

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

KANAL DOLGU TEKNİKLERİNİN VE KANAL DOLGU PATLARININ
APİKALDEN TAŞAN DEBRİS VE KANAL DOLGUSUNUN
SÖKÜLEBİLİRLİĞİNDEKİ ROLLERİ

Dt. Deniz BENDER

UZMANLIK TEZİ
Olarak hazırlanmıştır.

ANKARA
2023

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

KANAL DOLGU TEKNİKLERİNİN VE KANAL DOLGU PATLARININ
APİKALDEN TAŞAN DEBRİS VE KANAL DOLGUSUNUN
SÖKÜLEBİLİRLİĞİNDEKİ ROLLERİ

Dt. Deniz BENDER

UZMANLIK TEZİ
Olarak hazırlanmıştır.

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Emel UZUNOĞLU ÖZYÜREK

ANKARA
2023

KABUL VE ONAY

14/04/2023

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığına

Dt. Deniz BENDER'in 14/04/2023 tarihinde jürimiz önünde yaptığı savunmasında "Kanal Dolgu Tekniklerinin ve Kanal Dolgu Patlarının Apikalden Taşan Debris ve Kanal Dolgusunun Sökülebilirliğindeki Rollerini" başlıklı çalışması jürimiz tarafından Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Sevinç AKTEMUR TÜRKER

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Emel UZUNOĞLU ÖZYÜREK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ASKERBEYLİ ÖRS

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

Prof. Dr. Tülin TANER
Dekan

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü/Dekanlık tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. ⁽¹⁾

• Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. ⁽²⁾

o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

Dt. Deniz BENDER

“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

1. (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
2. (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
3. (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Doç. Dr. Emel UZUNOĞLU ÖZYÜREK danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Deniz BENDER

İTHAF

Bugüne gelmemde en büyük payı olan, sonsuz sevgilerini her zaman hissettiğim, hayatımın her anında ve her konuda desteklerinden şüphe duymadığım, en büyük şanslarım canım annem ve canım babama ithafen...

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ihtiyaç duyduğum her zaman, bilgi birikimi ve hayat tecrübesiyle yanımda olan, özellikle tez çalışması sürecinde desteğini, hoşgörüsünü ve sabrını hep hissettiğim, öğrencisi olmaktan büyük gurur ve onur duyduğum değerli danışman hocam Doç. Dr. Emel UZUNOĞLU ÖZYÜREK'e,

Tüm uzmanlık eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen ve deneyimleriyle bana yol gösteren Endodonti Anabilim Dalının saygıdeğer hocalarına,

Uzmanlık tezim için fikir ve önerileri ile destekte bulunan sayın hocalarım Prof. Dr. Sevinç AKTEMUR TÜRKER ve Dr. Öğr. Üyesi Sevinç ASKERBEYLİ ÖRS'e,

Tezimin istatistiğini büyük bir özveriyle yapan, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sevilay KARAHAN'a,

Tezimin mikro-CT taramasını ve analizlerini yapan, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mert OCAK'a,

Benim için tek tek her birinin yeri ayrı, iyi ve kötü her durumda yanımda ve yardımcı olan, hep birlikte öğrendiğimiz ve endodonti uzmanlık serüvenimi daha da güzelleştiren canım kıdem arkadaşlarıma,

Tanıdığım günden beri sevgilerini ve her konuda desteklerini hissettiğim, hep yanımda olan, çok sevdiğim Kübra SAĞ ve Menzile Seda COŞAR'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım ...

ÖZET

Bender D., Kanal Dolgu Tekniklerinin Ve Kanal Dolgu Patlarının Apikalden Taşan Debris Ve Kanal Dolgusunun Sökülebilirliğindeki Rollerini, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi, Ankara, 2023. Kök kanal tedavisi başarısız olursa, bir sonraki tedavi yöntemi, dişin restore edilebilir ve periodontal olarak sağlam olması halinde, kanal tedavisinin ortograd olarak yenilenmesi işlemi olabilir. Dolgu materyallerinin yetersiz sökümü, irrigasyon solüsyonlarının kalıcı mikroorganizmalarla temasını engelleyebildiğinden, tedavi sonuçlarını etkileyebilir. Kök kanal tedavisinin yenilenmesi sırasında dikkat edilmesi gereken başka bir nokta da apikale taşabilecek ve postoperatif ağrıya neden olabilecek kök kanal debrisidir. Bu çalışmanın amacı farklı dolgu teknikleri (tek kon tekniği, sıcak dolgu tekniği) ve farklı kanal dolgu patlarıyla (biyoseramik esaslı pat, epoksi rezin esaslı pat) doldurulan kök kanallarının kanal tedavisi yenileme işlemi sırasında taşan debris miktarını ölçmek ve kök kanal duvarlarında kalan dolgu malzemesini mikro-CT görüntüleri ile değerlendirmektir. Mevcut çalışmada 60 adet tek köklü insan mandibular premolar diş kullanılmıştır. Tüm dişler ProTaper Gold F4 eğe kadar ProTaper Gold sistemi ile şekillendirilmiş ve kemomekanik hazırlıkların tamamlanmasının ardından örnekler 4 gruba ayrılmıştır: SOG-ER: Epoksi rezin kanal dolgu patı [AH Plus (Dentsply)] ve soğuk dolgu tekniği (tek kon tekniği), SOG-BS: Biyoseramik kanal dolgu patı (Sure-Seal Root, Sure Dent) ve tek kon tekniği, SIG-ER: Epoksi rezin kanal dolgu patı [AH Plus (Dentsply)] ve sıcak dolgu tekniği [Calamus (Dentsply) termoplastik enjeksiyon tekniği], SIG-BS: Biyoseramik kanal dolgu patı (Sure-Seal Root, Sure Dent) ve Calamus termoplastik enjeksiyon tekniği. Dişler eppendorf tüplerine sabitlenmiştir ve kanal sökümü esnasında toplam 5 ml distile su kullanılarak irrigasyon tamamlanmıştır. Tüpler içerisindeki sıvının buharlaşması ve sadece kuru debris ağırlığını ölçebilmek için tüpler 37 °C de 14 gün süre ile etüvde bekletilmiştir. Kök kanal dolgusunun sökümünü takiben örnekler eppendorf tüplerden uzaklaştırılarak dişler mikro-CT cihazında taranarak kalan dolgu miktarı analiz edilmiştir. Tüm gruplarda, debris ekstrüzyonu görülmüştür. Hangi yöntemle kullanılırsa kullanılsın biyoseramik esaslı patın, epoksi rezin esaslı pata göre taşan debris miktarını arttırdığı görülmüştür. En fazla debris ekstrüzyonu SIG-BS grubunda, en az debris ekstrüzyonu SOG-ER grubunda görülmüştür ($p < 0,05$). Kalan dolgu miktarı yüzdesi SOG-BS grubunda, en az kalan dolgu SIG-ER grubunda bulunmuştur ($p > 0,05$). Taşan debris ve sökülebilirlik açısından gruplar arasında bir korelasyon gözlenmemiştir. Kullanılan dolgu tekniği ve pat çeşidi fark etmeksizin her grupta kanal dolgusunun sökümü sırasında debris taşması görülmüştür ve hiçbir grupta kanal dolgusu kanaldan tamamen sökülebilmiştir. Apikalden taşan debris üzerinde dolgu teknikleri, kanalda kalan materyal yüzdesi üzerinde ise patların rol oynadığı görülmüştür. Korelasyon bulunamayan bu iki değişken (taşma-sökülebilirlik) ile ilave çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Apikal ekstrüzyon, debris, kanal patının sökülebilirliği, kanal tedavisi yenilenebilirliği, mikro-CT, retreatment

Bu tez çalışması Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. (THD-2022-20106)

ABSTRACT

Bender D., Effect Of Canal Obturation Techniques And Canal Sealers On The Retreatability And Apically Extruded Debris, Hacettepe University Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, Specialization Thesis, Ankara, 2023. In case of initial root canal treatment fails, the next step of treatment might be orthograde retreatment of the root canal if the tooth can be restored and is periodontally healthy. Inadequate removal of filling materials may affect treatment success via preventing contact of irrigation solutions with persistent microorganisms. Furthermore, during retreatment, canal debris may be extruded apically and cause postoperative pain. The aim of this study is to evaluate the amount of apically extruded debris and to determine the remaining filling material on the root canal walls by micro-CT following the root canal retreatment of root canals filled with different obturation techniques (single cone technique, warm obturation technique) and the different root canal sealers (bioceramic sealer, epoxy resin-based sealer). In the present study, 60 single rooted human mandibular premolar teeth were used. All the teeth were prepared with the ProTaper Gold system up to the ProTaper Gold F4 file and after the chemomechanical preparations were completed, the samples were divided into 4 groups: SOG-ER: AH Plus (Dentsply) canal sealer and single cone technique, SOG-BS: Bioceramic canal sealer (Sure-Seal Root, Sure Dent) and single cone technique, SIG-ER: AH Plus canal sealer and Calamus (Dentsply) thermoplastic injection technique, SIG-BS: Bioceramic canal sealer (Sure-Seal Root, Sure Dent) and Calamus thermoplastic injection technique. The teeth were placed to eppendorf tubes and irrigation was completed using a total of 5 ml distilled water during root canal retreatment. The tubes were kept in an incubator at 37 °C for 14 days in order to evaporate the water in the tubes and to measure only the dry debris weight. Following the removal of the root canal filling, the samples were removed from the eppendorf tubes and the teeth were scanned with a micro-CT device in order to analyze remaining filling materials. Extrusion of debris was seen in all groups. Regardless of the method used, it was observed that the bioceramic-based sealer increased the amount of extruded debris compared to the epoxy resin-based sealer. The heaviest debris was observed in the SIG-BS group, the lightest debris was observed in the SOG-ER group ($p < 0.05$). The percentage of remaining filling materials was the highest in the SOG-BS and was the lowest in the SIG-ER group ($p > 0.05$). No correlation was observed among the groups in terms of extruded debris and retreatability. Regardless of the obturation technique and type of sealer used, debris extrusion was observed during the retreatment process in each group, and the canal filling material could not be completely removed from the canal in any group. It was observed that filling techniques played a role on the debris extrusion, and sealers played a role on the percentage of remaining filling materials in the canal. Further studies are needed with these two variables (extrusion-retreatability) which no correlation could be found.

Keywords: Apical extrusion, debris, micro-CT, removability of sealer, retreatability, retreatment

This thesis study was supported by Hacettepe University Scientific Research Foundation Project (THD-2022-20106)

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
İTHAF	vi
TEŞEKKÜR	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
İÇİNDEKİLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiii
TABLolar	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Kök Kanal Dolgu Patları	7
2.1.1. Epoksi Rezin Patlar	8
2.1.2. Biyoseramik Patlar	9
2.2. Kanal Dolgu Yöntemleri	10
2.2.1. Soğuk Lateral Sıkıştırma Tekniği	12
2.2.2. Tek Kon Dolgu Tekniği	13
2.2.3. Sıcak Dolgu Teknikleri	14
2.3. Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi	16
2.3.1. Alevlenme	18
2.3.2. Apikalden Taşma	19
2.3.3. Taşan Debrisin İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler	20
2.3.4. Kanal Dolgusunun Tamamen Sökülememesi	23
2.3.5. Kalan Dolgu Materyallerini İnceleme Yöntemi	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1. Dişlerin Seçimi	26

3.1.1. Örneklerin Hazırlanması	27
3.1.2. Dişlerin Rastgele Gruplara Ayrılması	28
3.2. Kanalların Sökümü	31
3.3. Debrisin Toplanması	32
3.4. Kök Kanal Duvarlarında Kalan Materyal Miktarının Tespit Edilmesi	34
3.5. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin İncelenmesi	35
3.6. Verilerin Analizi	36
4. BULGULAR	37
4.1. Taşma Deneyi Bulguları	37
4.2. Mikro Bilgisayarlı Tomografi Tarama Bulguları	37
4.2.1. Kanal Hacimlerinin Değerlendirilmesi	37
4.2.2. Kalan Dolgu Hacimlerinin ve Yüzdelerinin Değerlendirilmesi	38
4.2.3. Taşan Debris Miktarı ve Kalan Dolgu Maddesi Arasındaki Korelasyon	39
5. TARTIŞMA	40
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	56
7. KAYNAKLAR	57
8. EKLER	78
EK-1: Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzinleri	78
EK-2: Tez Çalışması Orjinallik Raporu	79
EK-3: Tez Çalışması Dijital Makbuz	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikrometre
3D	: 3 Dimensional (3 Boyutlu)
Al/Cu	: Alüminyum/bakır
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADA	: American Dental Association
ANSI	: American National Standards Institute
ark.	: Arkadaşları
CBCT	: Konik ışınli bilgisayarlı tomografi
<i>E. faecalis</i>	: Enterococcus faecalis
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
ESE	: Avrupa Endodonti Derneği
ISO	: International Organization for Standardization
kVp	: Kilovolt peak
g	: Gram
mA	: Miliamper
mikro-CT	: Mikro bilgisayarlı tomografi
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
ms	: Milisaniye
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
Ni-Ti	: Nikel Titanyum
örn.	: Örnek
SAF	: Self Adjusting File
vb	: Ve benzeri

ŞEKİLLER

Şekil	Sayfa
3.1. Çalışma için toplanan tek köklü mandibular premolar diş örneği	26
3.2. ProTaper Gold eğeleri	27
3.3. EndoActivator cihazı	28
3.4. F4 kon	28
3.5. Calamus Sistemi	29
3.6. AH Plus ve Sure-Seal Root kanal dolgu patları	30
3.7. Dört farklı gruptan diş örnekleri	31
3.8. a Sıcak dolgu tekniği uygulanan diş örneği b Soğuk tek kon tekniği uygulanan diş örneği	31
3.9. ProTaper Universal Retreatment eğeleri	32
3.10. X Smart Plus Dentsply endomotor	32
3.11. Hassas tartı (RADWAG, Radom, Polonya)	33
3.12. Etüvde bekletilmek üzere hazırlanan deney düzeneği	33
3.13. Etüv ortamı	34
3.14. Mikro Bilgisayarlı Tomografi Cihazı	35
4.1. a SOG-ER grubu b SOG-BS grubu c SIG-ER grubu d SIG-BS grubuna ait yeniden yapılandırılmış 3 boyutlu mikro-CT görüntülerinin temsili örnekleri	39
4.2. a Bir örneğin mikro-CT taramasından yapılandırılan 3 boyutlu görseli b Steromikroskop görüntüsü c Periapikal radyografisi	39

TABLOLAR

Tablo	Sayfa
4.1. Grupların taşma değerleri (gram cinsinden)	37
4.2. Grupların mm ³ cinsinden kanal hacimleri	38
4.3. Grupların mm ³ cinsinden kalan dolgu maddesi hacmi ve kalan dolgu maddesinin kanal hacmine oranı	38

1. GİRİŞ

Endodontik tedavinin birincil amacı, kök kanal sistemi içindeki periradiküler dokunun iyileşmesini ve sağlığının korunmasını sağlayan biyolojik olarak kabul edilebilir bir ortam yaratmaktır. Bakteriler, pulpal hastalıkların ana nedenlerinden biridir ve çürükler, travmatik yaralanmalar veya mine, dentin kırıkları aracılığıyla pulpal boşluğa nüfuz ederek, ilgili sahayı istila etmek için farklı yolları kullanırlar (1). Kök kanalındaki bakteriler nedeniyle oluşan periapikal patolojiler tedavi edilmezse, yaşamı tehdit eden hastalık ve tedavi sırasında bakteriyemiye yatkınlık oluşturan dentoalveoler apse gibi riskli ve ciddi tablolara yol açabilir (2). Kök kanal sisteminden mikroorganizmaları uzaklaştırmak için uygulanan başlıca yöntem kök kanalının mekanik olarak temizlenip şekillendirilmesidir (3). Endodontik tedavi, %86 ile %98 arasında başarı oranlarına sahip sonuçları öngörülebilir bir tedavidir (4). Endodontik başarısızlık nedenlerinden bazıları ısrarcı bakteriler, yetersiz kanal dolgusu, uygun olmayan koronal tıkama, tedavi edilmemiş kanallar, iyatrojenik prosedürel hatalar ve şekillendirme komplikasyonlarıdır (5). Kök kanal tedavisi başarısız olursa, bir sonraki tedavi yöntemi, dişin restore edilebilir ve periodontal olarak sağlam kabul edilmesi koşuluyla, cerrahi olmayan yeniden tedavi veya cerrahi adımları içeren yeniden tedavidir. İlk kez yapılan kök kanal tedavisi başarısız olduğunda, kök kanal tedavisinin cerrahi olmaksızın yenilenmesi sıkça tercih edilen bir yöntemdir (6). Yeniden tedavi edilen vakalarda, kök kanal dolgusunun tamamen uzaklaştırılması ve kök kanalının etkili dezenfeksiyonunun sağlanması amaçlanır (7). Dolgu materyallerinin yetersiz sökümü, kök kanal dolgu materyallerinin varlığı, irrigasyon solüsyonlarının kalıcı mikroorganizmalarla temasını engelleyebildiğinden, tedavi sonuçlarını etkileyebilir (8, 9). Bakteriler kanalın apikalinden yeterince uzaklaştırılmazsa, periradiküler inflamasyonun iyileşmeme riski artar (9). İdeal bir kanal dolgu materyalinin temel özelliklerinden biri, tekrar tedavi amacıyla uzaklaştırılabilir olmasıdır (10). Kök kanallarının doldurulması sırasında çoğunlukla bir ana materyalden ve beraberinde kullanılan kök kanal dolgu patlarından faydalanılmaktadır. Schilder (11), Gutmann ve Witherspoon (12) ve de Deus ve ark. (13) göre güta-perka, uygulanan tekniğe

bakılmaksızın kök kanal dolgusu için en iyi materyal olarak kabul edilir. Gütaperka biyouyumluluk, boyut stabilitesi, radyoopasite, termoplastisite, kök kanalından kolay sökölme ve antibakteriyel aktivite dahil olmak üzere kendisini kanal tıkanıklığı için mükemmel bir materyal yapan çeşitli özelliklere sahiptir (14). Literatürdeki çalışmalar, dolgu malzemesinin, kanaldan uzaklaştırılmayı doğrudan etkilediğini göstermektedir (15). Ayrıca gütaperkanın uzaklaştırılmasındaki zorluk, doğrudan kanal şekillendirme tekniği ve doldurma teknikleri ile de ilgilidir (16).

Kök kanal sisteminin üç boyutlu sızdırmazlığı, bakteriyel enfeksiyonun tekrarını önlemek için uygun kök kanal dolgusu ile sağlanır (17). Kök kanal sistemini doldurmak için kullanılan teknikler soğuk gütaperkanın kullanıldığı ve sıcak gütaperkanın kullanıldığı teknikler olarak iki temel gruba ayrılabilir (18). Soğuk gütaperkanın kullanıldığı bir dolgu tekniği olan soğuk lateral sıkıştırma, gütaperkanın kök kanalına kontrollü yerleştirilmesi ve düşük maliyetli olması gibi avantajları nedeniyle tüm dünyadaki diş hekimleri tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (19) ve altın standart olarak kabul gören bir tekniktir (20). Bu teknik, şekillendirilmiş kök kanalına pata bulanmış ana gütaperkanın yerleştirilmesini ve bir sıkıştırıcı alet kullanılarak yardımcı konlar ile desteklenmesini içerir (21). Schilder tarafından 1967 yılında ortaya atılan 3 boyutlu (3D) kök kanal dolgusu kavramı sıcak gütaperkanın kullanılmasına dayanmaktadır ve uygulamayı kolaylaştıran cihazların ortaya çıkmasıyla sıcak gütaperka teknikleri zaman içinde gelişmiştir (22). Bu yeni teknikler, kök kanallarının 3D dolguyu destekleyen termoplastikleştirilmiş gütaperka ile doldurulmasını sağlar (23). Sıcak gütaperka ile yapılan dolguyu kolaylaştırmak ve optimize etmek amacıyla kök kanalı içinde termoplastikleştirilmiş gütaperkayı iletmek için son zamanlarda geliştirilen teknikler arasında, apikal üçlü için "*downpack*", orta ve koronal üçlülerde kök kanalı boyunca 3D dolgu sağlayan "*backfilling*"i entegre eden Calamus® (Dentsply®, Maillefer®, İsviçre) sistemi yer almaktadır (24). Soğuk dolgu tekniği ile karşılaştırıldığında, sıcak dolgu tekniğinin, kök kanalı ve periodonsiyum arasındaki tüm yan kanallarda daha yüksek dolgu yoğunluğu ve buna bağlı olarak sızdırmazlık sağlayabileceği bildirilmiştir (25). Calamus ile yapılan kök kanal dolgularında, merkezi materyalin maksimum yoğunlukta, kanal dolgu patının

ise minimum oranlarda kaldığı ve daha homojen dolguların elde edildiği bildirilmiştir (17). Pommel ve ark. (26), tek kon tekniği için en yüksek sızıntıyı bildirirken, soğuk lateral sıkıştırma ve sıcak gütaperka tekniği arasında sızdırmazlık açısından önemli bir fark olmadığı sonucuna varmıştır. Üç boyutlu tıkanmanın değerlendirildiği bir diğer çalışmada ise Calamus, soğuk lateral sıkıştırma tekniğine üstün bulunmuştur (27).

İdeal kök kanal dolgusu, gütaperkanın kök kanal duvarlarına en iyi adaptasyonunu sağlamak için gütaperkanın bir kök kanal dolgu patı ile kullanımını gerektirir (28). Kanal dolgu patları, kök kanal düzensizliklerini, dentin tübüllerini ve gütaperka tarafından doldurulamayan alanları ve yan kanalları doldurabilir (29). Kanal dolgu patlarının penetrasyonunun ikinci avantajı, potansiyel antimikrobiyal etkileri ile dentin tübüllerinde şekillendirme sonrasında kalan mikroorganizmaların miktarını azaltmak ve hayatta kalan mikroorganizmaları besin kaynaklarından yalıtarak dentin tübüllerine hapsedenektir (30). Epoksi rezin bazlı bir endodontik dolgu patı olan AH Plus (Dentsply International Inc., York, PA, ABD), kapsamlı bir kullanım ve araştırma geçmişine sahip olup çalışmalarda “standart pat” olarak kullanılmaktadır (31). AH Plus, uzun vadeli boyutsal stabilite, azalmış çözünürlük, yüksek apikal tıkama ve düşük toksisite gibi özelliklere sahiptir (32). Ek olarak, bu epoksi rezin bazlı kök kanal dolgu patının, diğer endodontik kök kanal dolgu patları ile karşılaştırıldığında daha yüksek itme bağlanma dayanımı değerleri ile kök dentinine bağlandığı bildirilmiştir (33), diğer taraftan kanal tedavisi yenilemesinden sonra rezin esaslı kök kanal dolgu patı kullanıldığında daha yüksek miktarda dolgu kalıntısının kökte kaldığı bildirilmektedir (34). Biyoseramik kök kanal dolgu patları endodontide son dönemlerde popülerlik kazanmışlardır ve bunların önem kazanmaları, tıp ve diş hekimliği alanlarında biyoseramik teknolojisinin artan kullanımı sonucunda ortaya çıkmıştır (35). İçerik olarak; zirkonyum oksit, kalsiyum silikatlar, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit, dolgu ve koyulaştırıcı maddelerden oluşan biyoseramik esaslı patlar önceden karıştırılmış, enjekte edilebilir ve radyopak özelliktedir (36). Biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının kök kanallarının sızdırmazlığını arttıran dentinin hidroksiapatit mineralizasyonu ile mükemmel doku iyileşmesine yol açtıkları bildirilmiştir, fakat dentin tübüllerinde daha derine nüfuz etmeleri nedeniyle,

bunların yenilenebilirliği klinisyenler için bir merak konusudur (37). Bununla birlikte, biyoseramik patlar kısa bir kullanım geçmişine sahiptir ve farklı dolgu teknikleriyle kombine edildiklerinde yenilenebilirlikleri ile ilgili sınırlı araştırma mevcuttur (15, 38).

Yukarıda belirtilen teknikler ve materyaller ile yapılan kök kanal tedavisinin başarı oranlarının yüksek olmasına rağmen ilk tedaviyi takiben oluşan başarısızlıkların tedavisinde cerrahi işlemler içeren veya içermeyen kök kanal tedavisinin yenilenmesi teknikleri kullanılmaktadır (6). Cerrahi içermeyen konvansiyonel kök kanal tedavisinin yenilenmesi ile tedavi edilen dişler uzun vadede cerrahi içeren kök kanal tedavisinin yenilenmesi ile tedavi edilen dişlere nazaran daha yüksek sağ kalım oranlarına sahip oldukları bildirilmiştir (39). Kök kanallarının yenilenmesi sırasında dikkat edilmesi gereken bir nokta yenileme işlemi sırasında apikale taşabilecek ve postoperatif ağrıya neden olabilecek kök kanal debrisi (40). Kök kanal dolgusunun uzaklaştırılması sırasında, materyallerin, doku kalıntılarının, mikroorganizmaların ve bunların yan ürünlerinin, dentin talaşlarının ve irrigasyonun apikal foramenin ötesine ekstrüzyonu bildirilmiştir (41). Bu ekstrüzyon postoperatif inflamasyona, alevlenmelere ve uzun süreli başarısızlıklara neden olabilir (42). Bununla birlikte, kullanılan klinik protokolden bağımsız olarak, kanal yenileme işlemlerinin debrisin apikal ekstrüzyonu ile sonuçlanacağı bilinmektedir (43).

Apikalden taşan debris kadar kök kanalında kalan eski dolgu materyallerinin de yeni yapılacak dolgunun başarısını etkileyebileceği bildirilmiştir (8). Kanal tedavisi yenileme işlemi sonrasında kök kanallarında kalan dolgu miktarını görüntülemeye farklı teknikler kullanılmaktadır. Bunların arasında iki boyutlu radyograflar, dişlerin ortadan ikiye bölünmesi ve son dönemlerde üç boyutlu değerlendirmeye olanak sağlayan mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-CT) yer almaktadır (44). Yüksek çözünürlüklü konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) de üç boyutlu görüntüleme sağlayan mikro-CT'ye bir alternatif olarak düşünülebilir (45). Mikro-CT teknolojisi, şu anda kök kanal sisteminin incelenmesi ve diğer uygulamaların yanı sıra karmaşık morfolojinin endodontik tedavinin farklı aşamaları üzerindeki etkisini anlamak için en önemli ve doğru araştırma aracı olarak kabul edilmektedir (46).

Çalışmamızın amacı farklı dolgu teknikleri (tek kon tekniği, sıcak dolgu tekniği) ve farklı kanal dolgu patlarıyla (biyoseramik esaslı pat, epoksi rezin esaslı pat) doldurulan oval şekilli kanallara sahip küçük azı dişlerin kanal tedavisi yenileme işlemi sırasında taşan debris miktarını ölçmek ve kök kanal duvarlarında kalan, sökülemeyen dolgu malzemesini mikro-CT görüntüleri ile değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

Apikal periodontitis enfeksiyöz etiyojili bir hastalıktır ve kanal tedavisinin başarısı etkili enfeksiyon kontrolüne bağlıdır (47). Apikal periodontitisin tedavisi, kök kanalındaki mikrobiyal ortamın periradiküler dokulara ilerlememesi için kök kanal sisteminin şekillendirilmesi ve temizlenmesiyle dezenfekte edilmesini ve biyoyumlu kök kanal dolgu maddeleri ile sızdırmaz bir şekilde doldurulmasını amaçlar (48). Cerrahi olmayan kök kanal tedavisi, kök kanal sisteminden mikropları uzaklaştırmak için mekanik preparasyon ve kimyasal dezenfeksiyon gerektirir (49). Mekanik preparasyon başlangıçta karbon çelik el eğeleri kullanılarak yapılırken, bu eğelerin yerini paslanmaz çelik el eğeleri ve son zamanlarda motorla çalışan nikel titanyum (NiTi) aletleri almıştır (49).

Başarılı bir kök kanal tedavisi doğru bir teşhis koymak ve uygun bir tedavi planı geliştirmek; diş anatomisi ve morfolojisine uygun şekilde tüm kök kanal sisteminin debridmanı, dezenfeksiyonu ve obturasyonu ile sağlanabilir (50). Şekillendirilmiş ve temizlenmiş kanal; kanal dolgu patı ve bir kor materyali kullanılarak doldurulur (51). Kanal tedavisinde en sık kullanılan ana kor materyali gütaperkadır (28).

Gütaperka, *Sapotaceae* familyasına ait ağaçların kurutulmuş meyve sularından elde edilir (52). Kauçuk izomeridir, ancak daha sert, daha kırılabilir ve daha az elastiktir (52). Kristal gütaperka alfa veya beta fazında oluşabilir (53). Bu iki faz arasında kimyasal davranış ve fiziksel özelliklerde küçük farklılıklar vardır (53). Alfa fazı doğada görülür; beta fazı endodontide kullanılan ürünlerde baskındır (53). Gütaperka konuları yaklaşık %20 gütaperka ve %80'e kadar çinko oksitten oluşur (52). Renk ve radyografik kontrast sağlamak için boya ve metal tuzları eklenir (52). Bazı üreticiler gütaperkaya antimikrobiyal özellik kazandırmak için kalsiyum hidroksit (54), klorheksidin (55) veya iyodoform (56) gibi maddeler de eklemiştir.

İdeal kanal dolgusunun daha fazla gütaperka miktarı ve daha az miktarda pat olacak şekilde yapılması gerektiği bildirilmiştir (57). Kök kanal dolgu patları aşağıda da açıklanacağı gibi endodontik tedavinin olmazsa olmazlarından.

2.1. Kök Kanal Dolgu Patları

Başarılı bir endodontik tedavinin öncelikli amaçlarından biri, kök kanalının tamamen doldurulmasıdır (58). Kök kanal tedavisinde kök kanalı geleneksel olarak endodontik pat ve gütaperka ile doldurulur (59). Kanal boşluğunun üç boyutlu olarak doldurulmasını sağlamak için dolgu patının kök kanal dolgusunun son derece önemli bir bileşeni olduğu iyi bilinmektedir (60). Kanal dolgusu, şekillendirilen kanal duvarlarına olabildiğince iyi uyum sağlamalı ve mümkünse dolgu malzemesi dentin tübüllerine penetre olmalıdır (51). Patların önemi, 20. yüzyılın başlarında, tek başına gütaperka ile yapılan dolguların sıklıkla apikal periodontitise yol açmasıyla fark edilmiştir (52). Kullanılan teknik ne olursa olsun, kor yapının ulaşamadığı alanlara ulaşarak kök kanal dolgu patları yeterli sızdırmazlığın sağlanmasına yardımcı olurlar (28). Kök kanal dolgu patları dentin tübüllerine girebilir ve *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) üzerinde inhibe edici etki gösterebilirler (29).

İdeal bir kök kanal dolgu patı için Grossman (61) tarafından tanımlanan özellikler aşağıdaki gibidir;

- kanal duvarı ile iyi bir adezyon sağlaması için karıştırıldığında yapışkan olmalıdır,
- hermetik tıkkama sağlamalıdır,
- radyografide görülebilmesi için radyopak olmalıdır,
- toz parçacıklar likit ile kolayca karışabilecek kadar ince olmalıdır,
- boyutsal olarak stabil olmalıdır,
- diş yapısını renklendirmemelidir,
- bakteriyostatik olmalı veya en azından bakteri üremesini teşvik etmemelidir,
- sertleşme zamanı çalışmaya müsaade edecek şekilde çok hızlı olmamalıdır,
- doku sıvılarıyla çözünmemelidir,
- periapikal dokular tarafından iyi tolere edilmelidir,
- kök kanal dolgusunun yenilenmesi gerektiğinde kök kanalından uzaklaştırılabilir olmalıdır.

Kanal tedavisinde endodontik pat ve gütaperkanın birlikte kullanılmasıyla hermetik bir tıkama amaçlanır (61). Etkili sızdırmazlık, kanal içindeki bakteri çoğalmasının önüne geçerek gelecekte oluşabilecek patolojiyi önleyecektir. Bir kök kanal patı yeterli biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmalıdır (62). Patlar, kanal dolgusu sırasında kayganlaştırıcı özelliği olan, gütaperka veya diğer rijit materyaller gibi kor materyalinin kanala bağlanmasını sağlayan yardımcı materyal olarak kullanılır (63). Seçilen kanal patının tipi, kök kanal tedavisinin uzun vadeli başarısını etkileyen bir değişken olabilir (64). Endodontik patlar; çinko oksit-öjenol bazlı, kalsiyum hidroksit bazlı, cam iyonomer bazlı, silikon bazlı, polimer rezin bazlı ve kalsiyum silikat (biyoseramik) bazlı patlar olarak sınıflandırılabilir (65, 66).

2.1.1. Epoksi Resin Patlar

Epoksi rezin, 1938 yılında İsviçreli kimyager P. Castan tarafından icat edilmiştir (67). Literatürde patlar arasındaki sınıflamada standart olarak kabul edilmesiyle birlikte, epoksi rezin bazlı kök kanal patları, ISO ve ANSI/ADA yönergelerine uygun olarak düşük çözünürlüklü özelliğiyle bilinir (68). AH 26 ve AH Plus (Dentsply International Inc., York, PA, ABD) gibi epoksi rezin bazlı patlar, düşük moleküler ağırlıklı epoksi rezin ve aminlerden oluşur ve epoksi rezine bağlı epoksit grupları ile aminler arasındaki ilave reaksiyonla polimer oluşur (67). AH Plus'ın düşük çözünürlüğü bu kimyasal reaksiyon sonucu oluşan bileşim ile açıklanabilir (32). Her amin grubu, bir kovalent bağ oluşturmak için bir epoksit grubu ile reaksiyona girer (32). Ortaya çıkan polimer, yoğun çapraz bağlar içerdiğinden dolayı sert ve güçlüdür (32). Formülasyonu ayrıca suda kolay çözünmeyen kalsiyum tungstat içerir (68). Bu pat, uzun vadeli boyutsal stabilite, düşük çözünürlük, apikal tıkama, kök dentinine yüksek bağlanma kuvveti ve nispeten düşük toksisite gibi ideal sayılabilecek özellikleri nedeniyle endodontik araştırmalarda sıklıkla standart pat olarak kabul edilir ve kullanılır (69).

AH Plus yeterli uzun süreli boyutsal stabiliteye sahip olmasına rağmen, AH Plus'ın gütaperkaya bağlanmaması nedeniyle sızdırmazlık yeteneği tartışmalıdır (70). AH Plus'ın uzun sertleşme süresi, monomerlerin polimerlere dönüşümünün kademeli

olarak gerçekleştiği, yüksek moleküler ağırlığa sahip epoksi rezin aminlerin yavaş polimerizasyon reaksiyonuna dayanan iki bileşenli bir malzeme olmasıyla açıklanabilir (71, 72). Silva ve ark. (73), AH Plus'in yeni karıştırıldığında sitotoksik etkiler gösterdiğini, ancak bir hafta sonra sitotoksik etkisinin azaldığını ve dört hafta içinde toksik etkisinin kaybolduğunu göstermiştir.

AH Plus, AH26'daki formaldehit oluşumunu önlemek için geliştirilmiştir. İki bazlı sistem olarak pazarlanmaktadır. 4 saat çalışma süresine ve 8 saat sertleşme süresine sahiptir (74). AH Plus, radyoopasite sağlayan madde olarak zirkonyum oksit, demir oksit ve kalsiyum tungstat içerir ve diğer patlara göre daha yüksek radyoopasite değerine sahiptir (75).

2.1.2. Biyoseramik Patlar

Biyoseramikler; alümina, zirkonya, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit ve kalsiyum fosfat içeren, medikal ve dental kullanım için özel olarak tasarlanmış seramik malzemelerdir (76). Kalsiyum silikat bazlı kök kanal dolgu patları, biyoyumluluk ve biyoaktivite özelliklerini gösteren çeşitli çalışmalarla endodontide popüler hale gelmiştir (68, 77, 78). Bu biyolojik avantajlara rağmen, bazı araştırmacılar, kalsiyum silikat bazlı kök kanal dolgu patlarının, genel dolgu kalitesini tehlikeye atabilecek yüksek düzeyde znrlğe sahip olduğuna değinmiştir (68); çalışmalarda kullanılan biyoseramik patlar, epoksi rezin bazlı patlarınkine benzer veya daha düşük znrlk gösterirken (79, 80), başka çalışmalarda biyoseramik patların yüksek znrlk değerleri gösterdiği bulunmuştur (81, 82). znrlk gibi tartışmalı bir diğer özellik, sızdırmazlığın stabilitesidir ve bu konu halen araştırma gerektirir (68). Kök kanal patının znmesi, periapikal dokuda enflamatuar değişiklikleri tetikleyebilecek kimyasal bileşiklerin açığa çıkmasına yol açabilir (83, 84). Bu sebeple, kök kanal patları, sızdırmazlık kabiliyetini koruyarak ve kök kanalları ile dolgu malzemeleri arasında boşluklar nedeniyle oluşabilecek yeniden enfeksiyonu önlemek için düşük znrlk oranına sahip olmalıdır (85). Hess ve ark. (36), kalsiyum silikat içerikli kök kanal dolgu patlarının sertleştikten sonra büzülme göstermediğini, bunun da gütaperka, pat ve dentin arasında boşluksuz bir yapı

oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, patın yüksek oranda biyouyumlu olduğunu ve yüksek alkali pH'ı nedeniyle sertleşme reaksiyonu sırasında antibakteriyel özellik sağladığını belirtmişlerdir (36).

Biyoseramik malzemelerin kalsiyum fosfat içeriği, biyoseramiklerin sertleşme özelliklerini geliştiren, diş ve kemik apatit benzeri bir kimyasal bileşim ve kristal yapı oluşturur, böylece kanal patı ve kök dentini arasındaki bağlanma güçlenmiş olur (86).

Biyoseramik bazlı patın kök dentine bağlanmasının kesin mekanizması bilinmemekle birlikte bazı mekanizmalar öne sürülmüştür;

- pat partiküllerinin dentin tübüllerine mekanik bağlar oluşturmak için difüzyonu (87),
- patın mineral içeriğinin intertübüler dentine infiltre olması, kollajen liflerinin güçlü bir alkalın pat ile denatüre edilmesinden sonra üretilen bir mineral infiltrasyon bölgesinin oluşması (88, 89),
- fosfatın kalsiyum silikat hidrojel ve kalsiyum hidroksit ile kısmi reaksiyonu kalsiyum silikatların dentin nemi varlığında reaksiyonu yoluyla üretimi ve mineral infiltrasyon bölgesi boyunca hidroksiapatit oluşumu (90).

Bu pat grubunun önemli bir dezavantajı, yeniden tedavi gerektiğinde veya post boşluğu hazırlığında kök kanalından uzaklaştırma zorluğudur (91). Bir kök kanal patı için asıl gerekliliklerden biri sızdırmazlık özelliğine ek olarak kanal içinden uzaklaştırılabilirlik olmalıdır (92). Kalsiyum silikat bazlı patların sızdırmazlık özelliğini araştıran çok sayıda çalışma olmasına rağmen, daha az sayıda çalışma, yenilenebilirliği araştırmıştır ve bu çalışmaların bulgularında önemli tutarsızlıklar mevcuttur (36, 92).

2.2. Kanal Dolgu Yöntemleri

Dolgu materyali olarak güta-perka kullanıldığında kök kanal dolgu yöntemleri şu şekilde sınıflandırılabilir (93):

1. Soğuk gütaperkanın kullanıldığı teknikler
 - a) Lateral sıkıştırma tekniği
 - b) Tek kon tekniği
2. Kimyasal olarak yumuşatılmış gütaperkanın kullanıldığı teknik
 - a) Kloroform, okaliptol, halotan (Kişisel konlar)
3. Isı ile yumuşatılmış gütaperkanın kullanıldığı teknikler
 - a) Vertikal sıkıştırma tekniği (Schilder tekniği)
 - b) Sistem B devamlı dalga sıkıştırma tekniği
 - c) Lateral/vertikal sıkıştırma tekniği
 - i. Endotecll (Medidenta International Inc. 39-23, 62nd St Flushing, NY)
 - ii. Inject-R-Fill (Miltex Corporation)
 - d) Parçalı sıkıştırma tekniği
 - e) McSpadden termomekanik sıkıştırma tekniği
 - f) Termoplastik enjeksiyon tekniği
 - i. Obtura II (Obtura Spartan, Fenton, MI, ABD)
 - ii. Ultrafil 3D (Colténe-Whaledent, Konstanz, Almanya)
 - iii. Ultrasonik plastisizasyon
 - iv. BeeFill 2 in 1 (VDW, Münih, Almanya)
 - v. Calamus (Dentsply®, Maillefer®, İsviçre)
 - g) Taşıyıcı esaslı teknik
 - i. Thermafil (Dentsply, Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, ABD)
 - ii. Herofill (MicroMega, Besançon, Fransa)
 - iii. Simplifill (Lightspeed Technology Inc. San Antonio, TX, ABD)
 - iv. Successfill (Coltene/Whaledent, Inc.)

Kanal içi ana materyal olarak, gütaperka kullanılan en yaygın dolgu teknikleri, yıllardır tartışılan lateral ve vertikal sıkıştırma yöntemleridir (94). Tek başına lateral veya vertikal olarak ve diğer yandan konik şekilli kanal şekillendirmesine vertikal olarak sıkıştırılan yumuşatılmış gütaperka kütlelerini kondanse etmek fiziksel olarak imkansızdır ve otomatik olarak kuvvetin lateral bir bileşeni olması gerekir (94). Hangi tekniğin daha üstün olduğu tartışılabilir, ancak bunu "lateral" veya "vertikal" kuvvetler açısından değil, "soğuk dolgu tekniği" ve "sıcak dolgu tekniği" olarak karşılaştırmak gerekir (94).

Yıllar geçtikçe, tek bir teknikle ilgili yetersizlikler daha yeni dolgu yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır (20). Yine de şu zamana kadar kabul gören soğuk lateral sıkıştırma tekniğinin 'altın standart' teknik olduğudur (20).

2.2.1. Soğuk Lateral Sıkıştırma Tekniği

Klasik dolgu tekniği olarak tabir edilen, soğuk lateral sıkıştırma tekniğidir (95, 96). Hazırlanan kök kanalına patlı ana gütaperka konu yerleştirilir ve bir spreader kullanılarak destek gütaperka konlarının ana konun yanına eklenmesiyle kanal doldurulur ve patın varlığıyla gütaperkalar bir arada kalır (97). Zaman alan bir işlem olmasına rağmen, gütaperkanın kanala kontrollü yerleştirilmesi ve maliyetinin düşük olması nedeniyle günümüzde hala tercih edilmektedir (96). Kanal içindeki dolgu tam olarak homojen değildir ve aradaki boşluğu dolduran pat ile birlikte sıkıştırılmış çok sayıda gütaperkadan oluşur (98).

Soğuk lateral sıkıştırma tekniğinin bazı dezavantajları vardır (74);

- Gütaperka konları homojen, kompakt bir kütle oluşturmazlar. Bitimdeki kanal dolgusu, klinisyenin teknikteki uzmanlığına bağlı olarak az ya da çok miktarda pat ile ayrılmış birkaç gütaperkadan oluşacaktır.
- Lateral kanalların doldurulma şansı vertikal sıcak dolguyla karşılaştırıldığında daha düşüktür, dolduğunda da gütaperka ile değil pat ile dolar.

- Spreader, çalışma uzunluğunun 1 mm ila 2 mm gerisinde yerleştirilmelidir. Bu işlem dikkatli şekilde yapılmalıdır aşırı lateral kuvvetler uygulanması kökte vertikal kırık oluşmasına neden olabilir.
- Isı kullanılmadığından dolayı, ana konun en uç kısmının apikal tıkaması bu alandaki patın sızdırmazlık etkisine bağlıdır.

In vitro çalışmalar, soğuk lateral sıkıştırmanın diğer tekniklere göre daha fazla hacimsel sızıntı gösterebileceğini göstermiştir (74). Densite ve dolgunun ağırlığına göre yapılan çalışmalar sıcak dolgu tekniğinin soğuk lateral dolgu tekniğine göre avantajının yanı sıra güta-perka-pat oranının da daha avantajlı olduğunu göstermiştir (74).

Gimlin ve ark. (74) apikal bölgede üretilen stresin soğuk lateral dolguda daha fazla olduğunu belirtmiştir, ayrıca aynı apikal gerilimi oluşturmak için kuvvet uygulandığında, kanalın tüm uzunluğu boyunca kaydedilen ortalama kuvvet, vertikal sıkıştırma tekniğinde daha yüksektir. Böylece tüm kök yüzeyi boyunca eşit ve dengeli olarak dağılmış kuvvet üretilir (74). Bir çalışma, apikal periodontitisli vakalarda soğuk lateral sıkıştırma tekniğine göre sıcak vertikal sıkıştırma tekniği için %10 daha yüksek başarı oranı bildirmiş olsa da (99), pek çok çalışma bu bulguyu desteklememekle birlikte fark göstermemektedir (74).

2.2.2. Tek Kon Dolgu Tekniği

NiTi eğelerin kullanımı ile, tek kon dolgu tekniği yeniden popülerlik kazanmıştır (100). Kök kanalını daha büyük taperlı aletlerle hazırlayabilme ve nihai ana konu ana apikal eğenin boyutuyla eşleştirme yeteneği, tek kon dolgu tekniğinin kullanımını kolaylaştırır (100). Pratik deneyime daha az duyarlıdır, uygulaması daha kolaydır, ucuzdur ve bu nedenle birçok diş hekimi arasında popülerlik kazanmaktadır (100).

Tek kon dolgu tekniğinde, tam uyum göstermek için "*tug back*" (kanalın apikal 2 mm'sinde dairesel bir stop preparasyonundan sonra) oluşturacak şekilde tek bir güta-perka seçilir (101). Bu teknikte kullanılan pat tabakasının kalınlığı, tek konun kanal duvarlarına temasına ve uyumuna bağlıdır (101).

Eğer ana kon, kanal preparasyonunun boyutuna uyarlanırsa, sıcak vertikal sıkıştırma tekniğine benzer bir dolgu kalitesi sağlanabilir (102). İlginç bir şekilde, patın dentin tübülüne penetrasyonu, kullanılan dolgu tekniğinden bağımsız olarak gerçekleşir (103). Tek kon dolgu tekniğinde orantılı olarak diğer tekniklerden daha fazla pat kullanımı olacaktır; bu nedenle kullanılan patın özellikleri önemlidir (100).

2.2.3. Sıcak Dolgu Teknikleri

Üç boyutlu dolgu elde etmek için ısıtılmış gütaperka kullanımı, 1960'larda Schilder tarafından tanıtılmıştır (104). Schilder kök kanal sisteminin çeşitli ve karmaşık anatomisine uyarlanmış homojen, kararlı, uyumlu bir malzeme üreten bir teknik sağlamayı amaçlamıştır (105). Bu amacın gerçekleşmesi için sağlanması gereken önemli noktalardan biri, kök kanal dolgu malzemesinin hazırlanan kanal duvarına daha iyi adapte olmasıdır (51). Bu teknik, şekillendirilen kök kanalı içerisine ısıtılmış gütaperkanın sıkıştırılarak iletilmesini sağlar (105). Bu teknikte de gütaperkayla birlikte kullanılan kanal dolgu patıyla kanal dolgusu yapılır (105).

Gütaperka ısıtıldıkça daha plastik hale gelir ve özellikle oval şekilli kök kanallarındaki düzensizliklere ve girintilere uyum sağlar (106). Ancak termoplastik gütaperka tekniklerinin dezavantajları da vardır; gütaperka ısıtıldıkça genişler ve soğuma sırasında büzülür (%1-2), bu da kök dolgusu boyunca boşluklara neden olabilir (107).

Schilder tekniğinin tanıtılmasından sonra, ısıtılmış gütaperka konları kullanan; sürekli dalga obtürasyonu, enjekte edilebilir gütaperka ve taşıyıcı bazlı teknik gibi başka teknikler geliştirilmiştir (105).

Sıcak tekniğin kullanımına olanak sağlayan ticari ürünlerden bazıları şunlardır; Obtura dolgu sistemi (Obtura Spartan, Fenton, MI, ABD) (24), TermaFil dolgu sistemi (Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, ABD) (108), Ultrafil 3D dolgu sistemi (Colténe-Whaledent, Konstanz, Almanya) (109), BeeFill 2 in 1 (VDW, Münih, Almanya) (110), System B (Analytic Sybron Dental Specialties, Orange, CA, ABD) (111), Calamus® (Dentsply®, Maillefer®, İsviçre) (22).

Calamus yeni bir kök kanal dolgu sistemidir (27). Calamus Dual 3D Obturasyon Sistemi, Calamus “Pack” ve Calamus “Flow” olacak şekilde iki kısmını uygun şekilde birleştiren bir ünedir (27). Calamus Pack el aleti, uygun boyutta bir elektrikli ısı uygulayan plugger ile birlikte, dolgunun ‘down pack’ aşaması sırasında gütaperkayı ısıyla yumuşatmak, kesip uzaklaştırmak ve gütaperkaları sıkıştırmak için kullanılan ısı kaynağını içermektedir (27). Farklı boyutlarda üç plugger vardır ve prepare edilmiş kanalın apikal genişliğine, konikliğine ve eğriliğine göre uygun plugger boyutu seçimi yapılabilir (27). Siyah, sarı ve mavi ISO renklerinde pluggerlar mevcuttur ve bunlar sırasıyla 40/.03, 50/.05 ve 60/.06 çalışma uç çaplarına ve konikliklerine karşılık gelir (27). Calamus Flow el aleti, gütaperka kartuşu ve entegre kanül ile birlikte, dolgunun ‘back pack’ aşamasında kanal içine sıcak gütaperkayı taşımak için kullanılır (27). Kartuşlar tek hasta kullanımına uygundur ve 20 ve 23 gauge boyutlarında mevcuttur (27).

Dolgu işleminin ‘down pack’ kısmında kanala uygun boyutta yerleştirilen gütaperka çalışma boyunun 5 mm gerisinde kalacak şekilde ısıtılmış plugger ile kesilip uzaklaştırılmalıdır (27). Plugger, sıcak gütaperkayı kanal duvarlarından sıyrarak temizlemek ve dolguyu koronal olarak düzleştirmek için kısa, sağlam, dikey darbelerle kullanılır (27). Pluggerin çalışan ucu, gütaperka yüzeyini düzleştirmek için 5 saniye boyunca dikey olarak bastırılır (27). Bu hareket, kök kanal sisteminin lateral ve vertikal yönlerde dolgusunu sağlar ve ‘sıkıştırma dalgası’ olarak adlandırılır (27).

‘Down pack’ tamamlandığında ve apikal üçte birlik kısım doldurulduğunda, ‘back pack’ olarak tabir edilen kanalın kalan kısmının dolgusu yapılmalıdır (27). Calamus Flow kanalın kalanının dolgusunu kolay, hızlı ve üç boyutlu şekilde gerçekleştirebilir (27). Calamus Flow el aleti kullanıma hazır haldeyken, el aletinin içindeki bir piston gütaperka ile dolu kartuşa doğru hareket eder (27). Bu şekilde pistonun, ısıyla yumuşatılmış gütaperkayı kanül içinden kanala itmesiyle kanal dolgusu gerçekleştirilir (27). Apikalden sızdırmaz tıkama sağlama yeteneği, bir dolgu tekniğinin etkinliğini belirleyen önemli özelliklerden biridir (112). Farklı dolgu sistemlerinin sızdırmazlık özellikleri araştırılmıştır (20, 113, 114), fakat kök kanalı

Calamus sistemi ile doldurulduğunda, kökün farklı lokasyonlarındaki genel sızdırmazlık performansının etkisi hala tam olarak bilinmemektedir (17).

2.3. Kök Kanal Tedavisinin Yenilenmesi

Avrupa Endodonti Derneği (ESE)'nin yayınladığı yönergede kanal tedavisi yapıldıktan sonra tedavi sonuçlarının hem klinik hem de radyografik olarak değerlendirilmesi gerekir (115). Kanal tedavisinin değerlendirilmesi ve daha güvenilir bir sonuç için tedaviden sonra en az 1 yıl geçmiş olmalıdır (115). ESE yönergesine göre tedavi sonuçları (115);

- Olumlu sonuç (iyileşme); ağrı, şişlik gibi semptomların olmaması, fistül yolu olmaması, fonksiyon kaybı olmaması ve radyografik olarak kök çevresinde normal bir periodontal ligament aralığının izlenmesidir.

- Belirsiz sonuç; radyografik olarak tedavi öncesinde var olan bir lezyonun aynı boyutta kalmasıyla birlikte klinik bir semptom gözlenmemesi halidir. Bu durumda, vakanın en az 4 yıl boyunca takibi değerlendirilmesi önerilir.

- Olumsuz Sonuç (iyileşme yok); enfeksiyon belirtileri, tedavi sonrası radyolojik olarak lezyon oluşumu veya önceden var olan bir lezyonun boyutundaki artış, devam eden kök rezorpsiyonu belirtileridir.

Yeterli ve standart bir kanal tedavisi uygulandığında bile, kök kanal sisteminin anatomik özelliklerinden ve enflame dokuda kendine özgü zararlı faktörlerin varlığından dolayı başarısızlıklar meydana gelebilir (116). Kök kanal sistemindeki ısrarcı patojenlerin varlığı periradiküler dokularda enflamatuar immün reaksiyona yol açarak lokal kemik yıkımı oluşturabilir (117). Ayrıca periradiküler dokuların ve dolgu maddesinin mikroorganizmalar tarafından kontaminasyonu yabancı cisim reaksiyonunu başlatarak doku iyileşmesini bozabilir (117).

İlk kök kanal tedavisi için %97'ye varan başarı oranları bildirilmiş olsa da (118), tedaviden sonra, esas olarak patojenik mikrobiyotanın uzaklaştırılmaması nedeniyle tedavinin başarısızlıkla sonuçlanması mümkün olabilir (117). Kalıcı apikal

periodontitis veya daha önce yakın zamanda tedavi edilmiş bir dişte periapikal lezyon gelişmesi durumunda, kanal tedavisinin enfeksiyonu iyileştirememesinin sonucu çekim dışında iki olası tedavi alternatifi vardır: kök kanalının yeniden tedavisi veya apikal rezeksiyon (117).

Kök kanal tedavisinin yenilenmesi işlemi, tüm dolgu materyallerin uzaklaştırılmasının ardından kanalın temizlenmesini, şekillendirilmesini ve yeniden doldurulmasını içeren invaziv olmayan bir tedavi seçeneğidir (119).

Kanal dolgusunda sıklıkla kullanılan kor materyali olan gütaperkanın kanaldan kolaylıkla uzaklaştırılması en büyük avantajlarından (120). Gütaperkanın kanaldan uzaklaştırılmasını etkileyen faktörler; kök kanal dolgusunun kalitesi, kanal dolgusunun uzunluğu ve kök kanalının şeklidir (120). Kök kanalının koronal bölgesi, sıklıkla dolgunun en yoğun olduğu kısımdır (120). Kimyasal çözücüler, Hedstroem eğeleri, ultrasonik uçlar, döner eğeler gibi çeşitli yöntemlerle kimyasal ve mekanik dezenfeksiyon yoluyla önceki kök kanal dolguları kanaldan uzaklaştırılabilir (121). Bu işlem, başlangıçtaki kök kanal tedavisinin yetersiz olduğu durumlarda, periapikal periodontitis semptomlarının varlığında (örn. perküsyon hassasiyeti, lokalize şişlik vb.), tekrarlayan çürük lezyonlarının varlığında ve yetersiz geçici veya daimi koronal restorasyonların varlığında tercih edilen tedavi olarak kabul edilir (121).

Kök kanalında yeterli bir üç boyutlu sızdırmazlık elde etmek, kök kanal tedavisini yenileme işleminde zor olabilir, çünkü önceki kök kanal dolgu maddesinin ve gütaperkanın kalıntıları hem makroskobik hem de mikroskobik seviyede kalarak yeni kanal dolgusunun penetrasyonunu engelleyebilir (122). Eski dolgu malzemelerinin varlığı ve yeni dolgu malzemelerinin penetrasyon eksikliği, uzaklaştırılamayan mikrobiyal popülasyon ve yetersiz dolgu nedeniyle kanal içinde yeniden enfeksiyon oluşturarak tedavi sonucunu etkileyebilir (122). Kanal tedavisi yenileme gereksinimi doğan vakaların çoğu, periapikal patolojiyle ilişkilidir (123). Tedavi sırasında komplikasyonlar, tedavi sonrasında alevlenme ve postoperatif ağrı sık gözlemlenebilir (123). Apikalden taşan dolgu maddeleri postoperatif ağrıya, inflamasyona ve gecikmiş iyileşmeye yol açabilir (123). Teknik olarak kanal tedavisi

yenileme işlemleri zorlayıcı, zaman alıcı ve iyatrojenik hata olasılığı fazla görülen tedavilerdir (123). Genel olarak, kök kanal tedavisinin yenilenmesi özellikle periapikal lezyonlu dişlerde, ilk yapılan kök kanal tedavisinden nispeten daha düşük bir prognoza sahiptir (124). Bu düşük başarı oranına neden olabilecek faktörler arasında en önemlileri, tüm dolgu malzemelerinin kanaldan uzaklaştırılmasındaki teknik zorluk ve kanal dolgu malzemesi ve irrigantlar gibi malzemelerin kök kanal sisteminden periapikal bölgeye ekstrüzyonudur (125). Bu ekstrüde debris postoperatif enflamasyonda, postoperatif ağrı ve periapikal iyileşmenin gecikmesinde ve hatta başarısızlığında potansiyel bir kofaktör olarak kabul edilebilir (125).

2.3.1. Alevlenme

Endodontik alevlenme, endodontik tedavi kaynaklı, acil randevu ve aktif tedavi gerektirebilen ağrı ve şişlik oluşmasıyla yaşanan hem klinisyen hem de hasta için rahatsız edici ve istenmeyen bir klinik tablodur (126). Literatürde alevlenme için bildirilen oranlar %1,4 ile %16 arasında değişmektedir (127). Bu farklılık, her çalışmanın belirli bir protokol izlemesi, dolayısıyla ağrı ve şişlik aşamasını değerlendirmek için farklı örnekler ve kriterler kullanılmasıyla açıklanabilir (127). Hangi durumların alevlenme oluşumunu tetiklediğini değerlendirmek için çeşitli faktörler incelenmiştir (128). Bu faktörler; tedavi için gereken seans sayısı (129), kullanılan intrakanal medikamentler (130), cinsiyet, yaş ve diş grubu (131) gibi konak faktörleri, periapikal kaynaklı preoperatif ağrının varlığı (132), pulpa teşhisi (133), periradiküler tanı, tedavi tipi, başlangıç tedavisi veya yenileme tedavisi (134), radiküler kanal sistemi içinde iritan maddelerin varlığı (132), debrisin apikal ekstrüzyonu ve şekillendirme sırasında apikal patensinin korunup korunmaması şeklinde sıralanabilir (128).

Apikalden debrisin ekstrüzyonu postoperatif ağrıya ve alevlenmeye sebep olabilir ve cerrahi olmayan yenileme tedavisinin başarı oranını azaltabilir (135). Bu durum, mevcut şekillendirme teknikleri ve aletleri kullanılarak yapılan endodontik yenileme sırasında ve ilk defa yapılan kök kanal tedavisi sırasında ortaya çıkabilir (136).

Kanal tedavi yenileme işlemi sonrasında karşılaşılan alevlenme oranı ilk defa yapılan tedaviye kıyasla daha yüksektir (137).

2.3.2. Apikalden Taşma

Dolgu maddesinin periapikal bölgeye ekstrüzyonu, yeniden tedavi sonrası başarısızlık nedenlerinden biri olarak kabul edilir (138).

Chapman ve ark. (139), kanal tedavisinde enstrümantasyon sırasında enfektif debrisin kök kanalından apikal dokulara doğru ekstrüzyonunu doğrulayan ilk araştırmacılarıdır. Van de Visse ve Brilliant (140), daha sonra irrigasyon solüsyonları kullanılarak ve kullanılmadan kök kanallarındaki debrisin apikal ekstrüzyonunu karşılaştırmaya çalışmıştır.

Kullanılan tüm kanal şekillendirme teknikleri ve aletleri kanal çalışma boyu daha kısa olacak şekilde şekillendirme yapılmasına rağmen bir miktar debrisin apikalden taşmasına neden olmaktadır (141, 142). İrrigasyonun kanal içindeki debrisin periapikal olarak ekstrüzyonunu kolaylaştıran bir işlem olduğu ve irrigasyonsuz şekillendirmenin herhangi bir debrisin ekstrüzyonuna yol açmadığı, ayrıca debrisin miktarının kök kanalının uzunluğu ile korele olduğu belirtilmiştir (143). Ne var ki irrigasyon, başarılı bir kök kanal tedavisinin vazgeçilmez bir basamağıdır, irrigasyonsuz bir kanal tedavisi düşünülemez ve diğer doğal risklerin irrigasyon olmadan da ortaya çıkması muhtemeldir (143). Bu nedenle irrigant kullanımını tamamen ortadan kaldırmak yerine ekstrüzyon miktarını azaltacak bir metodolojinin seçilmesi daha mantıklıdır (143). Apikalden taşan irrigasyon solüsyon miktarının ve apikalden taşan debrisin miktarının kullanılan toplam irrigasyon solüsyonun miktarıyla doğru orantılı bir ilişki içinde olduğu düşünülmektedir (144).

Kök kanal tedavisi sırasında, dolgu malzemelerinin, kanal içi medikamentlerin veya kök kanal aletleri gibi periapikal yapıların bütünlüğünü bozabilecek başka malzemelerin de apikalden taşarak periapikal dokuları irite etmesi mümkündür (41). Genel olarak irrigant, medikament veya dolgu malzemelerinin apikalden çevre dokulara taşması, yabancı cisim reaksiyonu nedeniyle iyileşmenin gecikmesine hatta

tedavi başarısızlığına neden olabilir (145). Dolgu malzemeleri gibi periapikal dokuları irite eden yabancı cisimlerin varlığının endodontik tedaviden sonra periapikal dokuların iyileşmesini engellediğine dair klinik ve histolojik kanıtlar vardır (146). Yabancı cisim reaksiyonu bölgelerinde inflamatuvar ve kemik rezorptif sitokin kaynakları ve benzer mediatörler gibi önemli konakçı savunma hücreleri birikir (146).

2.3.3. Taşan Debrisin İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

Kök kanalının şekillendirilmesi sırasında periapikal dokulara taşabilecek olan debrisin kantitatif incelenmesi amacıyla çeşitli laboratuvar deney düzenekleri tasarlanmıştır (143). En fazla dikkat çeken ve debrisin apikalden ekstrüzyonu ile ilgili çoğu çalışma tarafından benimsenen sistem, Myers ve Montgomery (142) tarafından tanımlanan sistemdir. Bu sistem, içine diş kökünün sıkıca oturtulup sabitlendiği kauçuk bir tıpa, ekstrüde edilen debrisin ve irrigantın toplandığı bir cam şişe ve içine bu şişenin yerleştirildiği başka bir şişeden oluşur. Farklı çalışmalarda farklı debris toplama aparatı kullanılabilir (143). Bazıları tarafından cam şişeler seçilirken, bazıları tellerle dişin altına asılan alüminyum kronların kullanımını tercih etmiştir (147).

Bu tür çalışmaların yürütülmesinde iki nokta önemlidir (143). Öncelikle dişin yerleştirildiği düzenek, şekillendirme işleminin standardizasyonunu bozmaması için sabitlenmelidir (143). Ayrıca, işlemi gerçekleştiren operatörün üzerinde çalıştığı kökü görememesi için şişe bir rubber dam örtüsü kullanılarak kapatılmalıdır (143). Böylece uygulayıcı kör bir şekilde işlemi gerçekleştirir ve uygulayıcının taraflı olmasının önüne geçilir (143).

Fazla sıvının buharlaştırılabileceği kimyasal bir işlem olan liyofilizasyon (kuru dondurma) da bazı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (148). Liyofilizasyon işleminde kapalı ortam sayesinde oda sıcaklığındaki ve nemdeki küçük değişikliklerin önlenmesi tahmin edilmektedir (147). Numune tartılırken havadaki nemden kaynaklanan hidrasyon nedeniyle numunenin ağırlığı artabileceğinden standart bir dehidrasyon ve tartım işleminin izlenmesi önemlidir (147).

Kullanılan bir başka düzenek, Ruiz-Hubard ve ark. (135) tarafından kullanılan filtre kolon emici sistemidir (*filter column suction system*). Kanalların şekillendirilmesi, irrigasyonu ve kurutulmasının ardından kök kanalları doldurulur (135). Bu metodolojide deneysel kök kanallarının doldurulmasının nedeni, periapikal bölgedeki debrisin geriye doğru itilmesinin önlenmesidir (135). Toplanan debris, minik gözenekli plastik filtre içeren bir filtre kolonu emme sistemine verilir (135). Filtrelerin net ağırlığı önceden hesaplanır (135). Debris toplama işleminden sonra, filtreler nemin uzaklaştırılması için bir fırında ısıtılır ve ekstrüzyon miktarı, daha önce kaydedilen filtre ağırlığının, debris ve filtrenin ağırlığından çıkarılmasıyla hesaplanır (135).

Araştırmalarda kullanılan debris toplama sistemlerinin eksikleriyle ilgili araştırmacılar tarafından birkaç ortak açıklama yapılmıştır (149). Örneğin, bazı laboratuvar modellerinde apikal ekstrüzyona karşı doğal bir bariyer görevi görebilecek hiçbir periapikal doku yoktur (149). Bir çeşit simülasyon sağlansa bile, dokuların yapısı ve durumu ile pulpa durumu standardize edilemez (149). Araştırmacılar, vital pulpaya sahip dişlerde irrigant solüsyonunun kök kanal boşluğu ile sınırlı olduğu, oysa nekrotik pulpaya sahip dişlerde ve periapikal lezyonlara sahip dişlerde solüsyonun rastgele periapikal lezyonlara dağıldığı sonucuna varmışlardır (149). Periapikal dokuların durumu kadar pulpa durumu da taklit edilememektedir (149). Periapikaldeki basınç da simüle edilemez (143). Diğer bir önemli konu ise apikal foramen boyutunun standartlaştırılmasıdır (143).

Yakın tarihli bir çalışma, irrigant ekstrüzyonunu ölçmek için bir nokta iletkenlik probu (*point conductivity probe*) ve klinik koşulları simüle etmek ve periapikal basıncı taklit etmek için bir valf ve manyetik karıştırıcı içeren bir flakon sistemi tanıtmıştır (150). Periapikal bir lezyonu simüle etmek ve ekstrüde irrigantın toplanması için opak plastik bir şişe kullanılır (150). Irrigasyon iğnesi bir bağlayıcı aracılığıyla elektronik bir şırıngaya bağlanır (150). Deneysel irrigasyon tutarlılığını korumak için irrigasyon solüsyonunu sabit akış hızında ileten bir elektronik şırınga pompası kullanılır (150). Şişedeki elektrolit konsantrasyonunu belirleyerek gerçek zamanlı olarak ekstrüde edilen irrigantın hacmini değerlendirmek için bir nokta iletkenlik probu kullanılır (150).

Kısaca, prob, epoksi rezin ile ayrılmış iki eş merkezli elektrottan, yani algılama noktası elektrodundan ve geniş bir yüzey alanına sahip dış elektrottan oluşur (150).

Prob, plastik şişeye ucu dış apeksinin 5 mm altına gelecek şekilde sabitlenir (150). Şişenin karşı tarafına 21 gauge'luk paslanmaz çelik açık uçlu bir iğne sabitlenir (150). Şişe ile atmosfer arasındaki basınç eşitliğini kontrol etmek ve kapalı veya açık bir sistemin simülasyonuna izin vermek için iğneye plastik valf takılır (150). Plastik şişe ya tamamen damıtılmış suyla ya da tamamen ortam havasıyla doludur ve valf ya kapalı ya da açıktır (150). Böylece, irrigant ekstrüzyonuna karşı periapikal doku direncini simüle etmek için toplam dört yöntem değerlendirilir: su-kapalı, su-açık, hava-kapalı ve hava-açık (150). Bu sistem, daha fazla araştırma gerektirse de periapikal dokuların taklit edilmemesi nedeniyle ekstrüzyonun daha fazla görülmesinin eksikliğini yaşayan diğer araştırma tekniklerine göre daha güvenilir bir sonuç vadetmektedir (150).

2.3.3.1. Myers Montogemory Metodu

Çalışmamızda da kullandığımız Eppendorf tüpleri debrisin toplanması için kullanılan geleneksel araçlardır (148). Kendiliğinden sertleşen akril kullanmak, eppendorfa yerleştirilen dış kökünü stabilize etmenin bir yoludur (143). Ortasına dış kökü yerleştirilen kauçuk tıpa, apikal kısmı serbest kalacak şekilde şişenin ağzına sabitlenir (143). İç ve dış basınçları dengelemek için tüpün içine 25 gauge'luk iğne yerleştirilmiştir (143). İşlemin tarafsız ve objektif şekilde yapılması amaçlandığından taşan debris miktarının işlem süresince görülmemesi adına düzeneğin etrafı rubber dam örtü veya bir alüminyum folyo ile kapatılmalıdır (143).

Hassas bir mikro terazi kullanılarak şekillendirmeden önce ve sonra debrisin toplandığı tüpler tartılır ve şekillendirme sonrası ağırlıktan başlangıç ağırlığının çıkarılarak ekstrüde edilmiş debris hesaplanır (143). Debris ve irrigantlar birlikte ekstrüde edilebileceğinden, ekstrüde edilen sıvının bir inkübatörde saklanarak buharlaştırılması gerekir (143).

2.3.4. Kanal Dolgusunun Tamamen Sökülememesi

Klinik koşullarda, yenileme tedavi tekniği sırasında gütaperka kök kanalından tamamen uzaklaştırılmalıdır, çünkü bakteriler dolgu materyali ile kök kanal duvarlarının girintileri arasında kalabilir (151). Dolgu malzemesinin kanaldan uzaklaştırılması sırasında, iyi desteklenmiş dolgu malzemesi aletlere karşı direnç sağlar ve gütaperka ve patın yetersiz sökümü apikal foramene erişimi sınırlandırarak kök kanal dezenfeksiyonunu ve yeniden şekillendirmeyi yetersiz hale getirebilir (152). Gütaperkanın tamamen uzaklaştırılamadığı durumlarda, apikal inflamasyon devam edebilir ve bu da başarı olasılığını azaltacak önemli bir faktördür (151). Bu nedenle, söküm sırasında alet üzerinde gütaperka görülmediğinden emin olmak için işlem sırasında kalan dolgu malzemesi miktarı bir radyografi ile kontrol edilmelidir ve artık dolgu malzemesi tamamen uzaklaştırılana kadar şekillendirme işlemine devam edilmelidir (153).

Kanal dolgu tekniği, kanal tedavisinin yenilenmesi gereken durumlarda, kanaldaki gütaperka miktarı nedeniyle dolgu malzemesinin sökülmesi için gereken süreyi etkileyebilir (41). Dolgu maddesini sökmek için artan şekillendirme süresi de apikalden ekstrüze olan debris miktarını artırabilir (41).

2.3.5. Kalan Dolgu Materyallerini İnceleme Yöntemi

Kanal tedavisi yenileme işleminde apikalden taşan debrisin tedavi başarısını etkilediği kadar kök kanalında kalan eski dolgu materyallerinin de yeni yapılacak dolgunun başarısını etkileyebileceği bildirilmiştir (8). Tedavi başarısı esas olarak temizleme ve dezenfeksiyon işlemlerinin etkinliğine bağlıdır (154). Bu amaçla, kök kanal dolgu malzemelerinin uzaklaştırılması çok önemli bir rol oynar (154).

Literatürde kök kanal duvarında kalan dolgu maddesi miktarının değerlendirilmesinde konvansiyonel radyografi (155), konik ışıklı bilgisayarlı tomografi ve mikro bilgisayarlı tomografiden (mikro-CT) yararlanılmıştır (156). Kanalda kalan dolgu miktarının değerlendirilmesi, fotoğrafik veya mikroskopik analizden önce radyografik inceleme veya longitudinal kesit alma kullanılarak

yapılmıştır (157). Bu iki boyutlu görüntüleme tekniklerinin eksiklikleri nedeniyle, kalan dolgu malzemesinin hacmini hesaplamak için üç boyutlu mikro-CT taraması kullanılmıştır (158).

Yüksek çözünürlüklü mikro-CT, diş hekimliğinin farklı alanlarında umut vadeden uygulamalarla gelişmekte olan bir teknolojidir (159). Dişlerin muayenesi için geleneksel CT teknolojisinin kullanıldığı ilk çalışmalar, 1-2 mm'lik sınırlı vertikal çözünürlük kapasitesi nedeniyle riske atılmış ve X-ışınlarının metalik maddeler tarafından zayıflatılması nedeniyle bozulmuştur (159). Konvansiyonel CT'nin düşük çözünürlüğü, dişler veya kök kanalları gibi küçük nesnelerin uygun rekonstrüksiyonu için yetersizdir (160). Mikro-CT'nin geliştirilmesi, vertikal çözünürlük kapasitesini 100–200 μm 'ye (161) çıkarmıştır. Son yıllarda mikro-CT'nin çözünürlük kalitesi 81 μm 'ye (162), sonrasında 34 ve 68 μm (163) arasındaki çözünürlük değerlerine, ve ardından bu alandaki devam eden gelişmelerle birlikte çözünürlük kapasitesi 25 μm (164) ve 15 μm 'ye (165) yükselmiştir ve şu anda, <10 μm 'lik aksiyel tarama adımları ile taramaları gerçekleştirmek mümkündür (159).

Ayrıca, bu teknik ilk tedavideki şekillendirme (166) veya yenileme tedavisi (167) sırasında uzaklaştırılan dentin miktarı hakkında yoruma izin verir. Çalışmamızda da kullandığımız mikro-CT, 3D analiz, klinik pratiğinde yapılan yenileme tedavi işlemleri için kullanılmasada, in vitro çalışmalarda kullanıldığında daha ayrıntılı sonuçlar sağlar (168).

Bu tekniğin bazı kısıtlamaları, yeterli eğitim ve donanım/yazılım yeteneklerine bağımlılık gibi metodolojik sorunlarla ilgilidir (159). Mikro-CT ile başarılı yüksek yoğunluklu doku görüntüleme, doğru voltajı/filtreyi seçerek x-ışını enerjisini değiştirme esnekliğini ve ışın sertleştirme düzeltilmesi gibi parazit azaltma için orijinal gri tonlamalı görüntülerin uygun şekilde işlenmesini gerektirir (159, 169).

Çalışmamızda; tek kon ve sıcak dolgu tekniği olmak üzere iki farklı dolgu tekniği ve epoksi rezin ve biyoseramik esaslı olmak üzere iki farklı pat çeşidi kullanılarak yapılan kanal dolgularının, kanal tedavisi yenileme amacıyla sökülmesi

sırasında taşan debris miktarının ölçümü ve kanal duvarında kalan dolgu miktarının mikro-CT ile değerlendirilmesi sonrası grupların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmamızın sıfır hipotezi, kullanılan kanal dolgu patı ve de dolgu tekniğinin yenileme işlemi sırasında gruplar arasında fark olmayacağı ve taşan debris miktarıyla ve kök kanalında kalan kanal dolgusu miktarıyla ilişkisi olmayacağıdır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu *in vitro* çalışma GO22/260 kayıt numaralı ve 16969557-587 sayılı etik kurul raporu ile etik açıdan onaylanmıştır. Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (Proje No: THD-2022-20106) tarafından desteklenmiştir. Çalışmamızın deney aşamaları Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda ve Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.1. Dişlerin Seçimi

Bu çalışmanın tamamlanması için 60 adet tek köklü insan mandibular premolar dişi kullanılmıştır (Şekil 3.1). Özellikle bu araştırma için diş çekimi yapılmamış olup, protetik, periodontal veya ortodontik nedenlerle çekimi kararlaştırılmış dişler, hastaların da onamı ile araştırmaya dahil edilmiştir. İlgili literatürün taranması ile G*power (Version 3.1.9.4) yazılımı kullanılarak test gücü %80 ve güven düzeyi %95 olacak şekilde örneklem büyüklüğü belirlenmiştir. Taşma deneylerinde 15'er örnek, mikro-CT taramalarında bu 15 örnekten rastgele seçilerek 12'şer örnek kullanılmıştır. Kök kısmında çürük olan, çatlak olan, kırık olan dişler, daha önceden kanal tedavisi yapılmış dişler çalışmaya dahil edilmemiştir.



Şekil 3.1. Çalışma için toplanan tek köklü mandibular premolar diş örneği

3.1.1. Örneklerin Hazırlanması

Tüm diş köklerinin çalışma boyu 18 mm olacak şekilde dekoronizasyonu yapılmıştır. Tüm dişlerin radyografik apekslerinden 1 mm geri olacak şekilde #15 K tipi eğe (Dentsply, Almanya) ile çalışma boyu belirlenmiştir. Tüm dişler öncesinde ProTaper Gold F4 eğeye kadar sırasıyla ProTaper sistemine ait SX, S1, S2, F1, F2, F3 ve F4 eğeleriyle (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Orbe, İsviçre) şekillendirilme yapılmıştır (Şekil 3.2). Mekanik şekillendirme sırasında her eğe arasında kanallar 2 ml %2,5 sodyum hipoklorit (NaOCl) kullanılarak irriga edilmiştir. Final irrigasyon 2 ml %17 etilen diamin tetra asetik asit (EDTA) ile yapılmıştır. Kanal şekillendirmesi sırasında yapılan irrigasyonu aktive etmek için EndoActivator (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK) cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.3). Sonrasında dişler rastgele 2 ana gruba ayrılmıştır.



Şekil 3.2. ProTaper Gold eğeleri



Şekil 3.3. EndoActivator cihazı

3.1.2. Dişlerin Rastgele Gruplara Ayrılması

Grup SOG (Soğuk gutaperka grubu): Rastgele seçilen 30 diş tek kon tekniği ile F4 ana kon olacak şekilde doldurulmuştur. Kanal dolgusunun sıkıca desteklenmesi amacıyla eğe ile uyumlu ana gutaperka konu (F4) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) (Şekil 3.4) kök kanalı içine yerleştirildikten sonra 0,02 mm koniklik miktarına sahip yardımcı gutaperkalar, bir spreader yardımıyla kök kanal duvarlarına doğru basınçla sıkıştırılmıştır. Yardımcı kon spreader tarafından oluşturulan boşluğa yerleştirilmiştir. Spreader kanalın koronal 1/3'ünü geçemeyinceye kadar bu işlem tekrar edilmiştir. Fazla gutaperka kanal ağzının 1 mm altında olacak şekilde ısıyla uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.4. F4 kon

Grup SIG (Sıcak gütaperka grubu): Rastgele seçilen 30 diş Calamus (Dentsply®, Maillefer®, İsviçre) kullanılarak termoplastik enjeksiyon ile doldurulmuştur. Calamus Flow Dolgu Sistemi (Dentsply Tulsa Dental Specialties), ısıtılmış gütaperka enjeksiyon tekniğini kullanan bir sistem olup, ısı ayarını ve gütaperka akış hızını ayarlayan bir hazneye ve 2 ayrı uygulama koluna sahiptir (Şekil 3.5). Kollardan birine her örnek için ayrı olarak hazırlanmış gütaperka kartuşları yerleştirilmiştir. Bu kartuşlar, 20 ve 23 gauge kalınlıklarında olan kanüllerden ısıtılarak *down-pack* yöntemi ile kanal içerisine uygulanmıştır. Diğer kola ise ISO standartlarında geliştirilen 3 ayrı renk ve kalınlıktaki pluggerlar (siyah 40/.03, sarı 50/.05 ve mavi 60/.06) yerleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Calamus Sistemi

Örnekler randomize olarak kanal dolgusu sırasında kullanılan kök kanal dolgu patlarına göre 2 alt gruba ayrılmıştır;

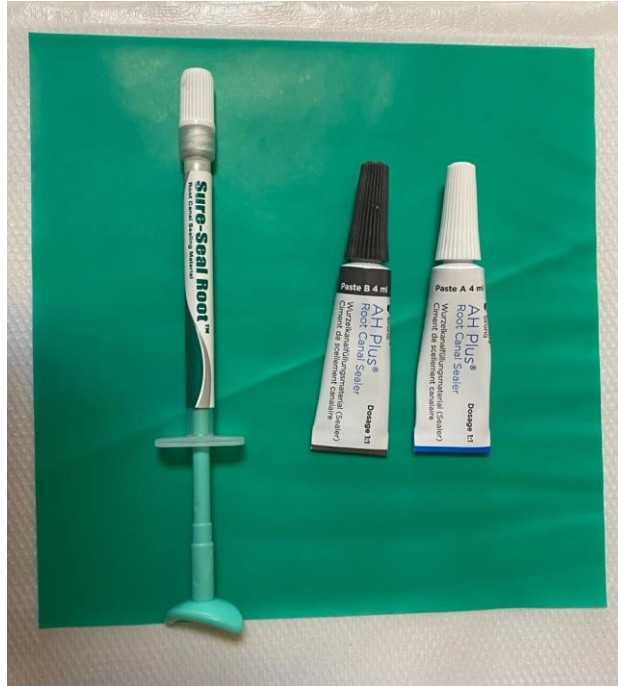
Grup SOG-ER (epoksi rezin): On beş diş AH Plus (Dentsply International Inc., York, PA, ABD) kanal dolgu patı kullanılarak tek kon tekniği ile F4 ana kon olacak şekilde doldurulmuştur.

Grup SOG-BS (Biyoseramik): On beş diş ise Biyoseramik (Sure-Seal Root, Sure Dent Corporation, Gyeonggi-do, Güney Kore) kanal dolgu patı kullanılarak tek kon tekniği ile F4 ana kon olacak şekilde doldurulmuştur (Şekil 3.6).

Grup SIG-ER: On beş diş AH Plus (Dentsply International Inc., York, PA, ABD) kanal dolgu patı kullanılarak Calamus (Dentsply®, Maillefer®, İsviçre) termoplastik enjeksiyon tekniği ile doldurulmuştur.

Grup SIG-BS: On beş diş ise Biyoseramik (Sure-Seal Root, Sure Dent Corporation, Gyeonggi-do, Güney Kore) kanal dolgu patı kullanılarak Calamus (Dentsply®, Maillefer®, İsviçre) termoplastik enjeksiyon dolgu tekniği ile doldurulmuştur (Şekil 3.7 ve Şekil 3.8).

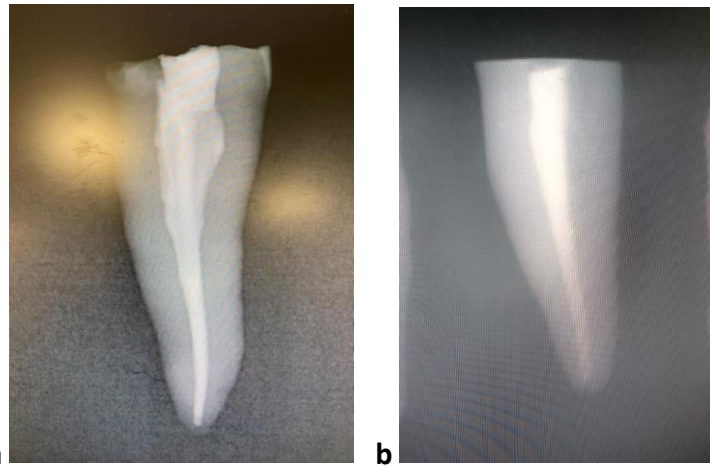
Patın sertleşmesi için örnekler 2 hafta %100 nemli ortamda ve 37°C sıcaklıkta bekletilmiştir.



Şekil 3.6. AH Plus ve Sure-Seal Root kanal dolgu patları



Şekil 3.7. Dört farklı gruptan diş örnekleri



Şekil 3.8. a Sıcak dolgu tekniği uygulanan diş örneği b Soğuk tek kon tekniği uygulanan diş örneği

3.2. Kanalların Sökümü

Doldurulan kanalların sökümü ProTaper Universal Retreatment eğeleriyle (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Orbe, İsviçre) sırasıyla D1, D2, D3 kullanılarak yapılmıştır (Şekil 3.9) ve akabinde hepsine F5 eğesi (ProTaper Gold) yapılarak söküm işlemi tamamlanmıştır. Bu söküm ve son şekillendirme işlemleri sırasında eğeler üretici talimatları doğrultusunda bir endomotor (X Smart Plus, Dentsply, Ballaigues, İsviçre) (Şekil 3.10) yardımıyla kullanılmıştır. Her eğe değişiminden sonra kökler 1 ml distile su kullanılarak, toplam kullanılan distile su miktarı 5 ml olacak şekilde irrigasyon edilmiştir. Örnekler, sökümü esnasında aşağıda açıklanan düzeneğe yerleştirilmiştir.



Şekil 3.9. ProTaper Universal Retreatment eğeleri

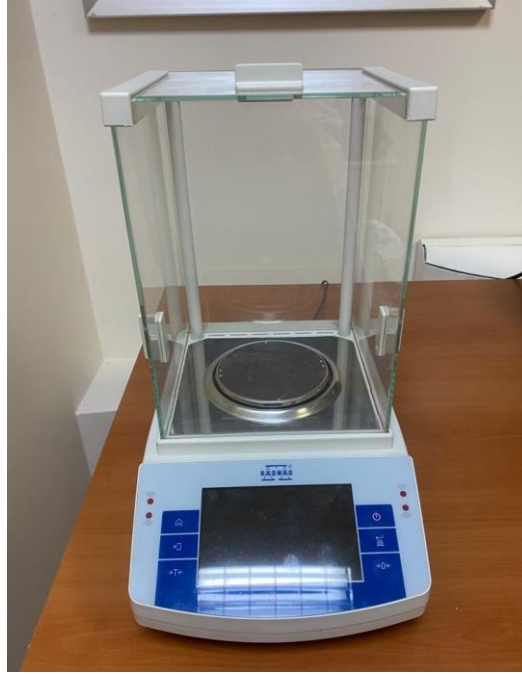


Şekil 3.10. X Smart Plus Dentsply endomotor

3.3. Debrisin Toplanması

Tüm deney gruplarında, söküm esnasındaki mekanik şekillendirme sırasında apikalden taşan debris ağırlıkları, önceden 10^{-4} g hassasiyetindeki elektronik tartıyla (RADWAG, Radom, Polonya) (Şekil 3.11) ağırlıkları belirlenen eppendorf tüpleri içerisinde biriktirilmiştir (Şekil 3.12). Her bir örnek, kanal tedavisi yenileme işleminden önce eppendorf tüplerine sabitlenmiştir. İç ve dış basıncı ayarlayabilmek için 25 gauge'luk bir iğne eppendorf kapaklarından geçirilmiştir. Kanal tedavisi yenileme işlemi sırasında mekanik şekillendirmede apikalden taşan debrisler toplanmıştır. İşlem sonrasında kök yüzeyinde kalan debrisler 1 ml distile su ile yıkanarak eppendorf tüpleri içerisinde bulunan debrisye eklenmiştir. Tüpler içerisindeki distile su buharlaştırıp kuru debris ağırlığını ölçebilmek için tüpler 37°C de 14 gün süre ile etüvde bekletilmiştir (Şekil 3.13). Tüm deney gruplarında her bir örneğin bulunduğu eppendorf tüpü için ardışık üç ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

Apikalden taşan debrisin ağırlığı, debrisi içeren eppendorf tüplerin ağırlığından boş eppendorf tüplerin ağırlığı çıkarılarak hesaplanmıştır.



şekil 3.11. Hassas tartı (RADWAG, Radom, Polonya)



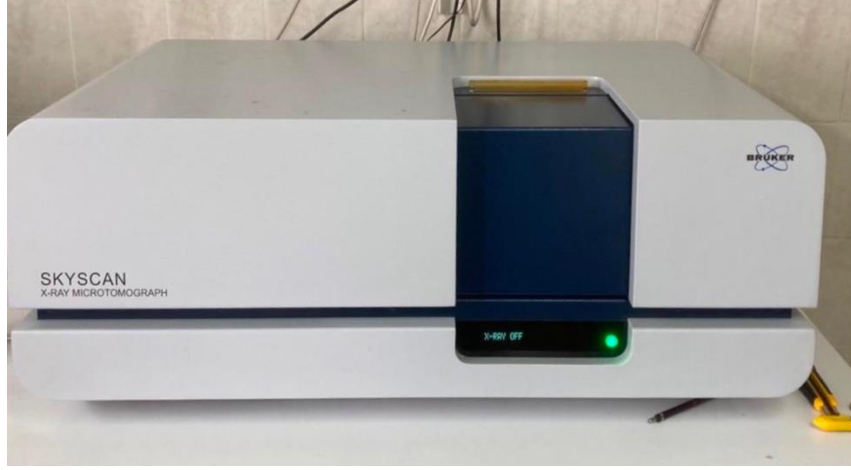
şekil 3.12. Etüvde bekletilmek üzere hazırlanan deney düzeneği



Şekil 3.13. Etüv ortamı

3.4. Kök Kanal Duvarlarında Kalan Materyal Miktarının Tespit Edilmesi

Kök kanal dolgusunun sökümünü takiben örnekler eppendorf tüplerden uzaklaştırılmış, örneklerden görüntü elde etmek için yüksek çözünürlüklü, masaüstü mikro bilgisayarlı tomografi cihazı (Şekil 3.14) (Bruker Skyscan 1275, Kontich, Belçika) kullanılarak örnekler taranmıştır. Tarama yapılırken mikro-CT sistemi 80 kVp (Kilovolt peak), 125 mA (mili amper), 49 ms maruziyet süresi ve 0.5 mm Al/Cu filtre; voxel boyutları 18 μm ve 0.2 rotasyon parametrelerine göre çalıştırılmıştır. Ring artefaktlarını en aza indirmek için, her taramadan önce dedektörün hava kalibrasyonu yapılmıştır. Her numune, tarama esnasında 360° döndürülmüştür. Ortalama tarama süresi 1 saat civarındadır. Cihazın diğer ayar ve parametreleri üretici talimatları doğrultusunda ayarlanmıştır.



Şekil 3.14. Mikro Bilgisayarlı Tomografi Cihazı

3.5. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin İncelenmesi

NRecon (ver. 1.6.7.2, SkyScan, Kontich, Belçika) ve CTAn (CT analyzer) (ver. 1.17.7.2, SkyScan) yazılımı örneklerin görselleştirilmesi ve nicel ölçümleri için kullanılmıştır. Aksiyal kesitte 1000x1000 piksellik iki boyutlu görüntüler elde edilmiştir. NRecon yazılımı ise görüntü rekonstrüksiyonu esnasında radyolojik artefaktları en aza indirmek için ring artefaktı düzeltmesi ve yumuşatma sifra sabitlenmiş ve ışın artefaktı düzeltmesi %40 olacak şekilde ayarlanmıştır. SkyScan'ın talimatları izlenerek kontrast limitleri uygulanmıştır. NRecon yazılımı (Skyscan, Kontich, Belçika) kullanılarak tarayıcı tarafından elde edilen görüntüler köklerin 2 boyutlu dilimlerini gösterecek şekilde yeniden yapılandırılmıştır. Tüm taramalardan toplam 1023 kesit görüntüsü elde edilmiştir. Ayrıca kök kanal ölçümünün 3 boyutlu hacimsel görselleştirilmesi, analizi ve hacminin hesaplanması için CTAn (Skyscan, Aartselaar, Belçika) yazılımı kullanılmıştır. CTAn programında her bir kanalın üst ve alt sınırları kesitsel olarak belirlenip, sonrasında her kesitte kanal sınırları *region of interest* (ROI) içerisine alınarak çizilmiştir. Bu çizim sonrasında 0-255 gri skala kullanılarak dentin, kanal boşluğu ve dolgu kalıntılarının ayrı ayrı *thresholdları* belirlenmiştir. Bu *threshold* ayarları ile 3D analiz özelliği kullanılarak önce kanal hacmi sonrasında bu kanal içindeki radyopak kalıntı miktarı mm^3 olarak hesaplanmıştır. Kalan dolgu materyali hacminin tüm kanal hacmine oranı belirlenmiştir.

3.6. Verilerin Analizi

Verilerin normal dağılımı Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. Kanal hacimlerinin incelenmesinde tek yönlü Anova testi, taşan debris miktarları, kalan kanal dolgu materyali miktarı ve yüzdesi iki yönlü Anova ve Bonferroni post-hoc testleri kullanılmıştır. Taşan debris miktarı ve kalan dolgu materyali hacmi arasındaki korelasyon Perason korelasyon testi ile değerlendirilmiştir. Analizler SPSS v23 programı (IBM Corp., Armonk, New York, ABD) ile $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Taşma Deneyi Bulguları

İki yönlü Anova ve Bonferroni post-hoc testleri ile yapılan ikili karşılaştırmalara ait sonuçlar ve grupların taşma verileri Tablo 4.1’de yer almaktadır. Sıcak dolgu tekniğinin epoksi rezin veya biyoseramik esaslı pat ile kullanıldığında, soğuk dolgu tekniğine göre daha fazla materyalin taşmasına neden olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Soğuk dolgu tekniği ile kullanılan patların taşan debris üzerinde anlamlı etkisi olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$), ancak sıcak dolgu tekniği ile kullanıldığında biyoseramik esaslı patın anlamlı olarak daha fazla taşmaya neden olduğu görülmüştür ($p < 0,05$).

Tablo 4.1. Grupların taşma değerleri (gram cinsinden)

Gruplar	Ortalama*	Standart Sapma
SOG-ER	0,00010 ^{aA}	0,00010
SOG-BS	0,00150 ^{aA}	0,00176
SIG-ER	0,00200 ^{aB}	0,00267
SIG-BS	0,00400 ^{bB}	0,00264

* Aynı dolgu tekniğinin ve farklı patların kullanıldığı grupların karşılaştırılması küçük harfler, farklı dolgu tekniklerinin ve aynı patın kullanıldığı grupların karşılaştırılması büyük harfle gösterilmektedir. Farklı üssü harfler ilgili karşılaştırmalarda istatistiksel fark olduğu anlamına gelmektedir ($p < 0,05$).

4.2. Mikro Bilgisayarlı Tomografi Tarama Bulguları

4.2.1. Kanal Hacimlerinin Değerlendirilmesi

Tablo 4.2’de kanal hacimlerinin sonuçları yer almaktadır. Varyanslar homojen olup, (Levene testi $p > 0,05$), tek yönlü Anova testine göre gruplar arasında kanal hacimleri açısından anlamlı bir fark yoktur ($p > 0,05$).

Tablo 4.2. Grupların mm³ cinsinden kanal hacimleri

Gruplar	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama	Standart Sapma
SOG-ER	15,08	21,05	18,49	1,98
SOG-BS	10,10	34,69	20,98	6,88
SIG-ER	16,32	28,03	21,82	3,95
SIG-BS	13,64	28,45	20,68	4,91

4.2.2. Kalan Dolgu Hacimlerinin ve Yüzdelerinin Değerlendirilmesi

Tablo 4.3'te kalan dolgu hacimleri ve yüzdeleri yer almaktadır. Gruplardaki değerlerin varyansları homojen olup (Levene testi $p>0,05$), iki yönlü Anova ve Bonferroni post-hoc testleri soğuk gütaperka tekniği epoksi rezin patla kombine edildiğinde biyoseramik pata göre daha az dolgu maddesi kaldığını göstermiştir ($p<0,05$). Sıcak gütaperka tekniği kullanıldığında patların kalan dolgu maddesi üzerinde bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Kalan dolgu maddesinin kanal hacmine oranı incelendiğinde ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.3. Grupların mm³ cinsinden kalan dolgu maddesi hacmi ve kalan dolgu maddesinin kanal hacmine oranı

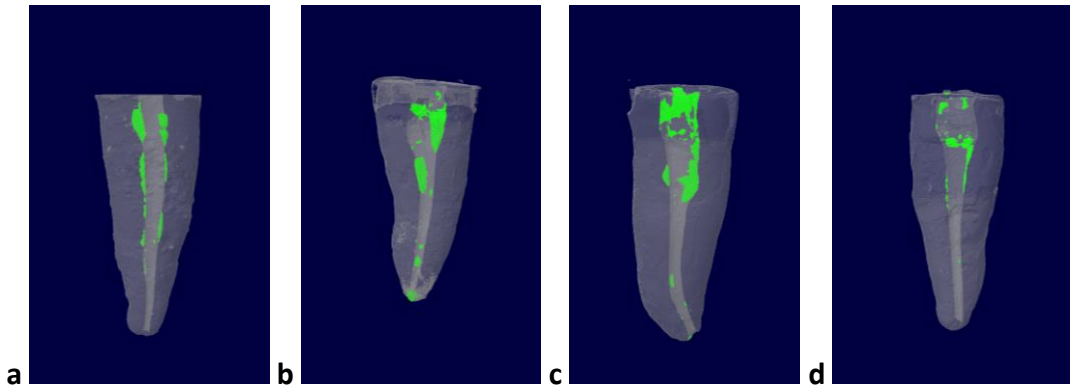
Gruplar	Kalan Dolgu Maddesi Yüzdesi (%)		Kalan Dolgu Maddesi Hacmi (mm ³)	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama*	Standart Sapma
SOG-ER	8,22	4,89	1,47 ^{aA}	0,77
SOG-BS	10,27	3,55	2,03 ^{bB}	0,64
SIG-ER	7,88	4,25	1,67 ^{aA}	0,76
SIG-BS	8,24	2,77	1,64 ^{aB}	0,49

* Aynı dolgu tekniğinin ve farklı patların kullanıldığı grupların karşılaştırılması küçük harfler, farklı dolgu tekniklerinin ve aynı patın kullanıldığı grupların karşılaştırılması büyük harfle gösterilmektedir. Farklı üssü harfler ilgili karşılaştırmalarda istatistiksel fark olduğu anlamına gelmektedir ($p<0,05$).

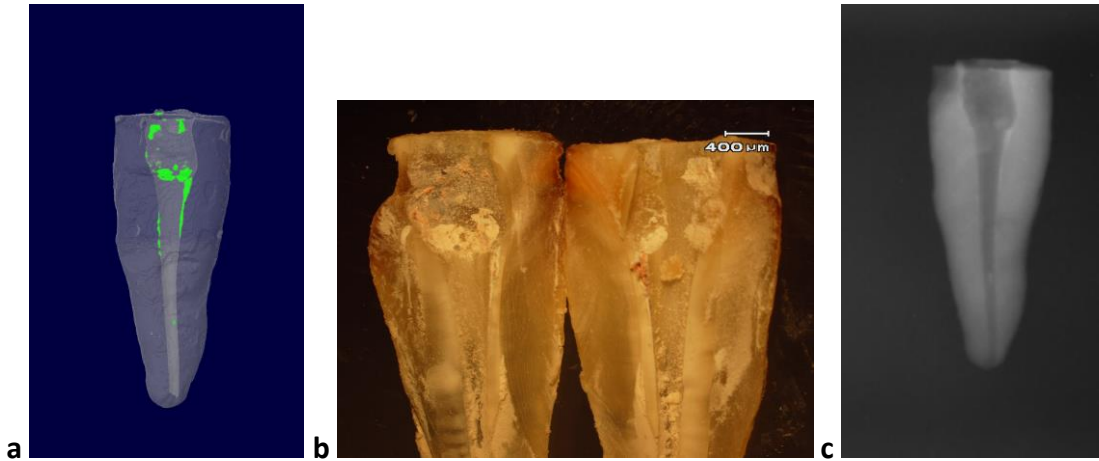
4.2.3. Taşan Debris Miktarı ve Kalan Dolgu Maddesi Arasındaki Korelasyon

Grupların hiçbirinde taşan debris miktarı ve kalan dolgu maddesi hacmi-yüzdesi arasında korelasyon gösterilememiştir ($p>0,05$).

Şekillerde 4 farklı gruba ait dişlerin kanal sökümü sonrasında kalan kanal dolgusunun yeniden yapılandırılmış 3 boyutlu mikro-CT görüntülerinin temsili örnekleri görülmektedir.



Şekil 4.1. a SOG-ER grubu b SOG-BS grubu c SIG-ER grubu d SIG-BS grubuna ait yeniden yapılandırılmış 3 boyutlu mikro-CT görüntülerinin temsili örnekleri



Şekil 4.2. a Bir örneğin mikro-CT taramasından yapılandırılan 3 boyutlu görseli b Steromikroskop görüntüsü c Periapikal radyografisi

5. TARTIŞMA

Başarılı bir kök kanal tedavisi için uygun şartlarda yapılan şekillendirme ve irrigasyon işlemlerini takiben dişin tekrar enfeksiyon ihtimalinin önlenmesi için kanalın bir dolgu malzemesi ile sızdırmaz şekilde üç boyutlu olarak doldurulması gereklidir (170). İlk defa yapılan kök kanal tedavisi için yüksek başarı oranı gösterilmiş olsa da, tedaviden sonra başarısızlıklar meydana gelebilir (171). Yapılan araştırmalarda, kanal tedavisi için bu başarısızlık riskinin %14-16 oranında olduğu bildirilmiştir (145, 172). Daha önceden endodontik tedavi görmüş fakat ısrarcı periapikal lezyonu olan dişlerde, dişin protetik olarak restore edilebilir olması, periodontal olarak sağlıklı olması ve hastanın dişi korumaya istekli olması durumunda, cerrahi olmayan yeniden kanal tedavisi uygulanabilir (173).

Kanal tedavisi yenileme işleminde biyolojik sonuçlar hedeflense de, işlem sonrasında yaşanacak şiddetli ağrı hasta açısından önemli olduğu kadar hekim açısından da istenmeyen bir durumdur (174). Kanal tedavisi yenilemesinde postoperatif ağrıya neden olabilecek birçok değişken vardır (175). Apikal ekstrüzyon genel olarak kanal şekillendirmesi sırasında dentin talaşlarının, pulpanın, nekrotik dokunun, mikroorganizmaların ve kanal içi irrigantların, ayrıca önceki kök kanal dolgu malzemelerinin, yeniden tedavi sırasında apikal foramenin ötesine taşmasıyla oluşabilir (125).

Kanal tedavisi yenilemesinde bir diğer başarı kriteri apikal patensinin yeniden sağlanabilmesi, kök kanalının tam olarak temizlenebilmesi ve de yeniden ideal bir dolgunun yapılabilmesi adına kök kanalından eski kanal dolgusunun uzaklaştırılabilmesidir (120, 176). Eski dolgunun uzaklaştırılmasındaki başarı yeni yapılacak tedavinin başarısını etkiler. Kullanılan dolgu malzemeleri ve söküm teknikleri ne olursa olsun kanal dolgusunun duvarlardan tam anlamıyla uzaklaştırılması mümkün görülmemektedir (177, 178).

Yakın zamanda yapılan bir derlemede, apikal ekstrüzyona odaklanan çalışmaların çoğunda, ekstrüde edilmiş debrisin hesaplanmasında insan dişlerinin

kullanıldığı belirtilmiştir (179). Ruiz-Hubard ve ark. (135) yaptıkları çalışmada dişler arasında standardizasyon sağlamak için akrilik endodontik diş modellerini kullanmıştır. Ancak doğal insan dişleriyle akrilik modeller çoğu açıdan birbirlerine benzememektedir ve döner aletlerle üretilen ısı rezin malzemesini yumuşatabilir ve deney sisteminin güvenilirliğini olumsuz yönde etkileyebilir (143, 180). Literatürde diş seçimi; şekil, boyut ve morfoloji açısından standardizasyon sağlayacak şekilde titizlikle gerçekleştirilir. Wu ve ark. (181), yaptıkları araştırmada standartlığın korunabilmesi için aynı grup dişlerin kullanılmasını ve bu dişlerde kanal yapısı ve uzunlukların benzemesi gerektiğini bildirmişlerdir, ancak literatürde apikal debris taşması araştıran bazı çalışmalarda eğimli kökler de kullanılmıştır (147, 182). Yapılan çalışmaların çoğunda kesici dişler (183-186), üst santral dişler (187), alt ve üst santral ve lateral dişler (142) ve mandibular küçük azı dişler (188-191) kullanılırken, bazılarında azı dişlerinin meziyobukkal kökleri (192, 193) kullanılmıştır. Rechenberg ve ark. (194) yuvarlak ve oval şekilli kanallardan kök kanal dolgusu sökümünü karşılaştırmış ve yuvarlak kanallarda söküm başarısı daha iyiysen, oval kanallarda kalan dolgu miktarının daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (194). Crozeta ve ark. (195) farklı pat çeşitlerinin farklı kanal yenileme sistemleri kullanarak sökülebilirliğini araştırdıkları bir çalışmada ilk mikro-CT değerlendirmesinden sonra yalnızca oval kanalları dahil etmeyi seçmiştir. Kim ve ark. (196) farklı pat çeşitlerinin kanaldan sökülebilirliğini karşılaştırdıkları benzer bir çalışmayı C şekilli kanallarda araştırmışlardır. Kanal dolgu malzemelerinin sökülebilirliğiyle ilgili yapılan bir derlemede farklı kök kanal morfolojilerine sahip diş örnekleriyle yapılan çalışmalar dahil edilmiş ve kök kanal anatomisinin çalışmanın sonucunu etkileyebilecek önemli bir faktör olduğu rapor edilmiştir (197). Derlemede yer alan, oval şekilli premolar dişlerin dahil edildiği bir çalışmada (198) sonuçlar; MTA Fillapex patının, EndoSequence BC pat ve AH Plus'a göre daha kolay sökülebildiğini bildirmişken, maksiller kesici dişlerde yapılan bir diğer çalışmada (38); EndoSequence BC patın AH Plus'a göre sökülmesinden sonra daha fazla dolgu miktarı kaldığı bildirilmiştir. Aynı derlemede yer alan ve mandibular molar dişler üzerinde yapılan bir çalışmada ise (199), EndoSequence BC patın AH Plus pata göre daha sökülebilir olduğu rapor

edilmiştir. Kök kanal morfolojisine göre kalan dolgu miktarı karşılaştırıldığında, kanal patından bağımsız olarak, kanal duvarlarının temizlenebilirliği C-şekilli kök kanallarında en düşük seviyededir; bu duruma, C şeklindeki kök kanallarının yapısal karmaşıklığı neden olur (196) ve bahsi geçen çalışmada kullanılan biyoseramik patlardan biri olan EndoSeal MTA'nın bu kadar komplike bir yapıya penetre olması avantajı önemlidir ancak uzaklaştırılması da bir hayli zordur, farklı kök morfolojilerine sahip dişlerle yapılan farklı çalışmalarda bu nedenden dolayı farklı sonuçlar bulunabilmektedir (196).

Eğimli köklerdeki kanalların standardizasyonunu sağlamanın güçlüğüne düşünerek, mevcut çalışmada standardizasyonu sağlamak ve klinik koşullara benzer durumu yaratmak için örnek dişler olarak düz köklü insan mandibular premolar dişlerini kullandık. Bu seçimin bir diğer nedeni de mandibular premolar dişlerin bukkolingual olarak geniş olmasından dolayı tüm kanal duvarlarına temasın zorluğu ve kanal yenileme işleminde eski dolgununun uzaklaştırılmasının tedavi başarısındaki büyük önemidir.

Van de Visse ve Brilliant (140), yapılan araştırmada kanal çalışma boyunun apikalden taşan debris üzerinde etkisi olduğunu bulmuştur. Fairborn ve ark. (147) kanal çalışma boyu arttıkça taşan debrisin arttığını ama yine de anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir. Çalışmaların çoğunda, standardizasyon için belirli kök uzunluğunu elde etmek için dişlerin kuronları mine-sement birleşiminde dekorone edilmiştir (192, 200, 201). Bazı çalışmalarda, dekoronasyon yerine klinik koşulları simüle etmek için dişin tüberkülleri düzleştirilmiş kanal preparasyonları dekoronasyon yapılmadan yapılmıştır (189, 202, 203). Dekoronasyon işlemi, klinik durumu tam olarak yansıtmasa da kron anatomisi ve kök kanal uzunluğu gibi bazı değişkenleri ortadan kaldırarak örneklerin standardize edilmesine imkan sağlamaktadır (204). Bu bilgiler ışığında mevcut çalışmada standardizasyonu sağlamak için dişleri, her biri 18 mm uzunluğunda olacak şekilde dekorone ettik.

Van de Visse ve Brilliant (140), kanal tedavisi sırasında irrigasyon yapılarak veya irrigasyon yapılmadan kök kanallarındaki debrisin apikal ekstrüzyonunu

karşılaştırmıştır ve irrigasyonun kanal içindeki debrisin periapikal olarak ekstrüzyonunu arttıran bir işlem olduğunu bildirmişlerdir. Irrigantların yanı sıra debrisin de apikalden taşabileceğinden, yalnızca apikalden taşan debrisin hesaplanması amaçlanıyorsa, ekstrüde edilen sıvının bir debris toplama kabında saklanarak buharlaştırılması gerekir (143). Çalışmalarda kullanılan irrigantlar, bazılarında distile su (205), bazılarında NaOCl (206), bazılarında ise musluk suyu (147) olmak üzere farklılıklar göstermiştir.

Günümüzde, en çok tercih edilen irrigasyon solüsyonu, esas olarak organik dokuları çözme başarısı ve özellikle biyofilmlere karşı güçlü antimikrobiyal etkisi nedeniyle NaOCl'dir (207). Klinik koşulları daha iyi yansıtacağını düşünen araştırmacılar çalışmalarda irrigant olarak NaOCl kullanmıştır (208). Apikalden taşan debrisin incelendiği çalışmalarda irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl kullanıldığında buharlaşan NaOCl irrigantından geriye kalan sodyum kristallerinin, debristen ayrılmaması ve dolayısıyla taşan debrisin tartımı sırasında yanıltıcı sonuçlar doğurması araştırmacıların irrigasyon solüsyonu olarak distile suyu kullanmalarına sebep olmuştur (205). Silveira ve ark. (209), farklı irrigasyon solüsyonlarıyla yaptıkları çalışmalarda debrisin ölçümü için taşan debrisin ve irrigasyon solüsyonu buharlaştırılmasıyla kalan artık malzemede en fazla miktarda sodyum kristali içeren solüsyon olarak NaOCl'yi bildirmişlerdir ve bu da yukarıda bahsedildiği gibi çalışma sonuçlarını etkileyecek bir faktördür. Araştırmacılar NaOCl kullanımının distile su kullanılan çalışmalara kıyasla, debrisin ağırlığının daha fazla çıkmaya yatkın olduğunu bunun da sodyum kristalleri kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir (209). Bu sebepten dolayı biz de mevcut çalışmada ilk yapılan kanal dolgusu öncesinde irrigasyon solüsyonu olarak NaOCl kullanmakla birlikte, debrisin ölçümü sırasında yanıltıcı sonuçlardan kaçınmak için kanal dolgusu sökümünde distile su kullandık.

Bazı çalışmalarda kullanılan irrigant hacminin standart ölçüde kullanılmasıyla ilgili bir girişimde bulunulmamış ve bu kriterin çalışmanın sonucunu etkilemediğini ya da çok az etkilediğini öne sürmüşlerdir (184). Kanal dolgu sökümü sırasında kullanılan irrigant hacminin taşan debrisin miktarını etkileyeceğini ön gördüğümüzden dolayı

irrigant hacmini kullanılan her eğeden sonra 1 ml ve son eğeleme işleminden sonra kanalın temizlenmesi için 1 ml, toplamda 5 ml olacak şekilde uyguladık.

Kök kanal dolgusundan önce, bazı çalışmalar smear tabakasının uzaklaştırılması için son irrigasyon protokolünde EDTA'nın da kullanımını uygun bulurken (191, 210, 211), bazı çalışmalarda irrigasyon maddesi olarak sadece NaOCl tercih edilmiştir (212, 213). Mevcut çalışmada rutin klinik işlemlerimize uygun olacak şekilde kanal dolgusu öncesi NaOCl irrigasyonunun yanı sıra smear tabakası uzaklaştırmak için EDTA irrigasyonunu EndoActivator ile aktive ederek uyguladık.

Literatürdeki çalışmalarda diş örneklerinin preparasyon ve dolgu aşamaları tamamlandıktan sonra, kanal dolgusunun sökümü yapılmadan patın sertleşmesi için belirli bir süre beklenir (179). Bir derlemede dahil edilen tüm çalışmalarda bekleme süresi, patın tam olarak sertleştiğine emin olmak için en az 7 gündür (197). Klinik pratiğinde, hastalara birkaç ay veya birkaç yıl sonra yeniden tedavi endikasyonu konabilir (197). Pedullà ve ark. (214) ve Liu ve ark. (199), laboratuvar çalışmalarında, 4-54 ay bekleme süresinden sonra biyoseramik patların yenileme etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Pedullà ve ark. (214) yaptıkları bu çalışmalarında farklı irrigasyon teknikleri (ultrasonik irrigasyon ve Tornado irrigasyon fırçası, M.I.B, Suresnes, Fransa) ile döner aletler kullanarak iki farklı kalsiyum silikat bazlı patın (BioRoot RCS, Septodont, Saint–Maur-des-Fosses, Fransa ve GuttaFlow, Bioseal, Coltene/Whaledent AG, Langenau, Almanya) sökülebilirliğini araştırmayı hedeflemişlerdir ve gruplar arası anlamlı bir fark olmadığı rapor edilmiştir (214). Bu çalışma Tornado fırça irrigasyon sistemini araştıran ilk rapor olması sebebiyle önceki çalışmalarla doğrudan bir karşılaştırma yapılamadığı bildirilmiştir (214). Liu ve ark. (199) mevcut çalışmaya benzer olarak farklı pat çeşitleri ve dolgu tekniklerini karşılaştırmışlar ve sıcak vertikal teknikle doldurulan dolgunun sökümünde tek kon tekniğe göre anlamlı derecede daha fazla dolgu miktarı kaldığını rapor etmişlerdir. Liu ve ark. (199) çalışmalarında sıcak vertikal sıkıştırma ve AH Plus kanal patı kullanılarak doldurulan ve 54 ay boyunca bekleyen örneklerin XP-endo Shaper kullanılarak yapılan kanal sökümü sonrasında duvardan uzaklaştırılan dolgu miktarı %77,8'i iken, De-Deus

ve ark. (215) sürekli dalga sıkıştırma tekniği ve AH Plus kanal patı ile doldurulmasından sonra örnekleri 30 gün bekletmiş ve sökümden sonra uzaklaştırılan dolgu materyalinin %90,5 olduğunu bildirmişlerdir. Silva ve ark. (216) yaptıkları ilk dolgudan sonra bekleme sürenin 2 hafta olduğu bir başka çalışmada, sürekli dalga sıkıştırma tekniği ve AH Plus kullanılarak doldurulan kanalların XP-endo Finisher R kullanılarak yapılan dolgu sökümünde dolgunun %59,4'ünün uzaklaştırılmışken, Liu ve ark. (199) aynı teknikle ve yine 54 ay bekleyen dolguların sökümünde bu oranı %35,8 olarak bildirmişlerdir. Kanal tedavisinin üstünden zaman geçtikçe dişlerin yeniden tedavisinin, yeni kullanılan kök dolgu malzemelerinin sökümüne kıyasla daha zor olduğu düşünülmektedir (199). Kanal sökümü yapılana kadar geçen sürenin kök kanal patları üzerindeki etkisinin yanı sıra, güta-perkanın mekanik özellikleri de kanal sökümü yapılana kadar geçen süreden, saklama ortamındaki nem ve sıcaklıktan etkilenebilir (217).

Literatürde irrigantların buharlaşması ve debris toplama tüplerinin belirli sürelerle bir inkübatörde saklanması tercih edilmiştir ve bu süreler farklılık gösterebilir (179). Bazı çalışmalarda bu süre 68°C'de 5 gün iken (218, 219), bazılarında 90°C'de 12 saat süreyle saklanıp ardından susuz inkübatörde 24 saat oda sıcaklığında tutulmuştur (220). Bazı çalışmalarda 10 gün boyunca 37°C gibi daha düşük sıcaklıklar tercih edilmiştir (200, 221). Logani ve ark. (222), debris toplama tüplerini kuru havada 68°C'de 2 gün olacak şekilde bekletmişlerdir. Mevcut çalışmada kanal dolgusundan sonra patın sertleşmesi için beklediğimiz süre ve debris ölçümü öncesi taşan irrigasyon ajanını buharlaştırmak için beklediğimiz süre nemli ve 37°C etüv ortamı şartlarında 2 haftadır. Tartım işlemleri sırasında yüksek hassasiyete sahip hassas tartı kullanılmış ve ortalama bir değer elde etmek için ölçümler tekrarlanmıştır.

Günümüze kadar kanal tedavi yenileme işleminde eski kanal dolgusunun sökümü için birçok farklı teknik denenmiştir (223). Bunlar arasında paslanmaz çelik el eğeleri, Ni-Ti döner aletler, ısı ileten aletler ve ultrasonikler yer alır (224). Güta-perkanın kök kanalından uzaklaştırılması için son zamanlarda Ni-Ti döner şekillendirme sistemleri üretilmiştir (157). Bu döner ege sistemlerin el eğelerinden

daha etkili oldukları gösterilmiştir (157). Bu nedenle Ni-Ti döner retreatment eğesi sistemi geliştirilmiştir (223). Bunlardan biri de Protaper Universal Retreatment eğesi olup başarılı ve kolay şekilde kanal dolgusunu kanaldan uzaklaştırmada kullanılır (158). Protaper Universal Retreatment eğesi, dolgu malzemesinin sökülmesini kolaylaştırmak için tasarlanmış dışbükey üçgen kesite sahip üç eğeden (D1, D2 ve D3) oluşur (223). Her eğenin farklı uzunluğu, konikliği ve apikal uç çapı vardır (223). D1 eğesi, dolgu malzemesine ilk penetrasyonu kolaylaştırmak için aktif bir uca sahiptir; D1 aleti 16 mm uzunluğa, 0,30 mm uç çapına ve %9 konikliğe sahiptir (223). Kökün orta üçte birlik seviyesinde dolgu maddesinin sökülmesi için kullanılan D2 eğesinin uzunluğu 18 mm, ucu 0,25 mm ve konikliği %8 olup, apikal kısımdaki dolguyu uzaklaştırmak için tasarlanmış D3 eğesinin 22 mm uzunluğu, 0,20 mm uç çapı ve %7 konikliği vardır (223). D2 ve D3 eğeleri künt uç tasarımı kök kanalında ilerlerken güvenli olması amacıyla yapılmıştır (136). Kanal içinde enfekte dokuları uzaklaştırırken kanalın apikal bölgesinde de daha etkin bir temizlik elde etmek için yenileme tedavisinde ilk tedavide kullanılan eğelerden daha büyük apikal çapta eğeler seçmek gereklidir (225). Yapılan bazı araştırmalar, başlangıç preparasyonundan 2 boy büyük apikal genişletmenin düz kök kanallarındaki artık dolgu maddesi miktarını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (167, 226).

Wu ve ark. (227) farklı diş gruplarının apikal kısımlarındaki kanal çaplarını araştırdıkları çalışmalarında, tek kanallı mandibular küçük azı dişler için apikalin 1 mm gerisinde ortalama çapın 0,35 mm olduğunu rapor etmişlerdir. Paque ve ark. (3) etkili bir irrigasyon sağlanabilmesi için kanalın apikal çapının 0,30-0,40 mm arasında genişletilmesinin uygun olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada klinik pratikte yaygın kullanımı ve avantajlarından dolayı yenileme işlemi sırasında üretici önerisinde olduğu gibi sırasıyla D1, D2 ve D3 yenileme eğelerini kullandık ve dolgu sökümünün daha etkin şekilde olması için ilk genişletmemizi 0,40 mm (F4) apikal çapta yaparken, söküm sırasında apikal çapı 0,50 mm'ye (F5) taşıdık.

In vitro çalışmalarda apikal foremeden debris taşması sırasında periapikal dokular tarafından sağlanan fiziksel karşı basınç veya pulpal doku simülasyonu yoktur

(142, 149). Bu nedenle, *in vitro* çalışmaların klinik koşullardan farklı sonuçlar gösterebileceği dikkatle değerlendirilmelidir (142). Myers ve Montgomery (142), *in vitro* çalışmaların bu tür eksikliklerini tartışmışlardır ve klinik uygulamalarla gözlenen durumlardan farklı sonuçlar çıkabileceğini bildirmişlerdir. Salzgeber ve Brilliant (149), 19 vital ve 19 nekrotik dişte yaptıkları ve sonucun gözlenebilmesi için ek solüsyon olarak Hypaque %50 kullandıkları çalışmada, vital dokuların irrigasyon solüsyonunun apikalden taşmasına etki ettiğini göstermiştir (149). Vital dokulu dişlerde irrigasyon ajanı kök içinde eğeleme yapılan alanla sınırlı kalmakla birlikte, şekillendirme sırasında taşkın eğeleme yapıldığı durumlarda irrigasyon solüsyonunun periapikal dokulara ulaşabileceğini rapor etmişlerdir (149). Nekrotik dokulu dişlerde ise kanalın irrigate edilmesi esnasında solüsyon apikalin ötesine taşar (149). Bulgular, apekteki pozitif ve negatif basınç nedeniyle ve normal veya patolojik periapikal dokuların farklı özellikleri nedeniyle de değişebilir (142). Önceki çalışmalarda, periapikal dokuların direncini simüle etmek için çiçek süngeri kullanılmıştır (228). Fakat çiçek süngeri bariyer olarak kullanıldığında irrigasyon solüsyonunu ve debris birikintilerini emebilir (228). Yine periapikal dokuların direncini simüle etmek amacıyla geliştirilen bir başka yöntem olan % 1,5'lük agar jel kullanımının eksikliği ise, klinik ortamda gözlenecek dişlerin apikalinde bulunan dokuların farklılığından (apikal bölgede harabiyetin varlığı/yokluğu, kist ya da granülom varlığı, boyut ve şekillerinin farklılığı gibi) dolayı direnç değerleri de farklılık göstereceği için kullanılacak olan agar jel kalınlığının kesin bir değerinin olmamasıdır (212).

Bir diğer debris toplama metodu literatürdeki debris toplama araştırmalarının bir çoğunda da kullanılan Myers ve Montgomery metodudur (142). Kullanılacak örnek diş debris toplamak için hazırlanan eppendorf tüpünün kapağına açılan delik içerisine sıkıca oturtularak sabitlenir (142). Eppendorf tüpü de başka bir cam şişe içerisine sabitlenir (142). Debris toplama işlemi sırasında tüpün içindeki ve dışındaki hava basıncını eşitlemek için tüpün içerisine 25 gauge'luk bir iğne bükülerek yerleştirilir (142). Kanal sökümü veya dişin ilk şekillendirmesi sırasında yapılan işlemin görünmemesi için cam şişe alüminyum folyoyle sarılabilir ya da bir rubberdam lastiğiyle gizlenebilir ki operatör kör şekilde çalışmayı sürdürebilsin (142). Mevcut

çalışmada diğer yöntemlerin güvenilirliklerine dair soru işaretleri olması sebebiyle, debris toplama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan metot olan Myers ve Montgomery metodunu kullandık.

Kanal yenileme tedavisinde kanal dolgu malzemelerinin sökülebilirliği birçok farklı yöntemle değerlendirilmiştir (38). Bu yöntemler, incelenen dişlerin yatay veya dikey olarak bölünmesini veya dişlerin şeffaf hale getirilmesini içerir (38). Kanal yenileme çalışmalarında, stereo-mikroskop, tarama elektron mikroskobu ve periapikal radyografi kullanılarak örnekler değerlendirilebilir (229). Fakat bu yöntemler iki boyutludur ve kök kanal sistemindeki artık dolgu miktarını tam olarak ölçemez (45). Bazı çalışmalar kök morfolojisinin değerlendirilmesi için konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) kullanmıştır (229). CBCT, komşu yapıların üst üste binmesi olmadan aksiyel, sagittal ve koronal düzlemlerde üç boyutlu görüntüler sağlar (229). CBCT'nin düşük hasta radyasyon dozu, yüksek çözünürlük ve kısa tarama süresi gibi avantajları mevcuttur. CBCT, kök kanallarının invaziv olmayan bir 3D görünümünü sağlar (229). Başka bir yöntem ise, mikro bilgisayarlı tomografi analizidir (38). Mikro-CT, üç boyutlu rekonstrüksiyon sağlayan ve yeniden tedaviden önce ve sonra kanal duvarında kalan dolgu malzemesi, pat ve dentinin ayrı ayrı kantitatif olarak değerlendirilmesine izin veren, hassas, tekrarlanabilir bir görüntüleme yöntemidir (196). Mevcut çalışmada 3 boyutlu görüntü olarak kalan dolgu miktarını daha iyi değerlendireceğimizi düşündüğümüz için görüntüleme yöntemi olarak mikro-CT kullanmayı tercih ettik.

Günümüzde gütaperka bir kanal dolgu patı ile birlikte kök kanal dolgu malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [168]. Başarılı bir kök kanal dolgusu uygulanırken gütaperkanın kanal duvarlarına adaptasyonunu arttırabilmek amacıyla gütaperka ile birlikte kanal dolgu patı da kullanılır (28). Yapılan araştırmalarda kanal dolgusunun asıl olarak gütaperkadan ve az miktarda kanal patından oluşması ve sızdırmazlığın iyi olması için kanal dolgusunda boşluk en az olacak şekilde kanal tedavisinin yapılması gerektiği gösterilmiştir (230-232).

İdeal kanal patı arayışında, kök kanalının tamamen doldurulmasına odaklanılmıştır ve patın, dolayısıyla dolgunun yenilenebilirliği arka planda kalmıştır (196). Yeniden tedavi başarısını araştıran çoğu çalışmada gütaperkanın kanaldan sökülebilirliğine bakılmış ve dolgu tekniği veya söküm yöntemine göre kalan malzeme miktarlarını karşılaştırmak için aynı pat kullanılmıştır (196).

Biyoseramik esaslı kanal patları, biyouyumlulukları ve biyoaktiviteleri nedeniyle endodontide popüler hale gelmiştir (68). Biyoseramik patlar, biyomineralizasyon özelliğine sahip olmasından dolayı kök dentini ile güçlü kimyasal bağlar oluştururlar (197, 233). Aynı zamanda nemli koşullarda sertleşme özelliğine sahiptir, bu özelliği de diğer geleneksel patlardan üstün olmasını sağlar. Yüksek pH (>11) değerine sahiptir ve yüksek düzeyde kalsiyum iyonu salınımından dolayı antimikrobiyaldir (234). Biyoseramik patla dentin hidroksiapatiti arasında oluşan güçlü kimyasal bağlar nedeniyle, bu patların kanaldan uzaklaştırılması, yeniden tedavi sırasında genellikle zorluklar yaratır (197). Bazı araştırmacılar, rezin esaslı AH Plus patla karşılaştırıldığında biyoseramik pat kullanımının tedavi süresini arttırması (235), apikal patensinin geri kazanılamaması (236) ve kanaldan tamamen uzaklaştırılamaması (229) gibi zorluklara yol açtığını bildirmiştir.

AH Plus, olumlu birçok özelliğinden dolayı epoksi rezin bazlı pat sınıfındaki en yaygın kullanılan pat olup, diğer kanal dolgu patlarının en sık karşılaştırıldığı altın standart olarak kabul edilir (197). Epoksi rezin patlar da dentine yüksek bağlanma kuvveti ile bağlanır ve yeniden tedavi ihtiyacı oluştuğunda kanalda kalan dolgu miktarını etkiler (237). Ayrıca bu patlar, kök kanal sisteminden uzaklaştırılmayı zorlaştıran kök dentinine yüksek penetrasyon derinliğine sahiptir (238). Biyoseramik bazlı patların kanaldan sökülebilirliğiyle ilgili literatürdeki çalışmalar çoğunlukla AH Plus ile karşılaştırılmıştır (38, 195, 239).

İdeal bir kök kanal patının üstünlüğünden sorumlu faktörler, aynı zamanda yeniden tedavi sırasında patın kök kanal sisteminden daha zor sökülmesinden de sorumlu olabilir (240). Patların dentin tübüllerine penetrasyon derinliğini etkileyen fiziksel özellikler vardır (241). Yüzey gerilimi ve akışkanlık, penetrasyon derinliğini

belirleyen önemli faktörlerdir (241). Örneğin, bir patın film kalınlığı ne kadar düşükse veya akışkanlığı ne kadar yüksek olursa, tübüllere ve aksesuar kanallara penetrasyon şansı o kadar artar (241). Buna göre, biyoseramik patların yüksek viskozitesi, kök kanal duvarlarına zayıf adaptasyonlarıyla sonuçlanır (242). Solomonov ve ark. (243) kanal yenileme tedavisinde eğer kanal duvarında %5'in altında artık dolgu miktarı kalırsa dolgunun başarılı ve etkin şekilde uzaklaştırıldığını söylemişlerdir. Bunun yanısıra biyoseramik patların kanaldan sökülebilirliğini değerlendiren çalışmalar, bu oranın %3-%22 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir (195, 239). Mevcut çalışmada da biyoseramik esaslı pat grupları için kanal söküm oranlarının da bu aralıkta yer aldığı görülmektedir.

Epoksi rezin patının biyoseramik patlarla kanaldan uzaklaştırılma açısından karşılaştırılmasında, birbiriyle farklılık gösteren sonuçlar olduğu literatürdeki bir derlemede yer almaktadır (244). Bazı çalışmalar AH Plus'ın sökülebilirliğini biyoseramik patlarla aynı olduğunu bildirirken (15, 38, 245), başka çalışmalar biyoseramik patların sökülebilirliklerini daha üstün (92, 195, 196, 239) veya daha yetersiz (246) bulmuşlardır. Mevcut çalışmada, soğuk gütaperka tekniği epoksi rezin patla kombine edildiğinde biyoseramik pata göre daha az dolgu maddesi kaldığını göstermiştir. Sıcak gütaperka tekniği kullanıldığında patların kalan dolgu maddesi üzerinde bir etkisi olmadığı görülmüştür. Kalan dolgu maddesinin kanal hacmine oranı incelendiğinde ise gruplar arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunamamıştır. Sonuçların tutarsızlığı, farklı kök kanal anatomisine sahip dişlerin kullanılması, farklı yenileme yöntemleri ve kalan dolgu miktarının farklı metodolojilerle değerlendirilmesi gibi nedenlerden kaynaklanabilir (244).

Crozeta ve ark. (195) oval şekilli mandibular molar dişler üzerinde yaptıkları ve söküm sistemi olarak ultrasonik uçlar veya XP-endo Finisher R ege sistemi kullandıkları çalışmalarında biyoseramik pat olan BC Sealer patın sökülebilirliğini AH Plus'a göre daha iyi bulmuşlardır. Bu sonucun, biyoseramik patın dolgudan önce EDTA solüsyonu kullanılması durumunda düşük bağlanma kuvveti ile sonuçlanmasıyla açıklanabileceğini bildirmişlerdir (216). Literatürde biyoseramik patların dentine

bağlanma kuvveti ve bağlanma mekanizmasıyla ilgili bildirilen farklı sonuçlar vardır (86, 216). Önceki çalışmalar, BC Sealer'ın AH Plus'a kıyasla daha düşük bağlanma kuvvetinin, farklı adezyon mekanizmalarıyla ilişkili olduğunu göstermektedir (33, 247). Biyoseramik patlar, mineralize dokulara kimyasal bağlanır, bu nedenle, EDTA'nın şelatör bir irrigasyon ajanı olarak kullanılması, kalsiyumu dentinden uzaklaştırarak etkileşimi zayıflatabilir ve bağ kuvvetini azaltabilir (247). AH Plus ise, kollajen ağında açığa çıkan epoksi halkaları ve amin grupları arasındaki kovalent bağlar yoluyla kök dentinindeki kollajen ağı ile etkileşir (248), dolayısıyla dentin tübülleri üzerindeki yüksek akış kabiliyetine ve penetrasyona ek olarak, kanaldan uzaklaşması güçleşir (92). Mevcut çalışmada kullandığımız biyoseramik esaslı patın, dolgu işleminden önce aynı şekilde EDTA solüsyonu kullanmamıza rağmen iki patın sökülebilirliğinde anlamlı bir fark olmadığı sonucuna vardık ve çıkan çelişkili sonucun, kullanılan biyoseramik pat markası ve söküm işlemi sırasında kullanılan ege sistemi farklılığından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Alsubait ve ark. (239) çalışmasında, sökümden sonra kalan materyali mikro-CT ile incelemiştir ve AH Plus'ın kanal duvarında kalan artık dolgu miktarının yüzdesinin biyoseramik esaslı pat grubuna (BioRoot RCS) göre daha fazla olduğunu belirtmiştir. Kim ve ark. (196) benzer şekilde AH Plus'ın söküm sonrası kalan miktarının yüzdesini biyoseramik pattan fazla bulmuştur. Kim ve ark. (92) başka bir çalışmalarında, epoksi rezin patın dentine penetrasyon derinliğinin biyoseramik pata göre istatistiksel olarak daha fazla olduğunu ve nedeninin, epoksi rezin patın daha yüksek akışkanlığı olduğunu rapor etmişlerdir. Fakat patların bu özelliğiyle ilgili hala bir fikir birliğine varılmış değildir, başka bir çalışma biyoseramik ve epoksi rezin arasında dentine bağlanma gücü ile ilgili herhangi bir farklılık kanıtlayamamıştır (77). Oltra ve ark. (38), kimyasal çözücü dahil ettikleri yenileme çalışmasında, kloroform kullanılarak ya da kullanılmaksızın, biyoseramik patın (BC Sealer) bıraktığı artık dolgu yüzdesinin AH Plus patına göre önemli derecede daha fazla olduğunu göstermektedir. Kakoura ve ark. (249) ve Baranwal ve ark. (250) çalışmalarında, AH Plus pat ve biyoseramik patın sökülebilirliğinde anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Epoksi rezin esaslı ve biyoseramik patın sökülebilirliğinin karşılaştırıldığı çalışmalarda yukarıda verilen örneklerde olduğu gibi literatürde tartışmalı sonuçlar yer almaktadır. Dolgu sırasında ısı kullanımının, biyoseramik patın akış, viskozite gibi fiziksel özelliklerini etkileyebileceği öne sürülmüştür [253]. Biyoseramik patlar, sertleşmesi için su veya doku sıvısının varlığını gerektirirler [254]. Isı kullanan sıcak vertikal sıkıştırma tekniği, nem kaybına yol açarak fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine sebep olabilir [255]. Biyoseramik bazlı patlar kullanılırken, birkaç araştırmacı tarafından tek kon dolgu tekniği önerilmiştir [254, 256, 257]. Biyoseramik patların bağlanma mekanizmasıyla ve kanal duvarına bağlanma gücüyle alakalı farklı teoriler ortaya atılmış ve ortak bir fikir birliğine henüz varılamamıştır (87-90).

Athkuri ve ark. (251) sıcak vertikal sıkıştırma ve termoplastikleştirilmiş enjekte edilebilir tekniğin, soğuk lateral sıkıştırma tekniğine kıyasla daha yüksek oranda artık dolgu bıraktığını bildirmiştir. Yapılan çalışma örneklerin kanal anatomisi ve inceleme tekniği olarak benzerlik göstermekle birlikte, mevcut çalışmadan farklı olarak kanal dolgusu sökümü Mtwo retreatment eğe sistemiyle gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde Ma ve ark. (245) biyoseramik (iRoot SP, Innovative Bioceramics, Vancouver, Kanada) patı gütaaperkanın soğuk lateral veya devamlı dalga sıkıştırma tekniği ile kullanmış, sıcak teknik kullanıldığında yeniden tedavi sonrası kökün apikalinde daha fazla oranda dolgu kaldığını bulmuştur. Bu çalışmada örnek diş grubu olarak mandibular kesici dişler tercih edilmiştir. Keleş ve ark. (252) maksiller premolarları dahil ederek ve sökümde SAF kullanarak yaptıkları başka bir çalışmada soğuk lateral sıkıştırma grubunun sıcak vertikal sıkıştırma grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek yüzdeyle kalan dolgu miktarı bıraktığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışmayla karşılaştırıldığında seçilen sıcak dolgu tekniği ve sökümde kullanılan sistemle birlikte sonuçlarımız da farklılık göstermektedir. Şimşek ve ark. (253), farklı dolgu teknikleriyle hazırlanan örneklerin farklı yenileme eğeleriyle sökülebilirliklerini değerlendirmiş, soğuk lateral sıkıştırma ve sıcak teknik kullanıldığında kalan dolgu miktarının oransal sonucunda anlamlı fark bildirmemişlerdir. Bu çalışmaya paralel şekilde mevcut çalışma da benzer sonuçlar göstermektedir.

Literatürde debris ekstrüzyonu ile ilgili yapılan pek çok çalışma, kanal yenileme sistemleri arasındaki apikal debris ekstrüzyonu farkına odaklanmıştır fakat pat çeşitlerinin veya dolgu tekniklerinin kanal dolgusunu uzaklaştırılmasındaki etkisini karşılaştıran daha az sayıda çalışma bulunmaktadır (40, 43, 189, 254-256).

Romeiro ve ark. (43) yaptıkları çalışmada kullandıkları AH Plus ve biyoseramik esaslı (BC Sealer, Brasseler EUA, Savannah, GA) kök kanal dolgu patlarının apikalden ekstrüze olan debris miktarında etkili olmadığını bulmuşlardır. Bu çalışmada örnek grubu eğimli köklerden oluşmuş ve söküm işlemi resiprokasyon hareketine sahip eğe sistemiyle yapılmıştır. Benzer şekilde Topçuoğlu ve ark. (255) yaptığı bir başka araştırmada da kullanılan iki farklı kök kanal patının (rezin bazlı ve biyoseramik esaslı), dolgu materyalinin uzaklaştırılması sırasında apikalden ekstrüze olan debris miktarı üzerinde etkisinin olmadığını göstermiştir. Mevcut çalışmada soğuk dolgu tekniğinin kullanıldığı tek kon tekniği için bu sonuçlar paralellik göstermektedir.

Saba ve ark. (256), mevcut çalışmaya benzer olarak yaptıkları bir çalışmada farklı kanal patlarının [AH Plus ve biyoseramik, SmartPaste Bio (DRFP Ltd., Stamford, BK)] hem sökülebilirlik açısından hem de taşan debris açısından karşılaştırmalarını değerlendirmişler, anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir, fakat çalışmalarında debris taşması ve duvarda kalan dolgu miktarı arasındaki korelasyon hakkında yorum yapılmamıştır. Bu sonuçlar mevcut çalışmada debris taşmasının soğuk dolgu tekniğinde patlar arasında fark gözlenmemesi ve kalan dolgu miktarında dolgu teknikleri arasında fark bulunmamasıyla uyumludur.

Literatürde kanal dolgu tekniklerinin kanal tedavi yenilemede apikalden taşan debris miktarı üzerindeki etkisini değerlendiren bazı çalışmalar mevcuttur (225, 255, 257). Bunlardan biri; güta-perka ile iki farklı pat kullanarak soğuk lateral sıkıştırma, tek kon ve sıcak vertikal sıkıştırma tekniklerini karşılaştırırken (255), bir diğeri güta-perka ve soğuk lateral sıkıştırma ve tek kon tekniğiyle doldurulan kanalların solvent kullanılarak yenilenmesini değerlendirmiştir (225). Tek konla doldurulmuş gruplarda daha az debris ekstrüzyonu ve sıcak vertikal teknikte daha fazla debris ekstrüzyonu gözlemlenmiştir (255). Başka bir çalışma da, β/α faz güta-perka ve Resilon/RealSeal

kullanılarak soğuk lateral sıkıştırma ve sıcak vertikal sıkıştırma tekniği ile doldurulmuş kök kanallarından dolgu sökümü esnasında apikal olarak ekstrüze olan debris miktarlarını değerlendirmiştir (257) ve sıcak vertikal sıkıştırma tekniğiyle doldurulan grupta apikalden taşan debrisin, soğuk lateral sıkıştırma tekniğine kıyasla daha fazla miktarda olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut çalışmanın sonucu bu çalışma sonucuyla paralel şekilde sıcak dolgu tekniğinin soğuk dolgu tekniğine kıyasla daha fazla apikal debris ekstrüzyonuna neden olduğu yönündedir.

Dolgu teknikleri ve pat çeşitlerinin sökülebilirlik ve apikalden taşan debris açısından karşılaştırıldığı yukarıdaki örnek çalışmalarda olduğu gibi literatür çelişkili sonuçlara sahip çalışmalar sunmaktadır. Biyoseramik patlarla ilgili literatürde dentin hidroksiapatiti arasında oluşan güçlü kimyasal bağlar nedeniyle, bu patların kanaldan uzaklaştırılmasındaki zorluktan, dentin tübüllerinde daha derine nüfuz etmelerine değinen çalışmalarla birlikte, tezat şekilde biyoseramik patların kanal duvarına bağlanmasındaki belirsizlikten bahsedilmiştir (36, 77, 86, 92, 242). Daha önce de belirtildiği gibi apikal çap, çalışma boyu, operatör deneyimi, kök ve kanalların anatomik farklılıkları, debris ve kalan dolgu miktarını inceleme yöntemleri gibi faktörler birbiriyle paralel olmayan sonuçları açıklayabilir. Literatürde AH Plus ve Sure-seal patının sökümünde apikalden taşan debris veya kanal duvarında kalan artık dolgu miktarının karşılaştırıldığı sınırlı sayıda çalışma vardır. Aynı zamanda taranan çalışmalar ayrı ayrı patların ve dolgu tekniklerinin debris taşmasını ve sökülebilirliğini karşılaştırmakla birlikte bu iki parametre arasındaki korelasyonu karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır, bu nedenden dolayı mevcut çalışmada bu iki parametre arasındaki ilişki incelenmiş ancak korelasyon bulunamamıştır.

Mevcut çalışmada debris ekstrüzyonuna baktığımızda, sıcak dolgu tekniği tek kon dolgu tekniğine göre daha fazla debris taşmasına neden olmuştur, kullanılan patlar karşılaştırıldığında soğuk dolgu tekniği grubunda patlar arasında farklılık bulunmazken, sıcak dolgu tekniğinde biyoseramik esaslı pat AH Plus pata göre daha fazla debris ekstrüzyonuna neden olmuştur. Kalan dolgu miktarı karşılaştırıldığında ise dolgu teknikleri arasında anlamlı bir fark görülmemekle birlikte tek kon tekniğiyle

doldurulan gruplarda AH Plus patın sökülebilirliğinin biyoseramik gruba kıyasla daha iyi olduğunu bulduk. Yüzde olarak bakıldığında patlar arasında da anlamlı fark bulunamamıştır. Bu sonuçlar ışığında başlangıç hipotezimiz kabul edilmemiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Kullanılan dolgu tekniği ve pat çeşidi fark etmeksizin her grupta kanal dolgusunun sökümü sırasında debris taşması görülmüştür ve hiçbir grupta kanal dolgusu kanaldan tamamen uzaklaştırılamamıştır.
2. Dolgu tekniği olarak sıcak teknik tercih edilen grupta kanal sökümü sırasında taşan debris miktarı daha fazla bulunmuştur ve bu grubun alt grupları karşılaştırıldığında biyoseramik patın sökümünde taşan debris anlamlı olarak epoksi rezin pata göre fazla bulunmuştur.
3. Dolgu tekniği olarak tek kon kullanılan gruplarda ise biyoseramik ve epoksi rezin alt grupları arasında debris miktarında anlamlı bir fark bulunamamıştır.
4. En fazla debris ekstrüzyonu sıcak dolgu tekniğinin kullanıldığı biyoseramik grubunda görülürken, en az debris ekstrüzyonu tek kon tekniğinin kullanıldığı epoksi rezin grubunda görülmüştür.
5. Sıcak dolgu tekniği ve tek kon tekniği kullanılarak doldurulan gruplar arasında sökülebilirlik açısından anlamlı bir fark gözlenmemiştir.
6. Sıcak dolgu tekniğinin kullanıldığı grubun alt gruplarında epoksi rezin ve biyoseramik grubun sökülebilirliği arasında anlamlı bir fark gözlenmemekle birlikte, soğuk dolgu tekniğiyle doldurulan dişlerde biyoseramik patın kanal duvarında kalan miktarı epoksi rezin pata göre daha fazla bulunmuştur.
7. Kalan dolgu miktarının yüzdesi en fazla tek kon tekniğiyle doldurulan biyoseramik grupta bulunurken, en az dolgu miktarı yüzdesi sıcak teknikle doldurulan epoksi rezin grubunda bulunmuştur.
8. Kanal dolgu sökümü sırasında apikalden taşan debris ve dolgunun sökülebilirliği arasında ilişkinin varlığı/yokluğu yapılacak daha fazla çalışmayla desteklenmelidir.

7. KAYNAKLAR

1. Dioguardi M, Di Gioia G, Illuzzi G, Arena C, Caponio VCA, Caloro GA, et al. Inspection of the Microbiota in Endodontic Lesions. *Dent J (Basel)*. 2019;7(2):47.
2. Saito D, de Toledo Leonardo R, Rodrigues JLM, Tsai SM, Hofling JF, Goncalves RB. Identification of bacteria in endodontic infections by sequence analysis of 16S rDNA clone libraries. *J Med Microbiol*. 2006;55(Pt 1):101-7.
3. Paque F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod*. 2010;36(4):703-7.
4. Prada I, Mico-Munoz P, Giner-Lluesma T, Mico-Martinez P, Collado-Castellano N, Manzano-Saiz A. Influence of microbiology on endodontic failure. Literature review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2019;24(3):e364-e72.
5. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent*. 2016;10(1):144-7.
6. Briggs PF, Scott BJ. Evidence-based dentistry: endodontic failure--how should it be managed? *Br Dent J*. 1997;183(5):159-64.
7. Akbulut MB, Akman M, Terlemez A, Magat G, Sener S, Shetty H. Efficacy of Twisted File Adaptive, Reciproc and ProTaper Universal Retreatment instruments for root-canal-filling removal: A cone-beam computed tomography study. *Dent Mater J*. 2016;35(1):126-31.
8. Alves FRF, Marceliano-Alves MF, Sousa JCN, Silveira SB, Provenzano JC, Jr JFS. Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *J Endod*. 2016;42(7):1114-9.
9. Ricucci D, Siqueira JF, Jr., Bate AL, Pitt Ford TR. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *J Endod*. 2009;35(4):493-502.
10. Good ML, McCammon A. An removal of gutta-percha and root canal sealer: a literature review and an audit comparing current practice in dental schools. *Dent Update*. 2012;39(10):703-8.
11. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod*. 2006;32(4):281-90.
12. JL G. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. 8 ed2002.

13. GA dD, ED G-F, CM F, T C-F. Penetração intratubular de cimentos endodônticos. *Pesqui Odontol Bras.* 2002;16(4), 332-6.
14. Maniglia-Ferreira C, Silva JB, Jr., Paula RC, Feitosa JP, Cortez DG, Zaia AA, et al. Brazilian gutta-percha points. Part I: chemical composition and X-ray diffraction analysis. *Braz Oral Res.* 2005;19(3):193-7.
15. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93-8.
16. Tasdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J.* 2008;41(3):191-6.
17. Gupta R, Dhingra A, Panwar NR. Comparative Evaluation of Three Different Obturating Techniques Lateral Compaction, Thermafil and Calamus for Filling Area and Voids Using Cone Beam Computed Tomography: An Invitro study. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(8):ZC15-7.
18. S.Lea C, J.Apicella M, Mines P, P.Yancich P, HarryParker M. Comparison of the Obturation Density of Cold Lateral Compaction Versus Warm Vertical Compaction Using the Continuous Wave of Condensation Technique. *J Endod.* 2005;31(1):37-9.
19. Levitan ME, Himel VT, Luckey JB. The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *J Endod.* 2003;29(8):505-8.
20. Gençoğlu N. Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and lateral condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(1):91-5.
21. Leduc J, Fishelberg G. Endodontic obturation: a review. *Gen Dent.* 2003;51(3):232-3.
22. Nino-Barrera JL, Gamboa-Martinez LF, Laserna-Zuluaga H, Unapanta J, Hernandez-Mejia D, Olaya C, et al. Factors associated to apical overfilling after a thermoplastic obturation technique - Calamus(R) or Guttacore(R): a randomized clinical experiment. *Acta Odontol Latinoam.* 2018;31(1):45-52.
23. Brothman P. A comparative study of the vertical and the lateral condensation of gutta-percha. *J Endod.* 1981;7(1):27-30.
24. Jindal D, Sharma M, Raisingani D, Swarnkar A, Pant M, Mathur R. Volumetric analysis of root filling with cold lateral compaction, Obtura II, Thermafil, and

- Calamus using spiral computerized tomography: An In vitro Study. *Indian J Dent Res.* 2017;28(2):175-80.
25. Saunders WP, Saunders EM. Influence of smear layer on the coronal leakage of Thermafil and laterally condensed gutta-percha root fillings with a glass ionomer sealer. *J Endod.* 1994;20(4):155-8.
 26. Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod.* 2001;27(7):449-51.
 27. Ruddle CJ. Filling root canal systems: the Calamus 3-D obturation technique. *Dent Today.* 2010;29(4):76, 8-81.
 28. Evans JT, Simon JH. Evaluation of the apical seal produced by injected thermoplasticized Gutta-percha in the absence of smear layer and root canal sealer. *J Endod.* 1986;12(3):100-7.
 29. Balguerie E, van der Sluis L, Vallaey K, Gurgel-Georgelin M, Diemer F. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2011;37(11):1576-9.
 30. Turkyilmaz A, Erdemir A. Comparison of dentin penetration ability of different root canal sealers used with different obturation methods. *Microsc Res Tech.* 2020;83(12):1544-51.
 31. Ozkocak I, Sonat B. Evaluation of Effects on the Adhesion of Various Root Canal Sealers after Er:YAG Laser and Irrigants Are Used on the Dentin Surface. *J Endod.* 2015;41(8):1331-6.
 32. Flores DS, Rached FJ, Jr., Versiani MA, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Pécora JD. Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *Int Endod J.* 2011;44(2):126-35.
 33. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, Gallego Martinez L, de Souza JP, Santos Oliveira P, et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J.* 2017;12(3):343-8.
 34. Reddy S, Neelakantan P, Saghiri MA, Lotfi M, Subbarao CV, Garcia-Godoy F, et al. Removal of gutta-percha/zinc-oxide-eugenol sealer or gutta-percha/epoxy resin sealer from severely curved canals: an in vitro study. *Int J Dent.* 2011;2011:541831.
 35. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater.* 2016;2016:9753210.
 36. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* 2011;37(11):1547-9.

37. Al-Haddad A, Abu Kasim NH, Che Ab Aziz ZA. Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. *Dent Mater J.* 2015;34(4):516-21.
38. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod.* 2017;42(1):19-26.
39. Haxhia E, Ibrahim M, Bhagavatula P. Root-end Surgery or Nonsurgical Retreatment: Are There Differences in Long-term Outcome? *J Endod.* 2021;47(8):1272-7.
40. AlOmari T, Mustafa R, Al-Fodeh R, El-Farraj H, Khaled W, Jamleh A. Debris Extrusion Using Reciproc Blue and XP Endo Shaper Systems in Root Canal Retreatment. *Int J Dent.* 2021;2021:6697587.
41. Huang X, Ling J, Wei X, Gu L. Quantitative evaluation of debris extruded apically by using ProTaper Universal Tulsa rotary system in endodontic retreatment. *J Endod.* 2007;33(9):1102-5.
42. Jr JFS. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J.* 2003;36(7):453-63.
43. Romeiro K, de Almeida A, Cassimiro M, Gominho L, Dantas E, Chagas N, et al. Reciproc and Reciproc Blue in the removal of bioceramic and resin-based sealers in retreatment procedures. *Clin Oral Investig.* 2020;24(1):405-16.
44. Antony DP, Thomas T, Nivedhitha MS. Two-dimensional Periapical, Panoramic Radiography Versus Three-dimensional Cone-beam Computed Tomography in the Detection of Periapical Lesion After Endodontic Treatment: A Systematic Review. *Cureus.* 2020;12(4):e7736.
45. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S. Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis. *J Endod.* 2013;39(7):893-6.
46. Keles A, Keskin C, Alqawasmi R, Versiani MA. Evaluation of dentine thickness of middle mesial canals of mandibular molars prepared with rotary instruments: a micro-CT study. *Int Endod J.* 2020;53(4):519-28.
47. Siqueira Junior JF, Rocas IDN, Marceliano-Alves MF, Perez AR, Ricucci D. Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. *Braz Oral Res.* 2018;32(suppl 1):e65.
48. Tomson PL, Simon SR. Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. *Prim Dent J.* 2016;5(2):46-53.
49. Ajina M, Billis G, Chong BS. The Effect of Glide Path Preparation on Root Canal Shaping Procedures and Outcomes. *Eur Endod J.* 2022;7(2):92-105.

50. Johnson WT, Noblett WC. cleaning and shaping. american association of endodontists. 2006.
51. Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J.* 1993;26(2):87-92.
52. Orstavic D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Topics.* 2005;12(1):25-38.
53. Combe EC, Cohen BD, Cummings K. Alpha- and beta-forms of gutta-percha in products for root canal filling. *Int Endod J.* 2001;34(6):447-51.
54. Lohbauer U, Gambarini G, Ebert J, Dasch W, Petschelt A. Calcium release and pH-characteristics of calcium hydroxide plus points. *Int Endod J.* 2005;38(10):683-9.
55. Lui JN, Sae-Lim V, Song KP, Chen NN. In vitro antimicrobial effect of chlorhexidine-impregnated gutta percha points on *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2004;37(2):105-13.
56. Chogle S, Mickel AK, Huffaker SK, Neibaur B. An in vitro assessment of iodoform gutta-percha. *J Endod.* 2005;31(11):814-6.
57. Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod.* 2005;31(12):877-81.
58. Chandra S. Grossman's endodontic practice: Wolters Kluwer India Pvt Ltd; 1966.
59. Ferreira NS, Gollo EKF, Boscato N, Arias A, Silva E. Postoperative pain after root canal filling with different endodontic sealers: a randomized clinical trial. *Braz Oral Res.* 2020;34:e069.
60. Dow PR, Ingle JI. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1955;8(10):1100-4.
61. Grossman LI. Prevention in endodontic practice. *J Am Dent Assoc.* 1971;82(2):395-6.
62. Gatewood RS. Endodontic Materials. *Dent Clin of North Am.* 2007;51(3):695-712.
63. Caicedo R, von Fraunhofer JA. The properties of endodontic sealer cements. *J Endod.* 1988;14(11):527-34.
64. Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R. Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. *J Endod.* 2009;35(1):35-9.

65. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2011;37(5):673-7.
66. Forough Reyhani M, Ghasemi N, Rahimi S, Salem Milani A, Mokhtari H, Shakouie S, et al. Push-Out Bond Strength of Dorifill, Epiphany and MTA-Fillapex Sealers to Root Canal Dentin with and without Smear Layer. *Iran Endod J*. 2014;9(4):246-50.
67. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020;39(5):703-20.
68. Silva E, Cardoso ML, Rodrigues JP, De-Deus G, Fidalgo T. Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-analysis. *Aust Endod J*. 2021;47(3):690-702.
69. Oliveira DS, Cardoso ML, Queiroz TF, Silva EJ, Souza EM, De-Deus G. Suboptimal push-out bond strengths of calcium silicate-based sealers. *Int Endod J*. 2016;49(8):796-801.
70. Orstavik D. Physical properties of root canal sealers: measurement of flow, working time, and compressive strength. *Int Endod J*. 1983;16(3):99-107.
71. Lin-Gibson S, Landis FA, Drzal PL. Combinatorial investigation of the structure-properties characterization of photopolymerized dimethacrylate networks. *Biomaterials*. 2006;27(9):1711-7.
72. Resende LM, Rached-Junior FJ, Versiani MA, Souza-Gabriel AE, Miranda CE, Silva-Sousa YT, et al. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. *Int Endod J*. 2009;42(9):785-93.
73. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J*. 2020;53(3):385-91.
74. Rotstein I, Ingle JI. *Ingle's Endodontics* 72019.
75. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Gonçalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. *J Endod*. 2007;33(3):249-51.
76. Hench LL. Bioceramics: From Concept to Clinic. *J Am Ceram Soc*. 1991;74(7):1487-510.

77. Shokouhinejad N, Razmi H, Nekoofar MH, Sajadi S, Dummer PM, Khoshkhounejad M. Push-out bond strength of bioceramic materials in a synthetic tissue fluid. *J Dent (Tehran)*. 2013;10(6):540-7.
78. Chang SW, Lee SY, Kang SK, Kum KY, Kim EC. In vitro biocompatibility, inflammatory response, and osteogenic potential of 4 root canal sealers: Sealapex, Sankin apatite root sealer, MTA Fillapex, and iRoot SP root canal sealer. *J Endod*. 2014;40(10):1642-8.
79. Lopes FC, Zangirolami C, Mazzi-Chaves JF, Silva-Sousa AC, Crozeta BM, Silva-Sousa YTC, et al. Effect of sonic and ultrasonic activation on physicochemical properties of root canal sealers. *J Appl Oral Sci*. 2019;27:e20180556.
80. Mendes AT, Silva PBD, So BB, Hashizume LN, Vivian RR, Rosa RAD, et al. Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. *Braz Dent J*. 2018;29(6):536-40.
81. Almeida LHS, Moraes RR, Morgental RD, Cava SS, Rosa WLO, Rodrigues P, et al. Synthesis of silver-containing calcium aluminate particles and their effects on a MTA-based endodontic sealer. *Dent Mater*. 2018;34(8):e214-e23.
82. Torres FFE, Guerreiro-Tanomaru JM, Bosso-Martelo R, Espir CG, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Solubility, Porosity, Dimensional and Volumetric Change of Endodontic Sealers. *Braz Dent J*. 2019;30(4):368-73.
83. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Cintra LT, Nery MJ, Dezan-Júnior E, Queiroz IO, et al. Effect of MTA-based sealer on the healing of periapical lesions. *J Appl Oral Sci*. 2013;21(3):235-42.
84. Jeanneau C, Giraud T, Laurent P, About I. BioRoot RCS Extracts Modulate the Early Mechanisms of Periodontal Inflammation and Regeneration. *J Endod*. 2019;45(8):1016-23.
85. Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, et al. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2014;47(2):120-6.
86. Ginebra MP, Fernández E, De Maeyer EA, Verbeeck RM, Boltong MG, Ginebra J, et al. Setting reaction and hardening of an apatitic calcium phosphate cement. *J Dent Res*. 1997;76(4):905-12.
87. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107(6):e79-82.
88. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *Int Endod J*. 2011;44(12):1081-7.

89. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res.* 2012;91(5):454-9.
90. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2009;35(7):1051-5.
91. Cherng AM, Chow LC, Takagi S. In vitro evaluation of a calcium phosphate cement root canal filler/sealer. *J Endod.* 2001;27(10):613-5.
92. Kim H, Kim E, Lee SJ, Shin SJ. Comparisons of the Retreatment Efficacy of Calcium Silicate and Epoxy Resin-based Sealers and Residual Sealer in Dentinal Tubules. *J Endod.* 2015;41(12):2025-30.
93. Gutmann JL, Johnson WT. *Cohen's Pathways Of The Pulp* 2006.
94. Rotstein I, Ingle JI. *Ingle's Endodontics.* 7:713.
95. Cailleateau JG, Mullaney TP. Prevalence of teaching apical patency and various instrumentation and obturation techniques in united states dental schools. *J Endod.* 1997;23(6):394-6.
96. Levitan ME, Himel VT, Luckey JB. The Effect of Insertion Rates on Fill Length and Adaptation of a Thermoplasticized Gutta-Percha Technique. *J Endod.* 2003;29(8):505-8.
97. Leduc J, Fishelberg G. Endodontic obturation: a review. *Gen Dent.* 2003;51(3):232-3.
98. Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 1991;17(6):260-4.
99. Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S. Treatment outcome in endodontics-the Toronto Study. Phase II: initial treatment. *J Endod.* 2004;30(5):302-9.
100. Heran J, Khalid S, Albaaj F, Tomson PL, Camilleri J. The single cone obturation technique with a modified warm filler. *J Dent.* 2019;89:103181.
101. Ingle JI. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1961;14:83-91.
102. Alshehri M, Alamri HM, Alshwaimi E, Kujan O. Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction and single match taper sized cone obturation techniques. *Scanning.* 2016;38(4):352-6.

103. Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *J Endod.* 2017;43(4):633-7.
104. Goodis HE. Commentary on: Filling root canals in three dimensions. *J Endod.* 2006;32(4):279-80.
105. Buchanan LS. Continuous wave of condensation technique. *Endod Prac.* 1998;1(4):7-10, 3-6, 8 passim.
106. De-Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling oval-shaped canals. *J Endod.* 2008;34(11):1401-5.
107. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod.* 2007;33(2):106-9.
108. Kumar S, Deshpande SJ, Rao AS. Comparison of apical sealing and periapical extrusion of the ThermaFil obturation technique with and without MTA as an apical barrier: an in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2011;22(5):622-6.
109. Shetty KP, Satish SV, Luke AM, Badade AR, Kilaru KR. In vitro Interrelationship between Apical Fill and Apical Leakage Using Three Different Obturation Techniques. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2018;8(6):503-7.
110. Marques-Ferreira M, Abrantes M, Ferreira HD, Caramelo F, Botelho MF, Carrilho EV. Sealing efficacy of system B versus Thermafil and Guttacore obturation techniques evidenced by scintigraphic analysis. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(1):e56-e60.
111. Cathro PR, Love RM. Comparison of MicroSeal and System B/Obtura II obturation techniques. *Int Endod J.* 2003;36(12):876-82.
112. Emmanuel S, Shantaram K, Sushil K, Manoj L. An In-Vitro Evaluation and Comparison of Apical Sealing Ability of Three Different Obturation Technique - Lateral Condensation, Obtura II, and Thermafil. *J Int Oral Health: JIOH.* 2013;5 2:35-43.
113. Tasdemir T, Yesilyurt C, Ceyhanli KT, Celik D, Er K. Evaluation of apical filling after root canal filling by 2 different techniques. *J Can Dent Assoc.* 2009;75(3):201a-d.
114. Robberecht L, Colard T, Claisse-Crinquette A. Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: tapered single-cone method versus warm vertical condensation and injection system: an in vitro study. *J Oral Sci.* 2012;54(1):99-104.

115. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J.* 2006;39(12):921-30.
116. Nair PN. Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15(6):348-81.
117. Del Fabbro M, Corbella S, Sequeira-Byron P, Tsesis I, Rosen E, Lolato A, et al. Endodontic procedures for retreatment of periapical lesions (Review). *Cochrane Library.* 2016(10).
118. Friedman S. Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure). *Endod Topics.* 2002;1(1):54-78.
119. Mavishna MV, Venkatesh KV. Comparative evaluation of retreatability of calcium silicate-based root canal sealers and epoxy resin-based root canal sealers in curved canals-An In-Vitro micro-CT analysis. *Indian J Dent Res.* 2021;32(1):79-86.
120. Stabholz A, Friedman S. Endodontic retreatment--case selection and technique. Part 2: Treatment planning for retreatment. *J Endod.* 1988;14(12):607-14.
121. Ortiz-Blanco B, Sanz JL, Llena C, Lozano A, Forner L. Dentin Sealing of Calcium Silicate-Based Sealers in Root Canal Retreatment: A Confocal Laser Microscopy Study. *J Funct Biomater.* 2022;13(3).
122. Castro RF, Melo J, Dias LCL, Silva E, Brandao J. Evaluation of the efficacy of filling material removal and re-filling after different retreatment procedures. *Braz Oral Res.* 2018;32:e94.
123. Alaçam T. *Endodonti.* 1 ed. Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2012.
124. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990;16(10):498-504.
125. Seltzer S, Naidorf IJ. Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *J Endod.* 1985;11(11):472-8.
126. Walton R, Fouad A. Endodontic interappointment flare-ups: a prospective study of incidence and related factors. *J Endod.* 1992;18(4):172-7.
127. Morse DR, Furst ML, Lefkowitz RD, D'Angelo D, Esposito JV. A comparison of erythromycin and cefadroxil in the prevention of flare-ups from asymptomatic teeth with pulpal necrosis and associated periapical pathosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1990;69(5):619-30.

128. Arias A, Azabal M, Hidalgo JJ, de la Macorra JC. Relationship between postendodontic pain, tooth diagnostic factors, and apical patency. *J Endod.* 2009;35(2):189-92.
129. DiRenzo A, Gresla T, Johnson BR, Rogers M, Tucker D, BeGole EA. Postoperative pain after 1- and 2-visit root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;93(5):605-10.
130. Yoldas O, Topuz A, Isçi AS, Oztunc H. Postoperative pain after endodontic retreatment: single- versus two-visit treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004;98(4):483-7.
131. Torabinejad M, Kettering JD, McGraw JC, Cummings RR, Dwyer TG, Tobias TS. Factors associated with endodontic interappointment emergencies of teeth with necrotic pulps. *J Endod.* 1988;14(5):261-6.
132. Siqueira JF, Jr., Rôças IN, Favieri A, Machado AG, Gahyva SM, Oliveira JC, et al. Incidence of postoperative pain after intracanal procedures based on an antimicrobial strategy. *J Endod.* 2002;28(6):457-60.
133. Imura N, Zuolo ML. Factors associated with endodontic flare-ups: a prospective study. *Int Endod J.* 1995;28(5):261-5.
134. Siqueira JF, Jr. Microbial causes of endodontic flare-ups. *Int Endod J.* 2003;36(7):453-63.
135. Ruiz-Hubard EE, Gutmann JL, Wagner MJ. A quantitative assessment of canal debris forced periapically during root canal instrumentation using two different techniques. *J Endod.* 1987;13(12):554-8.
136. Betti LV, Bramante CM. Quantec SC rotary instruments versus hand files for gutta-percha removal in root canal retreatment. *Int Endod J.* 2001;34(7):514-9.
137. Trope M. Flare-up rate of single-visit endodontics. *Int Endod J.* 1991;24(1):24-6.
138. Gomes TC, Coelho JA, Pinheiro LR, Duarte MAH, Rodrigues PA. Influence of Apical Diameter on Filling Material Extrusion during Retreatment - A Micro-CT and CBCT evaluation. *Braz Dent J.* 2022;33(6):13-9.
139. Chapman CE, Collee JG, Beagrie GS. A preliminary report on the correlation between apical infection and instrumentation in endodontics. *J Br Endod Soc.* 1968;2(1):7-11.
140. Vande Visse JE, Brilliant JD. Effect of irrigation on the production of extruded material at the root apex during instrumentation. *J Endod.* 1975;1(7):243-6.

141. Al-Omari MA, Dummer PM. Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *J Endod.* 1995;21(3):154-8.
142. Myers GL, Montgomery S. A comparison of weights of debris extruded apically by conventional filing and Canal Master techniques. *J Endod.* 1991;17(6):275-9.
143. Tanalp J, Gungor T. Apical extrusion of debris: a literature review of an inherent occurrence during root canal treatment. *Int Endod J.* 2014;47(3):211-21.
144. Yılmaz B. Farklı yıkama yöntemleri ile birlikte düşük devirli mikromotorda ve elde kullanılan Ni-Ti esaslı kök kanal aletlerinin çıkardıkları apikal debris miktarlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi: İstanbul Üniversitesi / Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2001.
145. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J.* 2008;41(1):6-31.
146. Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J.* 2006;39(4):249-81.
147. Fairbourn DR, McWalter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod.* 1987;13(3):102-8.
148. Tanalp J, Kaptan F, Sert S, Kayahan B, Bayırlı G. Quantitative evaluation of the amount of apically extruded debris using 3 different rotary instrumentation systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(2):250-7.
149. Salzgeber RM, Brilliant JD. An in vivo evaluation of the penetration of an irrigating solution in root canals. *J Endod.* 1977;3(10):394-8.
150. Pshima Z, Boutsoukis C, Vasiliadis L, Kastrinakis E. A new method for real-time quantification of irrigant extrusion during root canal irrigation ex vivo. *Int Endod J.* 2013;46(7):619-31.
151. Fukushima H, Yamamoto K, Hirohata K, Sagawa H, Leung KP, Walker CB. Localization and identification of root canal bacteria in clinically asymptomatic periapical pathosis. *J Endod.* 1990;16(11):534-8.
152. Só MV, Saran C, Magro ML, Vier-Pelisser FV, Munhoz M. Efficacy of ProTaper retreatment system in root canals filled with gutta-percha and two endodontic sealers. *J Endod.* 2008;34(10):1223-5.
153. Serefoglu B, Kandemir Demirci G, Micoogullari Kurt S, Kasikci Bilgi I, Caliskan MK. Impact of root canal curvature and instrument type on the amount of extruded debris during retreatment. *Restor Dent Endod.* 2021;46(1):e5.

154. Rossi-Fedele G, Ahmed HM. Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *J Endod.* 2017;43(4):520-6.
155. Ferreira JJ, Rhodes JS, Ford TR. The efficacy of gutta-percha removal using ProFiles. *Int Endod J.* 2001;34(4):267-74.
156. Taşdemir T, Er K, Yildirim T, Celik D. Efficacy of three rotary NiTi instruments in removing gutta-percha from root canals. *Int Endod J.* 2008;41(3):191-6.
157. Sae-Lim V, Rajamanickam I, Lim BK, Lee HL. Effectiveness of ProFile.04 taper rotary instruments in endodontic retreatment. *J Endod.* 2000;26(2):100-4.
158. Hammad M, Qualtrough A, Silikas N. Three-dimensional evaluation of effectiveness of hand and rotary instrumentation for retreatment of canals filled with different materials. *J Endod.* 2008;34(11):1370-3.
159. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J.* 2005;38(9):617-26.
160. Tachibana H, Matsumoto K. Applicability of X-ray computerized tomography in endodontics. *Endod Dent Traumatol.* 1990;6(1):16-20.
161. Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J. Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *J Endod.* 1995;21(11):561-8.
162. Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J.* 1999;32(3):165-70.
163. Dowker SE, Davis GR, Elliott JC. X-ray microtomography: nondestructive three-dimensional imaging for in vitro endodontic studies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1997;83(4):510-6.
164. Verdonschot N, Fennis WM, Kuijs RH, Stolk J, Kreulen CM, Creugers NH. Generation of 3-D finite element models of restored human teeth using micro-CT techniques. *Int J Prosthodont.* 2001;14(4):310-5.
165. Verna C, Dalstra M, Wikesjo UM, Trombelli L, Carles B. Healing patterns in calvarial bone defects following guided bone regeneration in rats. A micro-CT scan analysis. *J Clin Periodontol.* 2002;29(9):865-70.
166. Peters OA, Laib A, Ruegsegger P, Barbakow F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. *J Dent Res.* 2000;79(6):1405-9.

167. Rodig T, Hausdorfer T, Konietschke F, Dullin C, Hahn W, Hulsmann M. Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals - a micro-computed tomography study. *Int Endod J.* 2012;45(6):580-9.
168. Abramovitz I, Relles-Bonar S, Baransi B, Kfir A. The effectiveness of a self-adjusting file to remove residual gutta-percha after retreatment with rotary files. *Int Endod J.* 2012;45(4):386-92.
169. Zaslansky P, Fratzl P, Rack A, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H. Identification of root filling interfaces by microscopy and tomography methods. *Int Endod J.* 2011;44(5):395-401.
170. Lim KC, Webber J. The effect of root canal preparation on the shape of the curved root canal. *Int Endod J.* 1985;18(4):233-9.
171. Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod.* 2004;30(12):846-50.
172. Torabinejad M, Anderson P, Bader J, Brown LJ, Chen LH, Goodacre CJ, et al. Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2007;98(4):285-311.
173. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *J Endod.* 2009;35(7):930-7.
174. Su Y, Wang C, Ye L. Healing rate and post-obturation pain of single- versus multiple-visit endodontic treatment for infected root canals: a systematic review. *J Endod.* 2011;37(2):125-32.
175. Yu YH, Kushnir L, Kohli M, Karabucak B. Comparing the incidence of postoperative pain after root canal filling with warm vertical obturation with resin-based sealer and sealer-based obturation with calcium silicate-based sealer: a prospective clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2021;25(8):5033-42.
176. Hülsmann M, Bluhm V. Efficacy, cleaning ability and safety of different rotary NiTi instruments in root canal retreatment. *Int Endod J.* 2004;37(7):468-76.
177. Colombo AP, Fontana CE, Godoy A, De Martin AS, Kato AS, Rocha DG, et al. Effectiveness of the waveone and ProTaper D systems for removing gutta-percha with or without a solvent. *Acta Odontol Latinoam.* 2016;29(3):262-7.
178. Barrieshi-Nusair KM. Gutta-percha retreatment: effectiveness of nickel-titanium rotary instruments versus stainless steel hand files. *J Endod.* 2002;28(6):454-6.

179. Tanalp J. A critical analysis of research methods and experimental models to study apical extrusion of debris and irrigants. *Int Endod J.* 2022;55 Suppl 1:153-77.
180. Kum KY, Spångberg L, Cha BY, Il-Young J, Msd, Seung-Jong L, et al. Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *J Endod.* 2000;26(12):719-23.
181. Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *Int Endod J.* 1993;26(4):203-8.
182. Elmsallati EA, Wadachi R, Suda H. Extrusion of debris after use of rotary nickel-titanium files with different pitch: a pilot study. *Aust Endod J.* 2009;35(2):65-9.
183. Borges Á H, Pereira TM, Porto AN, de Araújo Estrela CR, Miranda Pedro FL, Aranha AM, et al. The Influence of Cervical Preflaring on the Amount of Apically Extruded Debris after Root Canal Preparation Using Different Instrumentation Systems. *J Endod.* 2016;42(3):465-9.
184. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Quantitative evaluation of apically extruded debris with different single-file systems: Reciproc, F360 and OneShape versus Mtwo. *Int Endod J.* 2014;47(5):405-9.
185. Ferraz CC, Gomes NV, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Apical extrusion of debris and irrigants using two hand and three engine-driven instrumentation techniques. *Int Endod J.* 2001;34(5):354-8.
186. Karataş E, Arslan H, Kırıcı D, Alsancak M, Çapar ID. Quantitative evaluation of apically extruded debris with Twisted File Adaptive instruments in straight root canals: reciprocation with different angles, adaptive motion and continuous rotation. *Int Endod J.* 2016;49(4):382-5.
187. Lambrianidis T, Tosounidou E, Tzoanopoulou M. The effect of maintaining apical patency on periapical extrusion. *J Endod.* 2001;27(11):696-8.
188. Amaral AP, Limongi P, Fontana CE, Martin AS, Bueno C, Pinheiro SL. Debris Apically Extruded by Two Reciprocating Systems: A Comparative Quantitative Study. *Eur J Dent.* 2019;13(4):625-8.
189. Çiçek E, Koçak MM, Koçak S, Sağlam BC. Comparison of the amount of apical debris extrusion associated with different retreatment systems and supplementary file application during retreatment process. *J Conserv Dent.* 2016;19(4):351-4.
190. Ehsani M, Farhang R, Harandi A, Tavanafar S, Raoof M, Galledar S. Comparison of Apical Extrusion of Debris by Using Single-File, Full-Sequence Rotary and Reciprocating Systems. *J Dent (Tehran).* 2016;13(6):394-9.

191. Pawar AM, Pawar M, Metzger Z, Thakur B. Apical extrusion of debris by supplementary files used for retreatment: An ex vivo comparative study. *J Conserv Dent.* 2016;19(2):125-9.
192. Adl A, Sahebi S, Moazami F, Niknam M. Comparison of apical debris extrusion using a conventional and two rotary techniques. *Iran Endod J.* 2009;4(4):135-8.
193. Mustafa R, Al Omari T, Al-Nasrawi S, Al Fodeh R, Dkmaq A, Haider J. Evaluating In Vitro Performance of Novel Nickel-Titanium Rotary System (TruNatomy) Based on Debris Extrusion and Preparation Time from Severely Curved Canals. *J Endod.* 2021;47(6):976-81.
194. Rechenberg DK, Paqué F. Impact of cross-sectional root canal shape on filled canal volume and remaining root filling material after retreatment. *Int Endod J.* 2013;46(6):547-55.
195. Crozeta BM, Lopes FC, Menezes Silva R, Silva-Sousa YTC, Moretti LF, Sousa-Neto MD. Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):891-9.
196. Kim K, Kim DV, Kim SY, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. *Restor Dent Endod.* 2019;44(2):e18.
197. Arul B, Varghese A, Mishra A, Elango S, Padmanaban S, Natanasabapathy V. Retrievability of bioceramic-based sealers in comparison with epoxy resin-based sealer assessed using microcomputed tomography: A systematic review of laboratory-based studies. *J Conserv Dent.* 2021;24(5):421-34.
198. Suk M, Bago I, Katić M, Šnjarić D, Munitić M, Anić I. The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming in the removal of calcium silicate-based filling remnants from the root canal after rotary retreatment. *Lasers Med Sci.* 2017;32(9):2055-62.
199. Liu H, Lai WWM, Hieawy A, Gao Y, Haapasalo M, Tay FR, et al. Efficacy of XP-endo instruments in removing 54 month-aged root canal filling material from mandibular molars. *J Dent.* 2021;112:103734.
200. Arslan H, Doğanay E, Alsancak M, Çapar ID, Karataş E, Gündüz HA. Comparison of apically extruded debris after root canal instrumentation using Reciproc[®] instruments with various kinematics. *Int Endod J.* 2016;49(3):307-10.
201. Nayak G, Singh I, Shetty S, Dahiya S. Evaluation of apical extrusion of debris and irrigant using two new reciprocating and one continuous rotation single file systems. *J Dent (Tehran).* 2014;11(3):302-9.

202. Koçak MM, Çiçek E, Koçak S, Sağlam BC, Yılmaz N. Apical extrusion of debris using ProTaper Universal and ProTaper Next rotary systems. *Int Endod J.* 2015;48(3):283-6.
203. Türker SA, Uzunoğlu E, Aslan MH. Evaluation of apically extruded bacteria associated with different nickel-titanium systems. *J Endod.* 2015;41(6):953-5.
204. Barletta FB, Rahde Nde M, Limongi O, Moura AA, Zanesco C, Mazocatto G. In vitro comparative analysis of 2 mechanical techniques for removing gutta-percha during retreatment. *J Can Dent Assoc.* 2007;73(1):65.
205. Arslan D, Kustarci A. Efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming on apically extruded debris with different preparation systems in curved canals. *Int Endod J.* 2018;51 Suppl 1:e65-e72.
206. Shetty VP, Naik BD, Pachlag AK, Yeli MM. Comparative evaluation of the amount of debris extruded apically using conventional syringe, passive ultrasonic irrigation and EndoIrrigator Plus system: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2017;20(6):411-4.
207. Yost RA, Bergeron BE, Kirkpatrick TC, Roberts MD, Roberts HW, Himel VT, et al. Evaluation of 4 Different Irrigating Systems for Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite. *J Endod.* 2015;41(9):1530-4.
208. Nevares G, Xavier F, Gominho L, Cavalcanti F, Cassimiro M, Romeiro K, et al. Apical Extrusion of Debris Produced during Continuous Rotating and Reciprocating Motion. *Sci World J.* 2015;2015:267264.
209. Silveira CMM, Pimpão MV, Fernandes LA, Westphalen VPD, Cavenago BC, Carneiro E. Influence of Different Irrigation Solutions and Instrumentation Techniques on the Amount of Apically Extruded Debris. *Eur Endod J.* 2019;4(3):122-6.
210. Silva EJ, Sá L, Belladonna FG, Neves AA, Accorsi-Mendonça T, Vieira VT, et al. Reciprocating versus rotary systems for root filling removal: assessment of the apically extruded material. *J Endod.* 2014;40(12):2077-80.
211. Uzunoglu E, Turker SA. Impact of different file systems on the amount of apically extruded debris during endodontic retreatment. *Eur J Dent.* 2016;10(2):210-4.
212. Lu Y, Wang R, Zhang L, Li HL, Zheng QH, Zhou XD, et al. Apically extruded debris and irrigant with two Ni-Ti systems and hand files when removing root fillings: a laboratory study. *Int Endod J.* 2013;46(12):1125-30.
213. Uezu MK, Britto ML, Nabeshima CK, Pallotta RC. Comparison of debris extruded apically and working time used by ProTaper Universal rotary and ProTaper

- retreatment system during gutta-percha removal. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(6):542-5.
214. Pedullà E, Abiad RS, Conte G, Khan K, Lazaridis K, Rapisarda E, et al. Retreatability of two hydraulic calcium silicate-based root canal sealers using rotary instrumentation with supplementary irrigant agitation protocols: a laboratory-based micro-computed tomographic analysis. *Int Endod J.* 2019;52(9):1377-87.
 215. De-Deus G, Belladonna FG, Zuolo AS, Cavalcante DM, Simões Carvalho M, Marinho A, et al. 3-dimensional Ability Assessment in Removing Root Filling Material from Pair-matched Oval-shaped Canals Using Thermal-treated Instruments. *J Endod.* 2019;45(9):1135-41.
 216. Silva E, Belladonna FG, Zuolo AS, Rodrigues E, Ehrhardt IC, Souza EM, et al. Effectiveness of XP-endo Finisher and XP-endo Finisher R in removing root filling remnants: a micro-CT study. *Int Endod J.* 2018;51(1):86-91.
 217. Oliet S, Sorin SM. Effect of aging on the mechanical properties of hand-rolled gutta-percha endodontic cones. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1977;43(6):954-62.
 218. Çanakçı BC, Ustun Y, Er O, Genc Sen O. Evaluation of Apically Extruded Debris from Curved Root Canal Filling Removal Using 5 Nickel-Titanium Systems. *J Endod.* 2016;42(7):1101-4.
 219. Dincer AN, Guneser MB, Arslan D. Apical extrusion of debris during root canal preparation using a novel nickel-titanium file system: WaveOne gold. *J Conserv Dent.* 2017;20(5):322-5.
 220. Jindal R, Singh S, Gupta S, Jindal P. Comparative evaluation of apical extrusion of debris and irrigant with three rotary instruments using crown down technique - An in vitro study. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2012;2(2):105-9.
 221. Ozsu D, Karatas E, Arslan H, Topcu MC. Quantitative evaluation of apically extruded debris during root canal instrumentation with ProTaper Universal, ProTaper Next, WaveOne, and self-adjusting file systems. *Eur J Dent.* 2014;8(4):504-8.
 222. Logani A, Shah N. Apically extruded debris with three contemporary Ni-Ti instrumentation systems: an ex vivo comparative study. *Indian J Dent Res.* 2008;19(3):182-5.
 223. Giuliani V, Cocchetti R, Pagavino G. Efficacy of ProTaper universal retreatment files in removing filling materials during root canal retreatment. *J Endod.* 2008;34(11):1381-4.

224. Gordon MP. The removal of gutta-percha and root canal sealers from root canals. *N Z Dent J*. 2005;101(2):44-52.
225. Türker SA, Uzunoğlu E, Sağlam BC. Evaluation of the amount of apically extruded debris during retreatment of root canals filled by different obturation techniques. *Niger J Clin Pract*. 2015;18(6):802-6.
226. Roggendorf MJ, Legner M, Ebert J, Fillery E, Frankenberger R, Friedman S. Micro-CT evaluation of residual material in canals filled with Activ GP or GuttaFlow following removal with NiTi instruments. *Int Endod J*. 2010;43(3):200-9.
227. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2000;89(6):739-43.
228. Altundasar E, Nagas E, Uyanik O, Serper A. Debris and irrigant extrusion potential of 2 rotary systems and irrigation needles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(4):e31-5.
229. Donyavi Z, Shokri A. Comparative Evaluation of Retreatability of Endodontically Treated Teeth using AH 26, Fluoride Varnish and Mineral Trioxide Aggregate-based Endodontic Sealers. *Open Dent J*. 2019;13:183-9.
230. Behrend GD, Cutler CW, Gutmann JL. An in-vitro study of smear layer removal and microbial leakage along root-canal fillings. *Int Endod J*. 1996;29(2):99-107.
231. Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *J Endod*. 2001;27(11):692-5.
232. Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endod*. 2001;27(5):347-50.
233. Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of BioRoot RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J*. 2017;50 Suppl 2:e120-e36.
234. Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2012;38(6):842-5.
235. Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Investig*. 2018;22(2):811-7.
236. Agrafioti A, Koursoumis AD, Kontakiotis EG. Re-establishing apical patency after obturation with Gutta-percha and two novel calcium silicate-based sealers. *Eur J Dent*. 2015;9(4):457-61.

237. Bin CV, Valera MC, Camargo SE, Rabelo SB, Silva GO, Balducci I, et al. Cytotoxicity and genotoxicity of root canal sealers based on mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2012;38(4):495-500.
238. Economides N, Gogos C, Kodonas K, Beltes C, Kolokouris I. An ex vivo comparison of the push-out bond strength of a new endodontic filling system (Smartseal) and various gutta-percha filling techniques. *Odontology.* 2012;100(2):187-91.
239. Alsubait S, Alhathlol N, Alqedairi A, Alfawaz H. A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus. *Aust Endod J.* 2021;47(2):222-7.
240. Miyagak DC, de Carvalho EM, Robazza CR, Chavasco JK, Levorato GL. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of endodontic sealers. *Braz Oral Res.* 2006;20(4):303-6.
241. Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pécora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Braz Dent J.* 2000;11(1):3-9.
242. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod.* 2006;32(6):569-72.
243. Solomonov M, Paqué F, Kaya S, Adigüzel O, Kfir A, Yiğit-Özer S. Self-adjusting files in retreatment: a high-resolution micro-computed tomography study. *J Endod.* 2012;38(9):1283-7.
244. Kakoura F, Pantelidou O. Retreatment Efficacy of Endodontic Bioceramic Sealers: A Review of the Literature. *Odovtos Int J Dent Sc.* 2018;20.
245. Ma J, Al-Ashaw AJ, Shen Y, Gao Y, Yang Y, Zhang C, et al. Efficacy of ProTaper Universal Rotary Retreatment system for gutta-percha removal from oval root canals: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2012;38(11):1516-20.
246. Arias-Moliz MT, Camilleri J. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. *J Dent.* 2016;52:30-6.
247. Gade VJ, Belsare LD, Patil S, Bhede R, Gade JR. Evaluation of push-out bond strength of endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2015;18(2):124-7.
248. Sousa-Neto MD, Silva Coelho FI, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YT. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er: YAG and Nd: YAG lasers. *Int Endod J.* 2005;38(12):866-70.

249. Kakoura F, Pantelidou O. Retreatability of root canals filled with Gutta percha and a novel bioceramic sealer: A scanning electron microscopy study. *J Conserv Dent.* 2018;21(6):632-6.
250. Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, Rani P. Comparative evaluation of retreatability of bioceramic sealer (BioRoot RCS) and epoxy resin (AH Plus) sealer with two different retreatment files: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2021;24(1):88-93.
251. Athkuri S, Mandava J, Chalasani U, Ravi RC, Munagapati VK, Chennareddy AR. Effect of different obturating techniques and sealers on the removal of filling materials during endodontic retreatment. *J Conserv Dent.* 2019;22(6):578-82.
252. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig.* 2014;18(4):1147-53.
253. Simsek N, Ahmetoglu F, Keles A, Bulut ET, Er K. 3D analysis of D-RaCe and self-adjusting file in removing filling materials from curved root canals instrumented and filled with different techniques. *Sci World J.* 2014;2014:836513.
254. Kaşıkçı Bilgi I, Köşeler I, Güneri P, Hülsmann M, Çalışkan MK. Efficiency and apical extrusion of debris: a comparative ex vivo study of four retreatment techniques in severely curved root canals. *Int Endod J.* 2017;50(9):910-8.
255. Topçuoğlu HS, Uluşan Ö, Topçuoğlu G, Biricik E. Apically extruded debris during the removal of canal filling material from root canals using three techniques. *J Invest Clin Dent.* 2018;9(3):e12337.
256. Saba A, Seyam RS, Saba DA. Quantitative assessment of apically extruded debris and retreatability of two sealers using two rotary retreatment systems. *Egypt Dent J.* 2017;63(3-July (Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry & Endodontics)):2737-45.
257. Canakci BC, Sungur R, Er O. Comparison of warm vertical compaction and cold lateral condensation of α , β gutta-percha and resilon on apically extruded debris during retreatment. *Niger J Clin Pract.* 2019;22(7):926-31.

8. EKLER

EK-1: Tez Çalışması İle İlgili Etik Kurul İzinleri



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557 - 537

Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 15 MART 2022 SALI
Toplantı No : 2022/05
Proje No : GO 22/260 (Değerlendirme Tarihi: 15.03.2022)
Karar No : 2022/05-16

Üniversitemiz Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr. Emel Uzunoğlu ÖZYÜREK'in sorumlu araştırmacı olduğu, Arş. Gör. Dt. Deniz BENDER'in uzmanlık tezi olan, GO 22/260 kayıt numaralı "**Kanal Dolgu Tekniklerinin ve Kanal Dolgu Patlarının Apikalden Taşan Debris ve Kanal Dolgusunun Sökülebilirliğindeki Rollerini**" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 16 Mart 2022 – 16 Mart 2023 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

1. Prof. Dr. G. Burça AYDİM	(Başkan)	8. Doç. Dr. Hande Güney DENİZ	(Üye)
2. Prof. Dr. M. Özgür UYANIK	(Üye)	9. Doç. Dr. Tolga YILDIRIM	(Üye)
3. Prof. Dr. Ayşe Kin İŞLER	(Üye)	10. Doç. Dr. Merve BATUK	(Üye)
4. Prof. Dr. Sibel PEHLİVAN	(Üye)	11. Doç. Dr. Gülten KOÇ	(Üye)
5. Doç. Dr. H. Tuna Çak ESEN	(Üye)	12. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR	(Üye)
6. Doç. Dr. Nüket Paksoy ERBAYDAR	(Üye)	13. Av. Buket ÇINAR	(Üye)
7. Doç. Dr. Betül Çelebi SALTİK	(Üye)		

EK-2: Tez Çalışması Orjinallik Raporu

KANAL DOLGU TEKNİKLERİNİN VE KANAL DOLGU PATLARININ
APİKALDEN TAŞAN DEBRİS VE KANAL DOLGUSUNUN
SÖKÜLEBİLİRLİĞİNDEKİ ROLLERİ

ORJİNALLİK RAPORU

%8	%7	%2	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
2	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%1
3	docs.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
4	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	%1
5	openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%1
6	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	%1
7	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to Eskisehir Osmangazi University Öğrenci Ödevi	<%1
9	issuu.com İnternet Kaynağı	<%1

EK-3: Tez Çalışması Dijital Makbuz



Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Deniz Bender
Ödev başlığı: Dt. Deniz Bender EUT
Gönderi Başlığı: Dt. Deniz Bender_Endodonti Uzmanlık Tezi
Dosya adı: Dt.Deniz_Bender_Endodonti_Uzmanl_k_Tezi.docx
Dosya boyutu: 3.9M
Sayfa sayısı: 53
Kelime sayısı: 13,221
Karakter sayısı: 92,684
Gönderim Tarihi: 07-Nis-2023 12:55ÖS (UTC+0300)
Gönderim Numarası: 2058295572

