesi ve şelasyon ajanlarının bu bölgede daha etkili olması nedeniyle hem EDTA hem de etidronik asit smear tabakası üzerinde benzer etki göstermektedir[18, 29, 155, 166].

AH Plus® kök kanal patı diğer gruplarda, salin grubuna kıyasla daha yüksek penetrasyon derinliği gösterirken, NeoMTA Plus® kök kanal patının salin uygulanan gruplarda dahi farklılık göstermemesi, küçük partikül boyutuna ve akışkan kıvama sahip olmasına bağlanabilir.

Bu çalışmada hem NeoMTA Plus® hem de AH Plus® kök kanal patları 5 mm seviyesinde 1 mm seviyesine kıyasla daha yüksek penetrasyon derinliği göstermiştir.

Kök kanal patları ve dolgu tekniklerinin değerlendirildiği çalışmalarda, kök kanalının koronalinden apikale doğru azalan penetrasyon derinlikleri belirtilmektedir[8, 29, 31, 86, 167, 168]. Bu durumun koronal bölgede daha fazla dentin tübülü bulunması ve koronal bölgedeki tübüllerin çaplarının apikal bölgedekinden daha büyük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir[169].

Dentin tübüllerinin çapları kanal duvarından sementte doğru azaldığından apikal bölgede kanal patlarının dentine penetrasyonu düşük olabilmektedir[169].

Irrigasyon solüsyonlarının apikal kısma ulaşmasındaki zorluklar nedeniyle kök kanallarının koronal üçlüdeki smear tabakasının apikal üçlüdeki kısma göre daha iyi kaldırılabilmesi belirtilmektedir[29].

Apikal bölgede dentin tübüllerinde yaşın ilerlemesi ile meydana gelen sklerozis nedeniyle de bu bölgelere kanal patlarının penetre olamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir[170].

Penetrasyon yüzdelerinin karşılaştırılması

1 mm'deki penetrasyon yüzdesi analizinde, NeoMTA Plus® kök kanal patı genel olarak her grup için AH Plus® kök kanal patından daha yüksek penetrasyon yüzdesi değerleri göstermiştir. NeoMTA Plus® patı kanal çevresi boyunca daha fazla yayılmış ve bu nedenle de daha yüksek penetrasyon yüzdesi göstermiş olabileceği düşünülmektedir.

Kalsiyum silikat simanlar ve dentin yüzeyi arasında, mineral infiltrasyon bölgesi olarak adlandırılan, dentin tübülü içerisindeki kanal patı ile mikromekanik kilitleme sağlayan kimyasal bir bağ olduğu bildirilmiştir[26, 65].

Kalsiyum silikat bazlı kanal patlarının dentin yüzeyi ile bu etkileşimi nedeniyle kök kanal duvarına adezyonu, kovalent bağlar vasıtasıyla kök kanal duvarına bağlanan epoksi rezin bazlı kanal patlarından daha iyi olduğu düşünülmektedir[32].

Akçay ve arkadaşları [33], farklı final irrigasyon prosedürlerinden sonra uygulanan AH Plus, iRoot SP, MTA Fillapex ve GuttaFlow Bioseal kök kanal patlarının dentin tübül penetrasyonunu değerlendirdikleri çalışmalarında trikalsiyum silikat esaslı iRoot SP grubu, diğer gruplardan önemli ölçüde daha yüksek bir penetrasyon alanı göstermiştir. Yazarlar bu durumun iRoot SP kök kanal patının küçük partikül boyutuna sahip olması ve dolayısıyla dentin tübüllerine daha kolay akmasının yanı sıra sertleşme reaksiyonunu başlatmak ve tamamlamak için dentin tübüllerindeki nemi kullanan kalsiyum silikat bileşeninden dolayı sertleşme esnasında büzülme göstermemesine ve sertleşme süresi boyunca %0,2 genleşme göstermesinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Ancak hem NeoMTA Plus® hem de AH Plus® kök kanal patı EDTA uygulandığında etidronik asite göre daha yüksek tübül penetrasyon yüzdesi göstermiştir.

Kök ve arkadaşları[171], MTA Fillapex ve AH Plus kök kanal patlarının penetrasyon yüzdesini değerlendirdikleri çalışmalarında EDTA uygulanmayan kontrol grubunda smear tabakasının varlığı nedeniyle kanal patlarının tübül penetrasyonu göstermediğini bildirmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada %17 EDTA solüsyonu uygulandığında; apikal üçldeki yüzeyel smear tabakasının kaldırılmasına rağmen dentin tübüllerinin orta miktarda debris içerdiği ancak

koronal ve orta üçlüdeki kök kanal yüzeyi ve dentin tübüllerinin ise smear tabakası içermediği belirtilmektedir[166].

Penetrasyon yüzdesi analizi için yüzeyel smear tabakasının kaldırılması yeterli olabilirken, penetrasyon derinliği için irrigasyon solüsyonunun dentin tübüllerine ne kadar girebildiği ve tübüllerin içerisindeki smear tabakasını ne kadar uzaklaştırabildiği önemlidir. Bu nedenle 1 mm'deki penetrasyon derinliği analizinde etidronik asit daha etkili iken, penetrasyon yüzdesi analizinde EDTA daha etkili olmaktadır.

5 mm'deki penetrasyon yüzdesi analizinde, NeoMTA Plus® kök kanal patı istatistiksel olmasa da EDTA uygulanan grupta AH Plus®'tan daha yüksek değerler göstermiştir. Etidronik asit varlığında ise benzer değerler göstermiştir.

Hachem ve arkadaşları[28] tek kon tekniği ile uygulanan AH Plus, BC Sealer ve yeni trikalsiyum silikat kanal patının tübül penetrasyonunu CLSM ile değerlendirmişler ve çalışmalarında 5 mm'de AH Plus'ın daha düşük penetrasyon derinliği gösterdiğini, BC Sealer ve trikalsiyum silikat kanal patının AH Plus'a göre daha iyi dentin tübül penetrasyon sonuçları gösterdiğini belirtmişlerdir. BC sealer ve trikalsiyum kanal patının daha kk partikül boyutuna sahip olmasından dolayı daha derin penetre olabileceğini söylemişlerdir.

Bizim alışmamızda da NeoMTA Plus® kanal patının daha kk partikül boyutuna ve akışkan kıvama sahip olması nedeniyle dentin tübüllerine daha iyi penetre olabildiği düşünülmektedir.

Yıldırım ve arkadaşları[135] dentin ve MTA arasında bir bağlayıcı ajan olarak etki eden smear tabakasının neden olduğu nemli ortamın, MTA'nın kök kanal duvarına adaptasyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabildiğini belirtmişlerdir. Hidrofilik yapıya sahip olan NeoMTA Plus® ile dolum yapılan grupların smear tabakası varlığında dahi iyi bir tübül penetrasyonu göstermesinin buna bağlı olabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızın bulguları bu çalışmalar ile uyumludur.

şelasyon ajanların etkisi sadece smear tabakası ile sınırlı değildir, aynı zamanda dentin duvarlarını da etkilemekte ve mevcut Ca: P oranını değiştirebilmektedir[19, 172]. Ayrıca, kollajen liflerini açığa çıkarmakta ve dentinin sertliğini azaltmaktadır[173].

Bu değişikliklerin biyomineralizasyon işlemleri için dentin içinde bulunan kalsiyum iyonlarını kullanan kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının adezyonunu etkileyebileceği düşünölmüş ancak yapılan çalışmalarda farklı şelasyon ajanları ile smear tabakasının kaldırılmasından sonra kök dentini ile kanal patlarının bağlanma dayanımı arasında bir fark olmadığı belirtilmiştir[132, 172].

Neelakantan ve ark[129], final irrigasyon solösyonlarının MTA Plus'ın bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini incelemişler ve final irrigasyon solösyonu olarak EDTA kullanılan grupta daha düşük bağlanma dayanımı olduğunu bildirmişlerdir. Final irrigasyon solösyonu olarak NaOCl-etidronik asit solösyonu kullanıldığında ise bağlanma dayanımının arttığı belirtilmiştir. Bu durumun etidronik asidin, kalsiyum silikat simanların hidrasyon özelliklerini olumsuz etkilememesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Dentin tüböl penetrasyon değerlendirmesinde penetrasyon yüzdesi, sadece kanal duvarı çevresindeki tübülleri dolduran materyalin yüzdesi hesaplanarak belirlenmektedir. Burada tübölü dolduran dolgu materyalin kanal duvarından periferine doğru olan derinliği hesaba katılmamaktadır. Dolayısıyla kök kanal irrigasyonunda kullanılan şelatör ajan kanal duvarına yakın alanlarda daha etkili olduğu için kullanılan patlar kök kanal duvarına yakın bölgelerde daha yüksek oranda penetre olabilmektedir[138].

Dentin tübüllerinin derinliği değerlendirildiğinde, tübüllerin perifer yönde sayı ve çaplarının azalması nedeniyle penetrasyon derinliği hesaplandığında elde edilen değerler yüzdenin aksine düşük olabilmektedir. Çünkü EDTA'nın bu bölgelerdeki etkinliği azalmaktadır. Bu nedenle gruplar arasında maksimum tüböl penetrasyonu ve penetrasyon yüzdesi arasında farklılıklar olabilmektedir.

Bu çalışma koşulları altında, iki farklı kök kanal patı olan NeoMTA Plus® ve AH Plus®'ın EDTA ve etidronik asit varlığında dentin tüböl penetrasyonu CLSM görüntöleme yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Buna göre, NeoMTA Plus® akışkanlığı ve küçük partiköl boyutuna sahip olması nedeniyle dentin tübüllerine daha iyi penetrasyon göstermiştir. Bu özelliğine ilaveten zayıf asit içermesine rağmen etidronik asitin özellikle apikal bölgede etkin olması ve NaOCl ile uyumlu olması gibi özellikleri nedeniyle etidronik asit ile kullanımı da dentin tüböl penetrasyonunu olumlu etkilemiştir. Dolayısıyla NeoMTA Plus® kök kanal patı, AH Plus® kök

kanal patına bir alternatif olarak değ erlendirilebilir. Bu g r    destekleyecek daha fazla  alı maların yapılması konuyu daha da geli tirecektir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Çalışmada NeoMTA Plus® ve AH Plus® kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonu, EDTA ve etidronik asit şelasyon ajanlarının smear tabakasını kaldırma etkisine bağlı olarak değerlendirilmiştir.
2. Çalışmada 1 mm'deki penetrasyon derinliği analizinde NeoMTA Plus® istatistiksel olarak anlamlı olmasa da, etidronik asit uygulanan gruplarda, EDTA ve salin uygulanan gruplara göre daha yüksek penetrasyon derinliği göstermiştir.
3. Çalışmada 5 mm'deki penetrasyon derinliği analizinde etidronik asit ve EDTA uygulanan gruplarda AH Plus® ve NeoMTA Plus® kök kanal patları benzer penetrasyon derinliği göstermiştir.
4. Çalışmada 1 mm'deki penetrasyon yüzdesi analizinde, NeoMTA Plus® istatistiksel olarak anlamlı olmasa da her solüsyon için AH Plus®'tan daha yüksek penetrasyon yüzdesi değerleri göstermiştir.
5. Çalışmada 5 mm'deki penetrasyon yüzdesi analizinde, AH Plus® ve NeoMTA Plus® kök kanal patları benzer penetrasyon yüzdesi göstermiştir.
6. Kök kanal patlarının apikal bölgede dentin tübül penetrasyonu her zaman önem taşımaktadır. Bu çalışmada da etidronik asit uygulandığında apikal bölgede daha iyi tübül penetrasyonu gözlemlenmiştir. Bu nedenle çalışmamızın verilerine göre trikalsiyum silikat esaslı pat olan NeoMTA Plus® ile etidronik asitin uyumu iyi sonuçlar vermiştir.
7. Çalışmada trikalsiyum silikat esaslı NeoMTA Plus® epoksi rezin bazlı AH Plus®'dan daha iyi penetrasyon derinliği göstermiştir. Bu durumun NeoMTA Plus®'ın hidrofilik yapısı, küçük partikül boyutuna ve akışkan kıvama sahip olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

8. K    k partik  l boyutuna ve akışkan kıvama sahip olan NeoMTA Plus® intrakanal basın   uygulanmadan k  k kanallarına penetre olabilmektedir. Bu bulgu klinik olarak   nemlidir,   zellikle aşırı basıncın kırıklara neden olabileceği zayıf k  klerde trikalsiyum silikat bazlı kanal patları tek kon tekniği ile uygulanması daha doğru bir yaklaşım olabilir.



KAYNAKLAR

1. Vertucci, F.J., Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology*, 1984. 58(5): p. 589-599.
2. Limkangwalmongkol, S., et al., A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 1991. 17(10): p. 495-499.
3. Oguntebi, B.R. and C. Shen, Effect of different sealers on thermoplasticized gutta-percha root canal obturations. *Journal of Endodontics*, 1992. 18(8): p. 363-366.
4. Kokkas, A.B., et al., The influence of the smear layer on dentinal tubule penetration depth by three different root canal sealers: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 2004. 30(2): p. 100-2.
5. White, R.R., M. Goldman, and P.S. Lin, The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*, 1984. 10(12): p. 558-562.
6. Mamootil, K. and H.H. Messer, Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International Endodontic Journal*, 2007. 40(11): p. 873-81.
7. Okşan, T., et al., The penetration of root canal sealers into dentinai tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 1993. 26(5): p. 301-305.
8. De Deus, G.A., et al., The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Australian Endodontic Journal*, 2004. 30(1): p. 23-28.
9. Kouvas, V., et al., Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Dental Traumatology*, 1998. 14(4): p. 191-195.
10. McComb, D. and D.C. Smith, A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, 1975. 1(7): p. 238-242.
11. Bayram, H.M., et al., Effect of different chelating solutions on the push-out bond strength of various root canal sealers. *Biomedical Research (India)*, 2017. 28.
12. Prado, M., R.A. Simao, and B.P.F.d.A. Gomes, A microleakage study of gutta-percha/AH Plus and Resilon/Real self-etch systems after different irrigation protocols. *Journal of Applied Oral Science*, 2014. 22(3): p. 174-179.
13. Teixeira, C., M. Felipe, and W. Felipe, The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(5): p. 285-290.
14. Calt, S. and A. Serper, Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics*, 2002. 28(1): p. 17-19.
15. Grawehr, M., et al., Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *International Endodontic Journal*, 2003. 36(6): p. 411-415.
16. Zehnder, M., et al., Chelation in root canal therapy reconsidered. *Journal of Endodontics*, 2005. 31(11): p. 817-820.
17. De-Deus, G., et al., Longitudinal co-site optical microscopy study on the chelating ability of etidronate and EDTA using a comparative single-tooth model. *Journal of Endodontics*, 2008. 34(1): p. 71-75.
18. Ulusoy, O.I., S. Zeyrek, and B. Celik, Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic,

- peracetic, and etidronic acids with different concentrations. *Microscopy Research and Technique*, 2017. 80(7): p. 687-692.
19. Lottanti, S., et al., Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *International Endodontic Journal*, 2009. 42(4): p. 335-343.
 20. Soheilipour, E., et al., Particle size of a new endodontic cement compared to Root MTA and calcium hydroxide. *Iranian Endodontic Journal*, 2009. 4(3): p. 112.
 21. Siboni, F., et al., Properties of NeoMTA Plus and MTA Plus cements for endodontics. *International Endodontic Journal*, 2017. 50 Suppl 2: p. e83-e94.
 22. Viapiana, R., et al., Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *International Endodontic Journal*, 2016. 49(8): p. 774-782.
 23. Camilleri, J., Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 2015. 41(1): p. 72-8.
 24. DeLong, C., J. He, and K.F. Woodmansey, The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *Journal of Endodontics*, 2015. 41(3): p. 385-388.
 25. Viapiana, R., et al., Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *International Endodontic Journal*, 2015. 48(1): p. 16-27.
 26. Jeong, J.W., et al., Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *Journal of Endodontics*, 2017. 43(4): p. 633-637.
 27. Wang, Y., S. Liu, and Y. Dong, In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. *PLoS One*, 2018. 13(2): p. e0192248.
 28. El Hachem, R., et al., Dentinal tubule penetration of AH Plus, BC Sealer and a novel tricalcium silicate sealer: a confocal laser scanning microscopy study. *Clinical Oral Investigations*, 2019. 23(4): p. 1871-1876.
 29. Kara Tuncer, A. and S. Tuncer, Effect of different final irrigation solutions on dentinal tubule penetration depth and percentage of root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(6): p. 860-3.
 30. McMichael, G.E., C.M. Primus, and L.A. Opperman, Dentinal Tubule Penetration of Tricalcium Silicate Sealers. *Journal of Endodontics*, 2016. 42(4): p. 632-6.
 31. Ordinola-Zapata, R., et al., Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 2009. 108(3): p. 450-7.
 32. Türker, S.A., E. Uzunoğlu, and N. Purali, Evaluation of dentinal tubule penetration depth and push-out bond strength of AH 26, BioRoot RCS, and MTA Plus root canal sealers in presence or absence of smear layer. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 2018. 12(4): p. 294.
 33. Akcay, M., et al., Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers in Surgery Medicine*, 2016. 48(1): p. 70-76.
 34. Chandra, S.S., P. Shankar, and R. Indira, Depth of penetration of four resin sealers into radicular dentinal tubules: a confocal microscopic study. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(10): p. 1412-6.

35. Kara Tuncer, A., S. Tuncer, and S.S. Gökyay, 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 Technology*, 2014. 28(7): p. 702-710.
36. Chandler, N.P., Kök Kanal Dolgusu, in Harty Klinik Uygulamada Endodonti, 7. baskı, B.S. Chong, Editor. 2017, Elsevier: Ankara. p. 151-178.
37. Haapasalo, M., et al., Irrigation in endodontics. *British Dental Journal*, 2014. 216(6): p. 299-303.
38. Basrani, B. and M. Haapasalo, Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, 2012. 27(1): p. 74-102.
39. Zehnder, M., Root canal irrigants. *Journal of endodontics*, 2006. 32(5): p. 389-398.
40. Estrela, C., et al., Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 2002. 13(2): p. 113-117.
41. Violich, D. and N. Chandler, The smear layer in endodontics—a review. *International Endodontic Journal*, 2010. 43(1): p. 2-15.
42. Hülsmann, M., M. Heckendorff, and A. Lennon, Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal*, 2003. 36(12): p. 810-830.
43. Goldman, M., et al., New method of irrigation during endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 1976. 2(9): p. 257-260.
44. Qian, W., Y. Shen, and M. Haapasalo, Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *Journal of Endodontics*, 2011. 37(10): p. 1437-1441.
45. Ulusoy, Ö.İ.A., Y.N. Paltun, and N. Ulusoy, Etilendiamin tetraasetik asit ve etidronik asitin Biodentine yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi: in vitro. *Acta Odontologica Turcica*, 2017. 34(1).
46. Sen, B.H., B.G. Akdeniz, and A.A. Denizci, The effect of ethylenediamine-tetraacetic acid on *Candida albicans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 2000. 90(5): p. 651-655.
47. Ates, M., B.G. Akdeniz, and B.H. Sen, The effect of calcium chelating or binding agents on *Candida albicans*. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*, 2005. 100(5): p. 626-630.
48. Haapasalo, M., et al., Irrigation in endodontics. *Dental Clinics*, 2010. 54(2): p. 291-312.
49. Rasimick, B.J., et al., Interaction between chlorhexidine digluconate and EDTA. *Journal of Endodontics*, 2008. 34(12): p. 1521-1523.
50. Paqué, F., D.-K. Rechenberg, and M. Zehnder, Reduction of hard-tissue debris accumulation during rotary root canal instrumentation by etidronic acid in a sodium hypochlorite irrigant. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(5): p. 692-695.
51. Arias-Moliz, M.T., et al., Antimicrobial activity of a sodium hypochlorite/etidronic acid irrigant solution. *Journal of Endodontics*, 2014. 40(12): p. 1999-2002.
52. Russell, R. and M. Rogers, Bisphosphonates: from the laboratory to the clinic and back again. *Bone*, 1999. 25(1): p. 97-106.
53. De-Deus, G., et al., Soft chelating irrigation protocol optimizes bonding quality of Resilon/Epiphany root fillings. *Journal of Endodontics*, 2008. 34(6): p. 703-705.
54. Tomson, R.M., N. Polycarpou, and P. Tomson, Contemporary obturation of the root canal system. *British Dental Journal*, 2014. 216(6): p. 315.

55. Anthony, J., Gutta percha obturation techniques. *Journal Clinical Techniques In Small Animal Practice*, 2001. 16(3): p. 155-158.
56. Ørstavik, D., K. Kerekes, and H.M. Eriksen, Clinical performance of three endodontic sealers. *Dental Traumatology*, 1987. 3(4): p. 178-186.
57. Pameijer, C.H. and O. Zmener, Resin materials for root canal obturation. *Dental Clinics*, 2010. 54(2): p. 325-344.
58. Johnson, W., J.C. Kulild, and F. Tay, Obturation of the Cleaned and Shaped Root Canal System, in Cohen's Pathways of the Pulp, K.M. Hargreaves and L.H. Berman, Editors. 2016, Elsevier: St. Louis, MO,USA. p. 280-322.
59. Komabayashi, T., et al., Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dental Materials Journal*, 2020: p. 2019-288.
60. Camargo, R.V.d., et al., Evaluation of the physicochemical properties of silicone-and epoxy resin-based root canal sealers. *Brazilian Oral Research*, 2017. 31.
61. Alaçam, T., Endodonti. Vol. 1.Baskı. 2012, Ankara: Özyurt Matbaacılık.
62. Marin-Bauza, G.A., et al., Physicochemical properties of methacrylate resin-based root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 2010. 36(9): p. 1531-1536.
63. Marciano, M.A., et al., Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. *Journal of Endodontics*, 2011. 37(10): p. 1417-1421.
64. Veljović, D., et al., The effect of grain size on the biocompatibility, cell-materials interface, and mechanical properties of microwave-sintered bioceramics. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 2012. 100(11): p. 3059-3070.
65. Atmeh, A., et al., Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of Dental Research*, 2012. 91(5): p. 454-459.
66. Koch, K.A. and D. Brave, Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint. *Dentistry Today*, 2012. 31(1): p. 130.
67. Wang, Z., Bioceramic materials in endodontics. *Endodontic Topics*, 2015. 32(1): p. 3-30.
68. Camilleri, J. and T. Pitt Ford, Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(10): p. 747-754.
69. Reyes-Carmona, J.F., M.S. Felipe, and W.T. Felipe, Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. *Journal of Endodontics*, 2009. 35(5): p. 731-736.
70. Camilleri, J., Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials? *Current Oral Health Reports*, 2017. 4(3): p. 228-238.
71. Scarparo, R.K., et al., Mineral trioxide aggregate-based sealer: analysis of tissue reactions to a new endodontic material. *Journal of Endodontics*, 2010. 36(7): p. 1174-1178.
72. Camilleri, J., Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. *Journal of Endodontics*, 2009. 35(10): p. 1412-1417.
73. Chang, J.W.W., C. Praisarnti, and P. Neelakantan, Increasing Use of Bioceramics in Endodontics: A Narrative Review. *Oral Health*, 2017.
74. Camilleri, J., Staining potential of Neo MTA Plus, MTA Plus, and Biodentine used for pulpotomy procedures. *Journal of Endodontics*, 2015. 41(7): p. 1139-1145.
75. Biomed, A. NeoMTA Plus& Grey MTA Plus Instructions for use. 2019 [cited 2019 June]; Available from: https://avalonbiomed.com/wp-content/uploads/2019/02/Avalon_IFU-37-NeoMTA-and-Grey-MTA-Plus-Rev-0.pdf.

76. Prati, C. and M.G. Gandolfi, Calcium silicate bioactive cements: biological perspectives and clinical applications. *Dental materials*, 2015. 31(4): p. 351-370.
77. Ingle, J. and L. Bakland, Endodontics: Restoration of endodontically treated teeth (5th edn) BC Decker Inc Hamilton-London. 2002.
78. Ingle, J.I., A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology*, 1961. 14(1): p. 83-91.
79. Pereira, A.C., C.K. Nishiyama, and L. de Castro Pinto, Single-cone obturation technique: a literature review. *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 2012. 9(4): p. 442-447.
80. Zmener, O., C.H. Pameijer, and E. Macri, Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 2005. 31(5): p. 392-395.
81. Taşdemir, T., et al., Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 2009. 108(3): p. e129-e134.
82. Blum, J.-Y., S. Esber, and J.-P. Micallef, Analysis of forces developed during obturations. Comparison of three gutta-percha techniques. *Journal of Endodontics*, 1997. 23(5): p. 340-345.
83. Capar, I.D., et al., Effects of root canal preparation, various filling techniques and retreatment after filling on vertical root fracture and crack formation. *Dental Traumatology*, 2015. 31(4): p. 302-307.
84. Monticelli, F., et al., Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. *International Endodontic Journal*, 2007. 40(5): p. 374-385.
85. Van, B.M., et al., Microscopy investigations. Techniques, results, limitations. *American Journal of Dentistry*, 2000. 13(Spec No): p. 3D-18D.
86. Weis, M.V., P. Parashos, and H. Messer, Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International Endodontic Journal*, 2004. 37(10): p. 653-663.
87. McMullan, D., Scanning electron microscopy 1928–1965. *Scanning*, 1995. 17(3): p. 175-185.
88. Okşan, T., et al., The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 1993. 26(5): p. 301-305.
89. Brakenhoff, G., P. Blom, and P. Barends, Confocal scanning light microscopy with high aperture immersion lenses. *Journal of Microscopy*, 1979. 117(2): p. 219-232.
90. Van der Voort, H., et al., Design and use of a computer controlled confocal microscope for biological applications. *Scanning*, 1985. 7(2): p. 66-78.
91. Semwogerere, D. and E.R. Weeks, Confocal microscopy. *Encyclopedia of Biomaterials Biomedical Engineering*, 2005. 23: p. 1-10.
92. De-Deus, G., et al., Interfacial adaptation of the Epiphany self-adhesive sealer to root dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 2011. 111(3): p. 381-386.
93. Bitter, K., et al., Correlation of scanning electron and confocal laser scanning microscopic analyses for visualization of dentin/adhesive interfaces in the root canal. *Journal of Adhesive Dentistry*, 2009. 11(1).
94. Watson, T., Applications of confocal scanning optical microscopy to dentistry. *British Dental Journal*, 1991. 171(9): p. 287-291.

95. Chirayil, C.J., et al., Instrumental techniques for the characterization of nanoparticles, in *Thermal and Rheological Measurement Techniques for Nanomaterials Characterization*. 2017, Elsevier. p. 1-36.
96. García-Herraiz, A., et al., Applications of Confocal Laser Scanning Microscopy in Dentistry. Study of the changes of the post-extraction sites. *Current Microscopy Contributions to Advances in Science Technology*, 2012: p. 569-581.
97. Gharib, S.R., et al., A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *Journal of Endodontics*, 2007. 33(8): p. 957-61.
98. Generali, L., et al., Effect of Different Irrigation Systems on Sealer Penetration into Dentinal Tubules. *Journal of Endodontics*, 2017. 43(4): p. 652-656.
99. Bolles, J.A., et al., Comparison of Vibringe, EndoActivator, and needle irrigation on sealer penetration in extracted human teeth. *Journal of Endodontics*, 2013. 39(5): p. 708-11.
100. Tidmarsh, B.G., Acid-cleansed and resin-sealed root canals. *Journal of Endodontics*, 1978. 4(4): p. 117-121.
101. Wu, M.K. and P. Wesselink, Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*, 1993. 26(1): p. 37-43.
102. O'Connell, M.S., et al., A comparative study of smear layer removal using different salts of EDTA. *Journal of Endodontics*, 2000. 26(12): p. 739-743.
103. Blank-Gonçalves, L.M., et al., Qualitative analysis of the removal of the smear layer in the apical third of curved roots: conventional irrigation versus activation systems. *Journal of Endodontics*, 2011. 37(9): p. 1268-1271.
104. Aksel, H., et al., Effect of ultrasonic activation on dentinal tubule penetration of calcium silicate-based cements. *Microscopy Research and Technique*, 2019. 82(5): p. 624-629.
105. Tedesco, M., et al., Comparison of two observational methods, scanning electron and confocal laser scanning microscopies, in the adhesive interface analysis of endodontic sealers to root dentine. *Clinical Oral Investigations*, 2018. 22(6): p. 2353-2361.
106. Arikatla, S.K., et al., Interfacial adaptation and penetration depth of bioceramic endodontic sealers. *Journal of Conservative Dentistry*, 2018. 21(4): p. 373-377.
107. Macedo, L.M.D., et al., Influence of Root Canal Filling Techniques on Sealer Penetration and Bond Strength to Dentin. *Brazilian Dental Journal*, 2017. 28(3): p. 380-384.
108. Kara Tuncer, A. and B. Unal, Comparison of sealer penetration using the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation. *Journal of Endodontics*, 2014. 40(5): p. 613-7.
109. Brunson, M., et al., Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *Journal of Endodontics*, 2010. 36(4): p. 721-724.
110. de Gregorio, C., et al., Effect of apical size and taper on volume of irrigant delivered at working length with apical negative pressure at different root curvatures. *Journal of Endodontics*, 2013. 39(1): p. 119-124.
111. Machado, R., et al., Tubular dentin sealer penetration after different final irrigation protocols: A confocal laser scanning microscopy study. *Microscopy Research and Technique*, 2018. 81(6): p. 649-654.
112. Kucuk, M. and F. Kermeoglu, Efficacy of different irrigation methods on dentinal tubule penetration of Chlorhexidine, QMix and Irritrol: A confocal laser scanning microscopy study. *Australian Endodontic Journal*, 2019. 45(2).

113. Jadhav, G.R., et al., Comparative evaluation of canal cleaning ability of various rotary endodontic files in apical third: A scanning electron microscopic study. *Dental Research Journal*, 2016. 13(6): p. 508.
114. Yun, H.-h. and S.K. Kim, A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 2003. 95(2): p. 228-233.
115. Paqué, F., U. Musch, and M. Hülsmann, Comparison of root canal preparation using RaCe and ProTaper rotary Ni-Ti instruments. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(1): p. 8-16.
116. Uyanik, M.O., et al., Comparative evaluation of three nickel-titanium instrumentation systems in human teeth using computed tomography. *Journal of Endodontics*, 2006. 32(7): p. 668-671.
117. de Cristofaro Almeida, G., et al., Comparative analysis of torque and apical force to assess the cutting behaviour of ProTaper Next and ProTaper Universal endodontic instruments. *Australian Endodontic Journal*, 2019.
118. Şen, B., P. Wesselink, and M. Türkün, The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*, 1995. 28(3): p. 141-148.
119. Haragushiku, G.A., et al., Adhesion of endodontic sealers to human root dentine submitted to different surface treatments. *Photomedicine Laser Surgery*, 2010. 28(3): p. 405-410.
120. Castagnola, R., et al., Efficacy of three different irrigation techniques in the removal of smear layer and organic debris from root canal wall: A scanning electron microscope study. 2014. 28(2): p. 79-86.
121. Mancini, M., et al., Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 2013. 39(11): p. 1456-1460.
122. Palazzi, F., et al., Debridement effectiveness of two different techniques using negative pressure irrigation system. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 2012. 26(3): p. 117-127.
123. Singh, N., et al., A comparative evaluation of different irrigation activation systems on smear layer removal from root canal: An in-vitro scanning electron microscope study. *Journal of Conservative Dentistry*, 2014. 17(2): p. 159-163.
124. Neelakantan, P., et al., Acidic and alkaline chemicals' influence on a tricalcium silicate-based dental biomaterial. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 2019. 107(2): p. 377-387.
125. Smith, J.B., et al., Metrologic evaluation of the surface of white MTA after the use of two endodontic irrigants. *Journal of Endodontics*, 2007. 33(4): p. 463-467.
126. Namazikhah, M., et al., The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *International Endodontic Journal*, 2008. 41(2): p. 108-116.
127. Lee, Y.-L., et al., Effects of EDTA on the hydration mechanism of mineral trioxide aggregate. *Journal of Dental Research*, 2007. 86(6): p. 534-538.
128. Camilleri, J., Characterization of modified calcium-silicate cements exposed to acidic environment. *Materials Characterization*, 2011. 62(1): p. 70-75.
129. Neelakantan, P., et al., The effect of root dentin conditioning protocols on the push-out bond strength of three calcium silicate sealers. *International Journal of Adhesion Adhesives*, 2015. 60: p. 104-108.

130. Yadav, H.K., et al., A Scanning Electron Microscopic Evaluation of the Effectiveness of Etidronic Acid, SmearClear and MTAD in Removing the Intracanal Smear Layer. *Journal of Dentistry*, 2017. 18(2): p. 118.
131. Tartari, T., et al., Etidronate from medicine to endodontics: effects of different irrigation regimes on root dentin roughness. *Journal of Applied Oral Science*, 2013. 21(5): p. 409-15.
132. Tuncel, B., et al., Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Brazilian Oral Research*, 2015. 29.
133. Yadav, H.K., et al., Efficacy of etidronic acid, BioPure MTAD and SmearClear in removing calcium ions from the root canal: An in vitro study. *European Journal of Dentistry*, 2015. 9(4): p. 523-8.
134. Aggarwal, V., A. Jain, and D.J.A.E.J. Kabi, In vitro evaluation of effect of various endodontic solutions on selected physical properties of white mineral trioxide aggregate. *Australian Endodontic Journal*, 2011. 37(2): p. 61-64.
135. Yildirim, T., et al., Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: a bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 2010. 109(1): p. e67-e72.
136. Kubo, C.H., A.P.M. Gomes, and M.N.G. Mancini, In vitro evaluation of apical sealing in root apex treated with demineralization agents and retrofilled with mineral trioxide aggregate through marginal dye leakage. *Brazilian Dental Journal*, 2005. 16(3): p. 187-191.
137. Crumpton, B.J., G.G. Goodell, and S.B. McClanahan, Effects on smear layer and debris removal with varying volumes of 17% REDTA after rotary instrumentation. *Journal of Endodontics*, 2005. 31(7): p. 536-538.
138. Saleh, A. and W. Ettman, Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. *Journal of Dentistry*, 1999. 27(1): p. 43-46.
139. Garberoglio, R. and M. Brännström, Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archives of Oral Biology*, 1976. 21(6): p. 355-362.
140. El Hachem, R., et al., Influence of the EndoActivator Irrigation System on Dentinal Tubule Penetration of a Novel Tricalcium Silicate-Based Sealer. *Dentistry Journal (Basel)*, 2018. 6(3).
141. Bernardes, R.A., et al., Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, Endodontology*, 2010. 109(1): p. e47-e49.
142. Jardine, A.P., et al., The effect of final irrigation on the penetrability of an epoxy resin-based sealer into dentinal tubules: a confocal microscopy study. *Clinical Oral Investigations*, 2016. 20(1): p. 117-23.
143. Heling, I. and N.P. Chandler, The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 1996. 22(5): p. 257-259.
144. Govindaraju, L., P. Neelakantan, and J.L. Gutmann, Effect of root canal irrigating solutions on the compressive strength of tricalcium silicate cements. *Clinical Oral Investigations*, 2017. 21(2): p. 567-571.
145. Silva, E., et al., Dissolution, dislocation and dimensional changes of endodontic sealers after a solubility challenge: a micro-CT approach. *International Endodontic Journal*, 2017. 50(4): p. 407-414.

146. Kim, S., et al., Comparison of the percentage of voids in the canal filling of a calcium silicate-based sealer and gutta percha cones using two obturation techniques. *Materials*, 2017. 10(10): p. 1170.
147. Gordon, M., R. Love, and N. Chandler, An evaluation of. 06 tapered gutta-percha cones for filling of. 06 taper prepared curved root canals. *International Endodontic Journal*, 2005. 38(2): p. 87-96.
148. Aydın, Z.U., et al., Effect of chitosan nanoparticle, QMix, and EDTA on TotalFill BC sealers' dentinal tubule penetration: a confocal laser scanning microscopy study. *Odontology*, 2019. 107(1): p. 64-71.
149. Shokouhinejad, N., et al., Penetration of Epiphany, Epiphany self-etch, and AH Plus into dentinal tubules: a scanning electron microscopy study. *Journal of Endodontics*, 2011. 37(9): p. 1316-1319.
150. Rouhani, A., et al., Scanning electron microscopic evaluation of dentinal tubule penetration of Epiphany in severely curved root canals. *European Journal of Dentistry*, 2013. 7(4): p. 423.
151. Bird, D.C., et al., In vitro evaluation of dentinal tubule penetration and biomineralization ability of a new root-end filling material. *Journal of Endodontics*, 2012. 38(8): p. 1093-1096.
152. Ordinola-Zapata, R., et al., 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 Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, and Oral Radiology*, 2009. 108(6): p. 961-8.
153. Gharib, S.R., et al., A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system. *Journal of Endodontics*, 2007. 33(8): p. 957-961.
154. Thota, M.M., et al., Effect of different irrigating solutions on depth of penetration of sealer into dentinal tubules: A confocal microscopic study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 2017. 8(3): p. 391.
155. Kuruvilla, A., et al., A comparative evaluation of smear layer removal by using edta, etidronic acid, and maleic acid as root canal irrigants: An in vitro scanning electron microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry*, 2015. 18(3): p. 247.
156. Bukiet, F., et al., Factors affecting the viscosity of sodium hypochlorite and their effect on irrigant flow. *International Endodontic Journal*, 2013. 46(10): p. 954-961.
157. Giardino, L., et al., Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *Journal of Endodontics*, 2006. 32(11): p. 1091-1093.
158. Vasiliadis, L., A. Darling, and B. Levers, The amount and distribution of sclerotic human root dentine. *Archives of Oral Biology*, 1983. 28(7): p. 645-649.
159. Paqué, F., et al., Tubular sclerosis rather than the smear layer impedes dye penetration into the dentine of endodontically instrumented root canals. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(1): p. 18-25.
160. Goldberg, F. and A. Abramovich, Analysis of the effect of EDTAC on the dentinal walls of the root canal. *Journal of Endodontics*, 1977. 3(3): p. 101-105.
161. Ballal, N.V., et al., Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, 2009. 35(11): p. 1573-1576.

162. Gibby, S., et al., Novel methodology to evaluate the effect of residual moisture on epoxy resin sealer/dentine interface: a pilot study. *International Endodontic Journal*, 2011. 44(3): p. 236-244.
163. Van der Sluis, L., et al., The influence of volume, type of irrigant and flushing method on removing artificially placed dentine debris from the apical root canal during passive ultrasonic irrigation. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(6): p. 472-476.
164. Boutsoukis, C., et al., Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *International Endodontic Journal*, 2007. 40(7): p. 504-513.
165. Silva, E.J., et al., Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *Journal of Endodontics*, 2013. 39(2): p. 274-277.
166. Torabinejad, M., et al., A new solution for the removal of the smear layer. *Journal of Endodontics*, 2003. 29(3): p. 170-175.
167. Moon, Y.-M., et al., Effect of final irrigation regimen on sealer penetration in curved root canals. *Journal of Endodontics*, 2010. 36(4): p. 732-736.
168. Patel, D.V., et al., The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study. *International Endodontic Journal*, 2007. 40(1): p. 67-71.
169. Mjör, I., et al., The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal*, 2001. 34(5): p. 346-353.
170. Carvalho, T. and A. Lussi, Age-related morphological, histological and functional changes in teeth. *Journal of Oral Rehabilitation*, 2017. 44(4): p. 291-298.
171. Kok, D., et al., Penetrability of AH plus and MTA fillapex after endodontic treatment and retreatment: A confocal laser scanning microscopy study. *Microscopy Research and Technique*, 2014. 77(6): p. 467-471.
172. Carvalho, N., et al., Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *International Endodontic Journal*, 2017. 50(6): p. 612-619.
173. De-Deus, G., S. Paciornik, and M. Mauricio, Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *International Endodontic Journal*, 2006. 39(5): p. 401-407.



EKLER

Evrak Tarih ve Sayısı: 06/12/2018-E.45576



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Diş Hekimliği Fakültesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu**



Sayı : 21071282-050.99-
Konu : Etik Kurulu Hk.

Sayın Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN
Endodonti Anabilim Dalı Başkanlığına

Fakültemiz Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna, etik açıdan değerlendirmek üzere göndermiş olduğunuz "Yeni Bir Kök Kanal Patı NeoMTA Plus'ın Dentil Tübül Penetrasyonunun Değerlendirilmesi: CLSM Çalışma" konulu çalışma, Etik Kurulumuz tarafından incelenmiş ve araştırma etiği açısından uygun bulunmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

e-imzalıdır
Prof. Dr. Nur MOLLAOĞLU
Kurul Başkanı

Ek:Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Karar Formu (3 Sayfa)/Elden Teslim Edilecektir.

06/12/2018 Birim Evrak Sorumlusu

N. Cihan ÜNAY



Evrak Doğrulamak İçin: <https://belgedogrulama.gazi.edu.tr>
Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bışkek Cad. No:4 kat 1 Emek/Ankara
Tel:0 (312) 203 40 00 Faks:0 (312) 223 92 26

Pin: 78881
Bilgi için :N. Cihan Ünay
Birim Evrak Sorumlusu
Telefon No:(0312) 203 40 47

Bu belge 5070 Sayılı Elektronik İmza Kanununun 3. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN tarafından gönderilen "Yeni Bir Kök Kanal Patı NeoMTA Plus'ın Dentil Tübül Penetrasyonunun Değerlendirilmesi: CLSM Çalışma" konulu çalışmanın kabulüne,
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Bişkek Caddesi 82.Sokak No:4 E Blok Zemin Kat Çankaya ANKARA
	TELEFON	0312 203 41 38
	FAKS	0312 203 41 39
	E-POSTA	disetikkurul@gazi.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Gazi Üniv. Diş Hek. Fak. Endodonti Ana. Bil. Dalı Başk.			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ				
	VARSA İDARI SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	☐		
		FAZ 2	☐		
		FAZ 3	☐		
		FAZ 4	☐		
		Gözlemsel ilaç çalışması	☐		
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	☐		
		İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları	☐		
		İlaç dışı klinik araştırma	☐		
		Diğer ise belirtiniz			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☐	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Nur MOLLAOĞLU
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN tarafından gönderilen "Yeni Bir Kök Kanal Patı NeoMTA Plus'ın Dentil Tübül Penetrasyonunun Değerlendirilmesi: CLSM Çalışma" konulu çalışmanın kabulüne,
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐	
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐	
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐	
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe ☐ İngilizce ☐ Diğer ☐	
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama			
	SIGORTA	☐			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☐			
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐			
	İLAN	☐			
	YILLIK BİLDİRİM	☐			
	SONUÇ RAPORU	☐			
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐			
	DİĞER:	☐			
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: GÜDHKA EK.18.10/5	Tarih: 06.12.2018			
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.				

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Nur MOLLAOĞLU

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile ilişki	Katılım *	İmza
Prof. Dr. Tayfun ALAÇAM	Endodonti	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Nur MOLLAOĞLU (Etik Kurul Başkanı)	Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Hülya ERTEN	Restoratif Diş Tedavisi	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR	Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Burcu BALOŞ TUNCER	Ortodonti	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Şebnem GÜLEN	Fizyoloji	Ufuk Ü. Tıp Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☐	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Mesut Enes ODABAŞ	Pedodonti	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☒ H ☐	
Prof. Dr. Orhan Mecit ULUDAĞ	Farmakoloji	Gazi Ü. Eczacılık Fakültesi	E ☒ K ☐	E ☐ H ☐	E ☒ H ☐	
Doç. Dr. Ferhan EĞİLMEZ (Bildirimlerden sorumlu)	Protetik Diş Tedavisi	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐ K ☒	E ☐ H ☒	E ☒ H ☐	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Nur MOLLAOĞLU
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Prof. Dr. Sis DARENDELİLER YAMAN tarafından gönderilen "Yeni Bir Kök Kanal Patı NeoMTA Plus'ın Dentil Tübul Penetrasyonunun Değerlendirilmesi: CLSM Çalışma" konulu çalışmanın kabulüne.
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

olan üye)									
Doç. Dr. Bureu ÖZDEMİR (Etik kurul başkan yardımcısı)	Periodontoloji	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☐	E ☒	H ☐	Bureu ÖZDEMİR
Doç. Dr. Benay YILDIRIM	Oral Patoloji	Gazi Ü. Diş Hekimliği Fakültesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☐	E ☐	H ☒	
Uzm. Dr. Hakan TÜZÜN	Halk Sağlığı	Sağlık Bakanlığı	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☒	H ☐	Hakan TÜZÜN
Av. Efe AYAZ	Avukat	Serbest Avukat	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☐	H ☒	
İlker YAVUZ	Fotoğraf Eğitmeni	-	E ☒	K ☐	E ☐	H ☐	E ☒	H ☐	İlker YAVUZ

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının

Unvanı/Adı/Soyadı: Nur MOLLAOĞLU

İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAYA MUMCU Arzu

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 07.02.1991/ BOLU

Medeni hali : EVLİ

Telefon : 0 (312) 203 41 24

e-posta : dtarzukayamumcu@outlook.com



Eğitim Derecesi

Okul/Program

Mezuniyet yılı

Uzmanlık eğitimi	Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	Devam ediyor
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2014
Lise	Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi, Yıl

Çalıştığı Yer

Görev

2017- devam ediyor	Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	Araştırma Görevlisi
2014-2017	Bitlis Tatvan Devlet Hastanesi	Diş Tabibi

Yabancı Dili

İngilizce

Uluslararası Kongrelerde Sözlü Sunum

1. Pasif Ultrasonik İrrigasyon Uygulanan Farklı İrrigasyon Solusyonlarının Penetrasyon Derinliğinin Değerlendirilmesi (Evaluation Of Penetration Depth Of Different Irrigation Solutions Applied By Passive Ultrasonic Irrigation) Türk Diş Hekimleri Birliği 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi, 27-30 Eylül 2018 Ankara

Uluslararası Kongrelerde Poster Sunumu

1. Endodontic Treatment Of Teeth With Necrotic Pulp And Open Apex: Case Report (Nekrotik Pulpalı Ve Açık Apeksli Dişlerin Tedavisinde Mta Kullanımı: Olgu Sunumu) -The 20th Scientific Congress Of Asian Pacific Endodontic Confederation & The 14th International Congress of Turkish Endodontic Society, 24-27 Nisan 2019 İstanbul
2. Recovery of Aesthetics and Function of a Tooth with Retreatment and Devital Bleaching (Retreatment ve Devital Beyazlatma ile Estetik ve Fonksiyonun Yeniden Kazandırılması)- Türk Dişhekimleri Birliği 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi ,4-7 Eylül 2019 İstanbul

Ulusal Kongrelerde Poster Sunumu

1. Endodontik-Periodontal Lezyonlu Mandibular Birinci Molar Dişin Kombine Tedavisi: Vaka Raporu- Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi I. Genç Akademisyenler Kongresi, 20-21 Şubat 2020 Ankara



GAZİ GELECEKTİR...