



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

**FARKLI KANAL DOLDURMA YÖNTEMLERİYLE
DOLDURULAN KÖK KANALLARININ DOLGU KALİTESİNİN
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ VE BİLGİSAYARLI
SIVI FİLTASYON CİHAZI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Arş. Grv. Zuhall ULUSOY

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**Aralık 2018
BOLU**



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

**FARKLI KANAL DOLDURMA YÖNTEMLERİYLE
DOLDURULAN KÖK KANALLARININ DOLGU KALİTESİNİN
MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ VE BİLGİSAYARLI
SIVI FİLTRASYON CİHAZI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Arş. Grv. Zuhul ULUSOY

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Hasan ORUÇOĞLU**

Bu çalışma Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje numarası: 2016.06.02.1081)

**Aralık 2018
BOLU**

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
Tez Onay Belgesi

Tezin Başlığı

*Farklı Kanal Doldurma Yöntemleriyle Doldurulan İlk
Kanallarının Dolgu Kalitesinin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi
ve Bilgisayarlı Sıvı Filtreyen Cihazı ile Değerlendirilmesi*

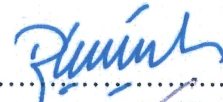
Tezin Savunma Tarihi

: 24.12.2018

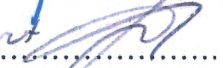
Tezin Danışmanı

: Prof. Dr. Havvan ORUÇOĞLU

Jüri Başkanı

: Prof. Dr. Havvan Oruçoğlu 

Üye

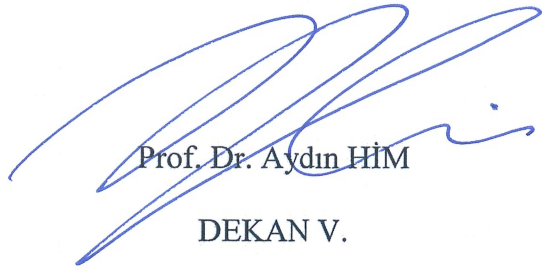
: Dr. Öğr. Üyesi Gher Bant 

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Zeliha Lige Aydın 

DEKANLIK ONAYI

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.


Prof. Dr. Aydın HİM

DEKAN V.

ÖZET

FARKLI KANAL DOLDURMA YÖNTEMLERİYLE DOLDURULAN KÖK KANALLARININ DOLGU KALİTESİNİN MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOĞRAFI VE BİLGİSAYARLI SIVI FİLTRASYON CİHAZI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmanın amacı, farklı kök kanal dolgu yöntemlerinin kalitesinin mikro bilgisayarlı tomografi ve bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile incelenmesi; elde edilen verilerin birbirleriyle karşılaştırılarak sonuçlarının değerlendirilmesidir.

Çalışmada 48 adet çürüksüz, tek köklü ve tek kanallı alt premolar insan dişi kullanıldı. Dişler kronlarından ayrılarak tüm kökler 12 mm olacak şekilde ayarlandı. ProTaper Next Ni-Ti döner eğeler ile X4 numaralı eğeye kadar kök kanal preparasyonu yapılan örnekler her bir grupta 12 diş olacak şekilde 4 deney grubuna (Grup 1: Soğuk lateral kondansasyon yöntemi, Grup 2: Ultrasonik lateral kondansasyon yöntemi, Grup 3: Devamlı ısı ile obtürasyon yöntemi ve Grup 4: Termoplastik kor yöntemi) ayrılarak, farklı yöntemler ile kök kanal dolguları yapıldı. Kök kanal dolguları tamamlanan gruplar mikro bilgisayarlı tomografi ile taranarak apikal, orta ve koronal bölgelerdeki dolgu hacmi yüzdeleri ile internal, eksternal ve kombine boşluk miktarları açısından değerlendirildi. Yapılan değerlendirmelerin ardından grupların apikal sızıntı miktarları bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile ölçüldü. Elde edilen tüm veriler karşılaştırılarak bir istatistik yazılımı aracılığı ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda bazı gruplar arasında değerlendirmelerin anlamlı olduğu bulundu. Çalışmanın ilk basamağı olan mikro-bilgisayarlı tomografi ölçümlerinin istatistiksel analizi sonucunda; gruplar arasında en az dolgu hacmi yüzdesi Grup 1’de olduğu görüldü. Diğer gruplar arasında ise dolgu hacmi yüzdesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Test edilen bölgeler arasında ise en az dolgu hacmi yüzdesi apikal bölgede görülürken orta ve koronal bölgeler arasında istatistiksel bir farklılık bulunamadı. Internal boşluk miktarı bakımından gruplar ve bölgeler arasında yine istatistiksel

açından bir farklılık tespit edilemedi. En fazla eksternal ve kombine boşluk miktarları ise Grup 1’de görüldü. Diğer gruplar arasında eksternal ve kombine boşluk miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı. Bölgeler arasında ise apikal bölgede en fazla eksternal ve kombine boşluk görülürken diğer gruplar arasında yine istatistiksel açıdan herhangi anlamlı bir farklılık tespit edilemedi.

Çalışmanın ikinci basamağı olan bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile yapılan ölçümlerde ise, en fazla apikal sızıntı Grup 1’de gözlemlendi. Grup 2 ve Grup 3 en az apikal sızıntı miktarını gösterirken aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulundu. Grup 4’ün apikal sızıntı değerleri ise Grup 1’e göre istatistiksel olarak daha az olduğu ve aralarındaki farkın anlamlı olduğu tespit edildi.

Bu çalışmanın limitasyonları dahilinde elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, test edilen tüm gruplarda farklı miktarlarda sızıntı ve eksternal ve kombine boşluklar olduğu görüldü. Bununla birlikte istatistiksel olarak en az sızıntı ve/veya eksternal ve kombine boşluk miktarları hem mikro-bilgisayarlı tomografi analizlerinde hem de bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçümlerinde Elements Free Obturation ve LM-ProPower gruplarında görülürken; en fazla sızıntı ve/veya en fazla eksternal ve kombine boşluk miktarı ise soğuk lateral kondansasyon grubunda görüldü. Kök kanal tedavisinde kanal dolgu kalitesinin ve apikal tıkalılığının artırılması amacıyla elde edilen bulgular ışığında vakaya uygun olarak Elements Free Obturation ve LM-ProPower gibi cihazların kullanıldığı devamlı ısıyla obtürasyon veya ultrasonik enerjili lateral kondansasyon yöntemlerinin kullanılması tavsiye edilebilir.

Ayrıca yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda mikro-bilgisayarlı tomografi ile bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi arasında orta derecede korelasyon olduğu tespit edildi. Elde edilen bu sonuç ışığında mikro-bilgisayarlı tomografi gibi pahalı ve zaman alıcı yöntemler yerine bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ile kök kanal dolgu kalitesinin daha pratik olarak değerlendirilebileceği sonucuna varıldı. Bununla birlikte bu iki yöntem arasındaki ilişkinin yapılacak başka çalışmalarla da desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Kök kanal dolgu yöntemleri, kanal dolgu kalitesi, soğuk lateral kondansasyon yöntemi, ultrasonik yöntem, devamlı ısı ile obturasyon, termoplastik kor, mikro-bilgisayarlı tomografi, bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi



ABSTRACT

MICRO-COMPUTED TOMOGRAPHY AND COMPUTERIZED FLUID FILTRATION DEVICE ASSESSMENT OF FILLING QUALITY OF ROOT CANALS FILLED BY DIFFERENT OBTURATION TECHNIQUES

The aim of this study is to investigate the quality of different root canal filling techniques by micro-computed tomography and computerized fluid filtration device; to compare the results obtained with each other.

In this study, 48 extracted, single-rooted and single canaled mandibular premolar human teeth without caries were used. Teeth were separated from their crowns and all roots were standardized to a length of 12 mm. After the root canal preparation with ProTaper Next Ni-Ti rotary files up to X4 file, samples were divided into 4 experimental groups (Group 1: Cold lateral condensation technique, Group 2: Ultrasonic lateral condensation technique, Group 3: Continuous wave of condensation technique and Group 4: Thermoplastic core technique) with 12 teeth per group and root canal fillings were made with different techniques. After the obturation of root canals, groups were evaluated in terms of percentage of root canal filling volumes, internal, external and combined gaps in apical, middle and coronal regions by scanning the samples with micro-computed tomography. Then apical leakage of the groups were measured by computerized fluid filtration device. All data were compared and statistically evaluated by a statistical software.

The statistical analysis showed that the evaluations were meaningful among some groups. As a result of the statistical analysis of micro-computed tomography measurements, which was the first step of the study; the minimum percentage of root canal filling volume between the groups was measured in Group 1. No statistically significant difference was found in percentage of root canal filling volume between the other groups. Among the regions tested, the minimum percentage of root canal filling volume was seen in the apical region, while there was no statistical difference between the middle and coronal regions. Also no statistically significant difference was found between groups and regions in terms of internal gaps. The maximum amounts of external and combined gaps were seen in Group 1. There was no

statistically significant difference between the other groups in terms of external and combined gaps. Among the regions, the maximum amounts of external and combined gaps were seen in the apical region, while there was no statistically significant difference between the other groups.

In the measurements made by the computerized fluid filtration device which was the second step of the study, the most amount of apical leakage was observed in Group 1. While Group 2 and Group 3 showed the least amount of apical leakage, it was found that the difference between them was not statistically significant. In Group 4, apical leakage values were statistically lower than Group 1 and the difference was significant.

When the results obtained within the limitations of this study were evaluated, it was seen that all groups tested had different amounts of leakage and external and combined gaps. However, in both the micro-computed tomography analyzes and computerized fluid filtration measurements, the minimum amounts of leakage and / or external and combined gaps were seen in the Elements Free Obturation and LM-ProPower groups while maximum amounts of leakage and / or external and combined gaps were seen in the cold lateral condensation group. In the light of the informations obtained from this study, in order to increase the canal filling quality and apical sealing in the root canal treatment, it may be advisable to use continuous wave of condensation or ultrasonic energized lateral condensation techniques by using devices such as Elements Free Obturation and LM-ProPower.

In addition, a moderate correlation was detected between micro-computed tomography and computerized fluid filtration techniques. In the light of this result, it is concluded that root canal filling quality can be considered more practical by using computerized fluid filtration technique instead of expensive and time consuming techniques such as microcomputer tomography. However, it is thought that the relationship between these two techniques should be supported by other studies.

Key words: Root canal filling techniques, canal filling quality, cold lateral condensation technique, ultrasonic technique, continuous wave of condensation, thermoplastic core, micro-computed tomography, computerized fluid filtration technique.



TEŞEKKÜRLER

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, hoşgörüsünü ve desteğini hiç esirgemeyen değerli danışman hocam Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Hasan ORUÇOĞLU'na;

Tezimin mikro bilgisayarlı tomografi analiz kısmının yürütülmesindeki yardımlarından ötürü Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi Sayın Dr. Mert OCAK ve Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Kaan ORHAN'a;

Çalışmamın istatistik bölümünde yardımını esirgemeyen Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Hamit COŞKUN'a;

Beraber klinikte çalışmayı keyifli hale getirdiğimiz, hastane içerisinde ve dışarısında güzel paylaşımlarda bulunduğumuz ve tez çalışmamda desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen tüm mesai arkadaşlarıma;

Hayatım boyunca yanımda olan ve her zaman beni gönülden destekleyen sevgili annem ve babam Nihal KÜÇÜK ve Hayrünnas KÜÇÜK ile canım ablam Zeynep BERÇİN ve canım kardeşim Yunus Emre KÜÇÜK'e;

Hayatımın her anında en büyük destek ve motivasyon kaynağım olan, yaşamayı mutlu, değerli ve anlamlı kılan canım kızım Eliz ULUSOY ve sevgili eşim Soner ULUSOY'a,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

1.GİRİŞ.....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Kök Kanallarının Doldurulması	4
2.2 Kök Kanal Dolgu Maddeleri.....	5
2.2.1. Merkezi ana materyaller	5
2.2.1.1. Gümüş kon	5
2.2.1.2. Güta perka.....	6
2.2.1.3. Sentetik polimerler	7
2.2.2. Kök kanal dolgu patları.....	8
2.2.2.1. Çinko oksit öjenol esaslı patlar.....	10
2.2.2.2. Cam iyonomer esaslı patlar.....	11
2.2.2.3. Kalsiyum hidroksit esaslı patlar.....	12
2.2.2.4. Polimer esaslı patlar	12
2.2.2.5. Biyoseramik esaslı patlar.....	15
2.2.3. Çalışmada kullanılan kök kanal dolgu patı	16
2.3. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri.....	17
2.3.1. Tek kon yöntemi.....	18
2.3.2. Soğuk lateral kondansasyon yöntemi	19
2.3.3. Sıcak lateral kondansasyon yöntemi.....	20
2.3.4. Sıcak vertikal kondansasyon yöntemi	20
2.3.5. Devamlı ısıyla obturasyon yöntemi.....	21
2.3.6. Termomekanik kondansasyon yöntemi (McSpadden yöntemi).....	22
2.3.7. Termoplastik kor yöntemi (Taşıyıcı sistemler)	22
2.3.8. Isıtılmış güta perkanın enjeksiyonu yöntemi	24

2.3.9. Kimyasal yumuşatma yöntemi	26
2.4. Kök Kanallarında Mikrosızıntı.....	27
2.4.1. Boya sızıntı yöntemi	28
2.4.2. Bakteri sızıntı yöntemi	29
2.4.3. Sıkıştırılmış hava yöntemi	30
2.4.4. Elektrokimyasal yöntem.....	30
2.4.5. Radyoizotop yöntemi	31
2.4.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi	31
2.4.7. Glikoz penetrasyon yöntemi	31
2.4.8. Sıvı filtrasyon yöntemi.....	32
2.5. Kök Kanal Sistemi Görüntüleme Yöntemleri.....	33
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	38
3.1. Örneklerin Hazırlanması.....	38
3.1.1. Dişlerin seçilmesi.....	38
3.1.2. Kök kanallarının preparasyonu	39
3.1.3. Kök kanallarının doldurulması.....	39
3.1.4. Örneklerin Muhafaza Edilmesi	45
3.2. Kök Kanallarındaki Dolgu Maddesi ve Boşluk Hacminin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Taranması	45
3.3. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Elde Edile Görüntülerin Analizi	47
3.4. Apikal Mikrosızıntının Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Cihazı ile Değerlendirilmesi.....	49
3.4.1. Örneklerin sıvı filtrasyon ölçümleri için hazırlanması	50
3.4.2 Örneklerin deney düzeneğine bağlanması.....	50
3.4.3 Bilgisayar kontrollü lazerli ölçüm sistemi.....	52
3.4.4. Sıvı filtrasyon ölçümlerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi	53
3.5. İstatistiksel Analiz.....	54
4. BULGULAR	56

4.1. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Taramalarına Ait Bulgular	56
4.1.1. Dolgu hacmi yüzdesi	56
4.1.2. İnternal boşluk	58
.....	59
4.1.3. Eksternal boşluk	60
4.1.4. Kombine boşluk.....	62
4.1.5. Grup içi toplam boşluk ve kanal dolgusu miktarları.....	64
4.1.6. Farklı bölgelerdeki toplam boşluk miktarı ve dolgu hacmi yüzdelerinin kanal dolgu yöntemi grupları arasında değerlendirilmesi.....	66
4.2. Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Ölçümlerine Ait Bulgular.....	68
4.3. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ve Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Ölçümleri Sonuçları Arasındaki Korelasyonun Değerlendirilmesi	71
5. TARTIŞMA	72
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	91
7. KAYNAKLAR	93
8. EKLER.....	116
9. ÖZGEÇMİŞ.....	117

TABLÖLAR

Tablo 3. 1. Deney gruplarının dağılımı.....	40
Tablo 3. 2. Sıvı filtrasyon deneyinde kullanılan formülün açılımı	54
Tablo 4. 1. Betimleyici istatistik verileri (Dolgu hacmi yüzdeleri)	57
Tablo 4. 2. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının dolgu hacmi yüzdesi bakımından çoklu karşılaştırması.....	58
Tablo 4. 3. Betimleyici istatistik verileri (İnternal boşluk mm ³)	59
Tablo 4. 4. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının internal boşluk miktarı (mm ³) bakımından çoklu karşılaştırması.....	60
Tablo 4. 5. Betimleyici istatistik verileri (eksternal boşluk mm ³).....	61
Tablo 4. 6. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının eksternal boşluk miktarı (mm ³) bakımından çoklu karşılaştırması.....	62
Tablo 4. 7. Betimleyici istatistik verileri (kombine boşluk mm ³)	63
Tablo 4. 8. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının kombine boşluk miktarları (mm ³) bakımından çoklu karşılaştırması	64
Tablo 4. 9. Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki toplam boşluk miktarlarının gruplar arası karşılaştırılması	67
Tablo 4. 10. Betimleyici istatistik verileri (apikal sızıntı)	68
Tablo 4. 11. Gruplar arası etki bakımından istatistiksel karşılaştırma sonuçları	68
Tablo 4.12. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının apikal sızıntı miktarı bakımından çoklu karşılaştırması.....	70
Tablo 4. 13. Boşluk miktarı ile sızıntı arasındaki korelasyon.....	71

FOTOĞRAFLAR

Fotoğraf 3. 1. LM-ProPower ultrasonik cihaz ve LM 100214 uçlar.....	41
Fotoğraf 3. 2. Elements Free Obturation Sistem Cihazı	43
Fotoğraf 3. 3. Buchanan el pluggerları	43
Fotoğraf 3. 4. Thermaprep 2 fırın ve ProTaper Next X4 güta kor	44
Fotoğraf 3. 5. Örneklerin %100 nemli ortamda muhafaza edilmesi	45
Fotoğraf 3. 6. SkyScan 1172 mikro-BT cihazı	46
Fotoğraf 3. 7. Örneklerin mikro-BT cihazına yerleştirilmesi	46
Fotoğraf 3. 8. Kök kanalı, boşluklar (a,b), güta perka (c) ve kanal patının (d) 3 boyutlu temsili.....	48
Fotoğraf 3. 9. İki boyutlu kesitlerde kanal dolgu hacmi ve boşlukların görünümü	48
Fotoğraf 3. 10. Bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçüm düzeneği.....	49
Fotoğraf 3. 11. Örneklerin plastik borulara yerleştirilip sabitlenmesi	50
Fotoğraf 3. 12. Örneklerin deney düzeneğine bağlanması.....	51
Fotoğraf 3. 13. Bilgisayar destekli sıvı filtrasyon tekniği ile apikal mikrosızıntı ölçüm düzeneğinin şematik görünümü	51
Fotoğraf 3. 14. Algılayıcı ünite.....	52
Fotoğraf 3. 15. Sıvı Filtrasyon'03 Programı ara yüzü	53

GRAFİKLER

Grafik 4. 1. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki dolgu hacmi yüzdeleri.....	57
Grafik 4. 2. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki internal boşluk miktarları..	59
Grafik 4. 3. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki eksternal boşluk miktarları (mm ³)	61
Grafik 4. 4. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki kombine boşluk miktarları (mm ³)	63
Grafik 4. 5. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki toplam boşluk miktarları (mm ³)	65
Grafik 4. 6. Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki toplam boşluk miktarlarının kanal dolgu yöntemi gruplarına göre değerlendirilmesi	67
Grafik 4. 7. Kanal dolgu yöntemlerinin apikal sızıntı miktarı üzerine temel etkileri	69
Grafik 4. 8. Kanal dolgu yöntemlerine göre apikal sızıntı miktarları	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

ark.	Arkadaşları
BT	Bilgisayarlı tomografi
cm	Santimetre
cm²	Santimetre kare
cmH₂O	Santimetre su
DIO	Devamlı ısı ile obturasyon
dk	Dakika
EDTA	Etilen diamin tetra asidik asit
EFOS	Elements Free Obturation Sistem
<i>E. faecalis</i>	Enterococcus faecalis
G	Gauge
kPA	Kilo paskal
LMPP	LM-ProPower
Mikro-BT	Mikro-bilgisayarlı tomografi
mm	milimetre
MTA	Mineral trioksit agregat
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Ni-Ti	Nikel titanyum
no	Numara
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SLK	Soğuk lateral kondansasyon
sn	Saniye
TPK	Termoplastik kor

ULK	Ultrasonik lateral kondansasyon
°	Derece
°C	Santigrat derece
μ	Mikro
μl	Mikro litre
%	Yüzde



1.GİRİŞ

Endodontik tedavinin temel amacı; kök kanal sisteminin temizlenmesi, şekillendirilmesi ve mikroorganizmalardan arındırılması sonrasında geriye kalan kanal boşluğunun stabil, biyouyumlu ve sızdırmaz materyallerle üç boyutlu olarak doldurulması sonucunda tekrarlayabilecek olan enfeksiyonların gelişmesini önlemektir (1). Hermetik olarak yapılmış kanal dolgusu sayesinde ağız boşluğu ve periodonsiyumdan kök kanallarına sıvı, besin ve bakteri geçişi durdurularak yeni bir enfeksiyon gelişmesi önlenmiş olur (2). İdeal bir kök kanal tedavisi yapılmasına rağmen yine de yapılan tedaviler başarısızlıkla sonuçlanabilir. Kök kanal tedavisinin başarısızlık nedenleri arasında bulunamayan kanallar (3), perforasyonlar (4), koronal sızıntı (5), apikal sızıntı (6), biyomekanik prosedürel hatalar (7), eksik-yetersiz kanal dolguları (8) ve hatalı restorasyonlar (9) gibi çok çeşitli faktörler yer almaktadır. Bunlar arasında apikal tıkanmanın sağlanamadığı yetersiz doldurulmuş kanallarda tedavi başarı oranı ortalama %58.66 olarak bildirilmiştir(10). Bu sonuç apikal tıkanmanın önemini açıkça göstermektedir.

Yukarıda bahsedilen başarısızlık nedenleri arasında sayılabilen ve hekimin vakaya uygun olarak seçmesi gereken kanal dolgu patının da çeşitli özelliklerde bulunması gerekmektedir. İyi bir kök kanal dolgu materyali homojen, inert, biyouyumlu, stabil, kanala üç boyutlu olarak adapte olabilen yapıda olmalı ve kolay uygulanabilmelidir. Halen hiçbir kanal dolgu maddesi sızdırmaz bir kapaticılık sağlayamasa da bu özellikleri en çok karşılayan ve kullanılan kanal dolgu maddesi kanal dolgu patıyla beraber gütä perka olarak günümüzde yerini korumaktadır (11). Ancak yeterli sertliğe sahip olmaması nedeniyle vertikal ve lateral baskılarda kolaylıkla kıvrılabilmesi, zamanla oksidasyona bağlı kırılganlığının artması, kanal duvarlarına bağlanma özelliğinin olmaması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Ama yine de gütä perkanın plastize formlarının kullanılması genelde kanal dolgu patıyla birlikte kullanılan gütä perkanın kök kanal boşluğuna adaptasyonunu arttırmıştır (12). Bununla birlikte kanal duvarlarına adezyonun sağlanması için mutlaka bir pat ile kullanılması da önerilmektedir (13). Günümüzde ultrasonik kondansasyon, devamlı ısı ile obturasyon, termoplastik kor yöntemi, Schilder

yöntemi, McSpadden yöntemi, ısıtılmış güta perkanın enjeksiyonu gibi güta perkanın plastize formlarının kullanıldığı çeşitli kök kanal dolgu yöntemleri ile güta perkanın kanal duvarlarına adaptasyonunun arttırılması hedeflenmektedir.

Kök kanalı ve periapikal dokular arasında gerçekleşen apikal sızıntı endodontik başarısızlığın ana nedenlerinden birisi olarak geçerliliğini korumaktadır (14). Sızıntının ana nedenlerinden biri de kök kanalının yetersiz obturasyonudur (15). Bu kanıtlara uzun yıllardan beri deneysel olarak yapılan çok çeşitli çalışmalarla ulaşılmaktadır. Kanal dolgu maddelerinin apikal tıkaçlama kalitesini ve sızıntısını değerlendirmek için boya penetrasyonu (16), santrifüje boya penetrasyonu (17), bakteriyel sızıntı yöntemi (18), sıvı filtrasyon yöntemi (19) gibi birçok yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında sıvı filtrasyon yöntemi sayısal değerler elde edilebilmesi, örneklerin zarar görmemesi ve tekrarlayan ölçümlere izin vermesi gibi avantajlarıyla öne çıkmıştır (20). Bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ise bu avantajlara ek olarak ölçümlerin bilgisayar tarafından hesaplanmasıyla daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır (21).

Deneysel yöntemlerin yanı sıra gerek klinik uygulamalarda gerekse diğer çalışmalarda kök kanal dolgusunun kalitesini değerlendirmek için oral radyografi ve bilgisayarlı tomografi gibi görüntüleme yöntemleri de kullanılmaktadır (22, 23). Radyograflar klinikte en yaygın olarak kullanılan görüntüleme yöntemleridir (24). Zaman, maliyet, uygulama kolaylığı bunun nedenleri arasındadır. Ancak yapılan bazı çalışmalarda klinik radyografların kök kanal dolgu kalitesini değerlendirmede güvenilir olmadığı sonucuna varılmıştır (25, 26). Bu dezavantajları ortadan kaldırabilmek için son dönemlerde sıklıkla mikro bilgisayarlı tomografi kullanılarak üç boyutlu görüntüler taranıp modellenerek kanalın üç boyutlu formu, lateral ve aksesuar kanallar, kanal dolgusu, perforasyon ve lezyonların lokalizasyonu hakkında doğru değerlendirme yapılabilmesine olanak sağlandığı rapor edilmiştir (27).

Gerek literatür taramalarında gerekse klinik durumlarda hali hazırda kullanılan farklı kanal doldurma yöntemleri üzerinde yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada olduğu gibi hem mikro bilgisayarlı tomografi hem de bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile materyal ve metoddaki detaylı olarak

verilecek olan materyaller ile yapılan bir çalışmanın olmaması ile literatüre katkı sağlanması hedeflenmiştir. Buraya kadar ana hatları ile anlatılan konular ile birlikte detaylı genel bilgilere aşağıdaki bölümlerde değinilmiştir.



2.GENEL BİLGİLER

Kök kanal sisteminin başarılı bir şekilde doldurulması endodontik tedavinin sonucunu etkileyen en önemli tedavi basamaklarından biri olarak kabul edilmektedir. Kök kanal şekillendirilmesinde modern yöntemlerin tercih edilmesi ve doğru irrigasyon solüsyonlarının kullanılmasına rağmen mikroorganizmaların kök kanalından tamamen uzaklaştırılabilmesi mümkün olamamaktadır (28). Bu nedenle dişe ve vakaya uygun kanal dolgu yöntemleri kullanılarak homojen ve sızdırmaz bir kanal dolgusu elde edilmesi ve bu sayede kanal içerisinde kalan bakterilerin yok edilmesi amaçlanmaktadır. Kök kanal dolgu yöntemleri ve kanal dolgu maddelerinden aşağıda bahsedilmiştir.

2.1 Kök Kanallarının Doldurulması

Endodontik tedavi sürecinde mekanik işlemlerin prosedüre uygun şekilde tamamlanmasının yanında kanalların doldurulmaya hazır olup olmadığı da mutlaka değerlendirilmelidir. Başarılı kök kanal tedavisinin en önemli anahtarı pulpa ve enfekte dentinin uzaklaştırılıp irrigasyonu tamamlanmış kök kanalının sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır (29, 30). Kök kanalının doldurulmasındaki hedef kanal boşluğunun önceden belirlenmiş çalışma uzunluğuna kadar tüm yönlerde sıkıca kapatılıp izole edilerek bakteri ve toksinlerinin kanal içerisine girişini (31, 32) ve periapikal dokulara çıkışını engellemektir (33). Böylelikle hem kanalda arta kalan bakterilerin üremesi hem de kanala yeni bakteri girişi engellenerek yeni enfeksiyon gelişimi önlenir ve periapikal dokuların sağlığı korunur.

Kök kanallarının doldurulma zamanı;

- 1) Kanaldan negatif kültür elde edilmesi,
- 2) Kanalda aşırı bir eksüda sızıntısının bulunmaması,
- 3) Kanalda kötü koku olmaması,
- 4) Periapikal hassasiyet bulunmaması olarak belirtilmiştir (34).

Kanalların en ideal şekilde temizlenip şekillendirildiği olgularda dahi yeterli obtürasyon sağlanamazsa tedavinin başarısı tehlikeye girecektir. Bu sebeple endodontide kullanılan kanal dolgu yöntemleri ve kanal dolgu maddeleri tedavi

prognozu açısından kritik öneme sahiptir (35). İdeal bir kök kanal dolgu maddesinin özellikleri pek çok araştırmacı tarafından sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Bu araştırmacılardan bir tanesi olan Grossman’a göre ideal bir kök kanal dolgu maddesi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (36):

- 1) Çalışma süresi yeterli olmalı ve kolay uygulanabilmeli,
- 2) Kanalin anatomik yapısına uyum sağlayarak hem lateral hem de apikalde tıkama sağlayabilmeli,
- 3) Boyutsal stabiliteye sahip olmalı,
- 4) Neme dayanıklı olmalı,
- 5) Periapikal dokulardan gelebilecek doku sıvılarından etkilenmemeli, yapısı bozulmamalı,
- 6) Bakteri üremesini önleyebilmeli,
- 7) Periapikal dokularda irritasyona neden olmamalı,
- 8) Radyopak olmalı,
- 9) Dişlerde renklenmeye yol açmamalı,
- 10) Sterilizasyona uygun olmalı,
- 11) Gerekirse dişten kolayca uzaklaştırılabilir.

2.2 Kök Kanal Dolgu Maddeleri

Kök kanal dolgu maddeleri merkezi ana materyaller ve kanal dolgu patları olarak sınıflandırılmaktadır.

2.2.1. Merkezi ana materyaller

Kök kanal dolgusunun kor yapısını oluşturan merkezi ana materyaller gümüş kon, güta-perka ve sentetik polimerler olup kök kanal dolgusunun temelini oluşturan katı maddelerdir. Merkezi ana materyaller aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

2.2.1.1. Gümüş kon

Gümüş konlar ilk olarak 1933 yılında Jasper tarafından, güta perka ile aynı başarı oranına sahip ve kullanımının daha kolay olduğu öne sürülerek diş hekimliğine tanıtılmıştır (37). 1930’lu yıllardan 1960’lı yıllara kadar özellikle dar kanallarda geniş oranda kullanılmıştır (38). Saf gümüşten yapılan bu materyaller

kanala kullanılan son eğe kalınlığında yerleştirilirler. Gümüş konların geğmiş zamanda rijidite ve kullanım kolaylığı nedeniyle kök kanal dolgu maddesi olarak kullanılması uzun yıllar savunulmuştur. Bununla birlikte mikro sızıntı, sementte çözünme, korozyon ve periapikal dokulardaki potansiyel toksik etkileri gibi dezavantajları nedeniyle zamanla endodontideki değeri azalmıştır (39).

2.2.1.2. Güta perka

Güta perka günümüzde en yaygın olarak kullanılan kök kanal dolgu materyalidir (40). İlk olarak 1843 yılında Jose D’Almeida tarafından tanıtılmıştır. 150 yılı aşkın bir süredir kök kanal dolgu materyali olarak kullanılmaktadır (41, 31). Güta perka, Sapotaceae familyasından olan Isonandra percha ağacının özsuyundan elde edilmektedir. İçeriğinde %18-22 güta perka matriks, %59-76 çinko oksit doldurucu, %1-4 plastik özellik kazandıran rezin ve %1-18 radyopaklaştırıcı metal sülfatlar bulunmaktadır (42). Farklı üreticiler değişik formüller kullanarak güta perkanın özelliklerini iyileştirmeye çalışmaktadırlar. Bu yapılan değişikliklerle güta perkanın sertliğine, kırılğanlığına, çekme dayanımına ve radyoopasitesine etki ederler (42).

Güta perkanın saf moleküler yapısı yaklaşık %60 kristal formda olup poliizoprenin trans-izomeridir. Alfa, beta ve amorf olmak üzere üç ayrı formu vardır (43, 44). Güta perka genel olarak beta fazında kullanılmaktadır. Ancak güta perkaya akışkanlık sağlayıp sıkıştırılabilir olabilmesi için beta formundaki bu güta perkanın 42-49°C arası sıcaklıklarda ısıtılması yeterlidir. Bu sayede güta perka alfa formuna geğmiş olur. Alfa formu yapışkan ve esnek yapıda olduğu için baskı uygulandığında akışkanlık gösterir ve kanalın tüm yüzeylerine adaptasyon sağlar. Isıtılarak akışkan hale getirilen bu tarz güta perkalar sertleşirken büzülme gösterse de (45) tekrar soğutulduğunda daha az büzülür ve bu sayede boyutsal stabilitesi artmış olur. Alfa formu bu özelliği sayesinde termoplastik kök kanal dolgu yöntemlerinde kullanılabilir.

Guta perka plastisite özelliği, sıkıştırılabilirliğe sahip olması, boyutsal stabilitesi, radyoopasitesi, toksisitesinin düşük olması, ısı ve çeşitli kiyasal çözücülerle kolaylıkla kanaldan uzaklaştırılabilmesi gibi pek çok avantajlara sahiptir.

Bununla birlikte yeterli sertliğe sahip olmamasına bağlı olarak lateral veya vertikal kuvvetler karşısında kolayca kıvrılabilmesi, kanal duvarlarına bağlanma özelliği olmaması, zamanla kırılabilirlik kazanması gibi nedenlerden ötürü raf ömrünün uzun olmaması da dezavantajlarından bazıları arasındadır (46).

Güta perka konularının piyasada farklı boyutlardaki standart formları ile standart olmayan formları mevcuttur. Steril şekilde üretilen formları bulunmuş olsa da saklama ve kullanım esnasında kontamine olabilir (47). Bu nedenle kanala yerleştirilmeden önce %5.25'lik sodyum hipokloritte (NaOCl) 1 dk süre ile bekletilmesini takiben %70'lik etil alkol solüsyonu ile üzerindeki kristallerden arındırılması ve kurutularak kök kanalına yerleştirilmesi, kök kanallarında enfeksiyondan arındırılmış bir şekilde kullanılması önerilmektedir (48). Ayrıca güta perkanın içeriğindeki çinko materyali sayesinde özellikle ihtiyaç olduğu durumlarda kanal tedavisi yenilenmesi sırasında kloroform, haloten, ökoliptol ve ksilen gibi kimyasal solüsyonlarda çözünerek kanaldan uzaklaştırılması kolaylaşır.

Güta perkanın bakteri üremesini engellemesinin yanında içeriğindeki çinko oksit sayesinde antibakteriyel özellik gösterdiğini belirten çalışmalar mevcuttur (49, 50). Güta perkaya tetrasiklin, klorheksidin, kalsiyum hidroksit, iyodoform (51) içeren maddeler ilave edilerek yapılan formülizasyonları ile antibakteriyel özelliğinin artırılması hedeflenmiştir. Adeziv özelliği bulunmayan güta perkanın mutlaka bir kanal dolgu patı ile kullanılması tavsiye edilmektedir (52). Kor materyali olan güta perka ile kanal dolgu patı arasındaki bağlanmayı sağlamak ve mikrosızıntıya engel olmak için rezin kaplı güta perkalar (EndoRez; Ultradent, South Jordan, UT, USA) üretilmiştir. Aynı amaçla üretilen cam iyonomer kaplı güta perkalar da (Activ GP; Brasseler, Savannah, GA, USA) mevcut olup teknolojinin gelişmesiyle birlikte farklı materyallerin de kullanılabileceği düşünülmektedir.

2.2.1.3. Sentetik polimerler

Güta perkanın hem kanal duvarına hem de kanal patına olan adaptasyonunu arttırmak için son zamanlarda sentetik polimerler üretilmiştir. Resilon (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, ABD) ve Smartpoint (Smartseal, Stamford, Birleşik Krallık) bu sentetik polimerlere örnek olarak verilebilir. Resilon materyali

dental kullanıma uyarlanmış yüksek performanslı endüstriyel poliüretandır. Birlikte kullanılan rezin pat ile hem Resilon hem de kanal duvarına bağlanarak monoblok yapı elde edildiği savunulsa da bu iddiaların aksini söyleyen araştırmacılar da bulunmaktadır (53, 54). Gütâ perkaya benzer şekilde standart ve standart olmayan formlarda bulunan Resilon konlarının soğuk lateral kondansasyon, sıcak lateral ve vertikal kondansasyon yöntemleri ve termoplastik yöntemlerle de kullanılabildiği üretici firma tarafından belirtilmektedir.

Gerek yukarıda bahsedilen gümüş kon gerekse gütâ perkanın kullanıldığı yöntemlerin çoğunluğunda ilgili materyaller kök kanallarına tek başlarına yerleştirilmemekte, kök kanal dolgu patlarından faydalanılmaktadır. Amaç ise kısaca kök kanal sisteminin hermetik olarak doldurulmasıdır.

2.2.2. Kök kanal dolgu patları

Kök kanal dolgusunda en yaygın olarak kullanılan ve önerilen yöntem gütâ perka ile birlikte kanal dolgu patı kullanılmasıdır (55, 56). Kök kanal tedavisinde pek çok kanal dolgu yöntemi kullanılmasına rağmen kullanılan kanal dolgu yönteminden bağımsız olarak kanal dolgu patının kullanımı endodontik tedavinin başarısını arttırmaktadır (57). Kök kanal patları aşağıda sayılan başlıca nedenlerden dolayı pratikte kullanılmaktadır:

- 1) Kanal duvarı ile kanal dolgu maddesi arasındaki boşluğu doldurarak kanal dolgu maddesinin dentine bağlanmasını sağlamak,
- 2) Kök kanalındaki boşluk, düzensizlik, lateral ve aksesuar kanallar ile lateral ve vertikal kondansasyon yönteminde gütâ perkalar arası boşlukları doldurmak,
- 3) Kök kanallarının doldurulması sırasında lubrikant görevi yaparak kanal dolgu maddelerinin kanala yerleştirilmesini kolaylaştırmak.

Günümüzde mevcut olan tüm patlar incelendiğinde farklı düzeylerde toksisite göstermektedir ancak sertleşme sonrası bu toksisite büyük ölçüde azalmaktadır (58). Ayrıca doku ve doku sıvılarına maruz kaldıklarında rezorbe olabilirler (59). İçeriklerinde genel olarak antibakteriyel bileşenler bulunur ve kanala yerleştirildiklerinde germisid etkilerini göstermeye başlarlar (60). Genellikle toz/likit

veya baz/katalizör şeklinde olan kanal dolgu patlarının içeriğinde bulunan gümüş radyoopasite sağlarken dişlerde renklenmeye neden olabilir (61). Bu gibi nedenlerden dolayı ideal bir kanal dolgu patını elde etmek zor hale gelebilmektedir.

Günümüzde kök kanal dolgu patlarını üreten çok sayıda ticari firma bulunmakta, her firmanın ürettiği patın içeriği de doğal olarak farklı olmaktadır. Firmaların, patların içeriklerinde yapmış oldukları modifikasyonlar da gerek fiziko-kimyasal gerekse biyolojik olarak farklı sonuçları ortaya çıkarmaktadır.

Grossman'a (36) göre iyi bir kök kanal dolgu patının özellikleri şu şekilde belirtilmiştir:

- 1) Kök kanalında hermetik bir tıkama sağlamalı,
- 2) Kök kanal duvarına bağlanabilmeli,
- 3) Bakteriostatik ya da bakterisid özellikte olmalı,
- 4) Kanala yerleştirilirken homojen bir yapıda olmalı,
- 5) Boyutsal stabilitesi olmalı, sertleştikten sonra büzülme göstermemeli,
- 6) Çalışma süresi yeterli olmalı,
- 7) Radyopak olmalı, röntgende kolayca takip edilebilmeli,
- 8) Dişlerde renklenmeye neden olmamalı,
- 9) Biyouyumlu olmalı, diş çevre dokularında irritasyona sebebiyet vermemeli,
- 10) Doku sıvılarında çözünmemeli,
- 11) Gerektiğinde kök kanalından kolayca uzaklaştırılabilir.

İdeal bir kanal dolgu patının sahip olması gereken özellikler belirtilmiş ve bunu yakalayabilmek için pek çok farklı kanal dolgu patı üretilmiştir. Güncel olan kök kanal dolgu patlarının sınıflandırılması aşağıdaki sunulmuştur (60):

- 1) Çinko oksit Esaslılar
 - a. Çinko oksit-öjenol
 - b. İlaçlı olanlar
 - c. Paraformaldehit içerenler

- d. Paraformaldehit içermeyenler
 - e. Öjenolsüz çinko oksit
- 2) Polimerler
- a. Epoksi rezin
 - b. Metakrilat rezin
 - c. Poliketon (polivinil) polimer
 - d. Silikon polimer
- 3) Kalsiyum Hidroksit Esaslılar
- 4) Cam İyonomer Esaslılar
- 5) Biyoseramik Esaslılar
- a. Kalsiyum-silikat-fosfat içerenler
 - b. Mineral Trioksit Agregat (MTA) içerenler

2.2.2.1. Çinko oksit öjenol esaslı patlar

İlk çinko oksit öjenol esaslı pat 1925 yılında piyasaya sürülen Wach Simanı olarak karşımıza çıkmaktadır. 1931 yılında ise Rickert tarafından geliştirilen çinko oksit öjenol esaslı patlar 1936 yılında Grossman tarafından modifiye edilmiştir. Günümüze kadar yaygın olarak kullanılan bu patlar ideal kök kanal dolgu patı özelliklerine bünyesinde taşıdığı için standart olarak kabul edilmiştir. Patın içeriği genel olarak o zamanlar çinko oksit, hidrojene edilmiş rezin, bizmut subkarbonat, sodyum borat, baryum sülfattan oluşan toz bileşeni ile öjenol likit bileşeni olarak karşımıza çıkmaktadır (36). Baryum sülfat pata radyoopasite kazandırırken bizmut subkarbonat ve sodyum borat sertleşme süresini ayarlamaktadır (62, 63). Toz içerisindeki çinko oksit partikülleri inceltirilerek patın akıcılığı artırılmıştır. İlk formülde radyoopasite sağlamak amacıyla bulunan gümüş, dişte boyanmaya neden olduğu gerekçesiyle 1958 yılında çıkartılmıştır. Çinko oksit tozu öjenol ile karıştırılırken ortamda bulunan nem sayesinde şelat bağları oluşarak çinko oksit kristallerinden oluşan bir matriks meydana gelir. Çinko oksit tanecikleri içine gömülmüş çinko öjenolat kristallerinin oluşumuyla pat sertleşir (64). Araştırmacıların belirttiğine göre uygulaması kolay ve çalışma süresi yeterli olarak bulunmuştur. Ortamda nem varlığı sertleşme reaksiyonunu indükleyerek çalışma

süresini kısaltmaktadır (65, 66). Az miktarda boyutsal değişiklik gösterirler. Pat içeriğindeki çinko oksite bağlı olarak düşük ancak uzun süreli antimikrobiyal etki göstermeleri, analjezik ve antinflamatuar özellikleri avantajları arasındadır. Sürekli öjenol salınımı ile birlikte dekompoze olması, içeriğindeki gümüş nedeniyle dişlerde renklenmeye neden olması ve doku sıvılarında çözünürlüğünün yüksek olması dezavantajlarıdır. Sertleşme sonrası serbest kalan öjenolün hayvan ve insan hücrelerindeki sitotoksik etkisi çalışmalarda gösterilmiştir (67-69). Sitotoksitenin önüne geçebilmek amacıyla öjenol içermeyen çinko oksitli patlar üretilmiştir.

Zaman içerisinde patların kimyasal özelliklerini geliştirebilmek amacıyla birtakım materyaller patın içeriğine eklenmiştir. Antimikrobiyal ve fiksasyon etkisi için paraformaldehit, antiseptik etki için germisitler, antiinflamatuar etki sağlamak amacıyla kortikosteroidler, dentin adezyonu elde etmek için Kanada balsamı ya da bitkisel reçine patların yapısına ilave edilmiş bazı materyallerdir. Oldukça toksik bir madde olan paraformaldehitin özellikle taşkın kanal dolgularında şiddetli tepkimelere neden olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (70-74). Günümüzde ise paraformaldehit içerikli kök kanal dolgu patlarının kullanımı ABD Endodonti Birliği tarafından önerilmemektedir.

2.2.2.2. Cam iyonomer esaslı patlar

Cam iyonomer esaslı simanlardan esinlenerek ortaya çıkarılmıştır. Wilson ve Kent tarafından 1972 yılında geliştirilmiştir. Cam iyonomerin tozu esas olarak alümina, kriyolit, florid, alüminyum triflorid ve alüminyum fosfatın eritilerek birleştirilmesiyle oluşan yüksek florid içerikli aluminasilikat camdan oluşmaktadır. Likiti ise poliakrilik asittir. 1991 yılında ise cam iyonomer esaslı kök kanal dolgu patı üretilmiştir. Biyouyumluk, mine ve dentine kimyasal olarak bağlanma, flor salınımı ve antibakteriyel özellikleri gibi avantajları sayesinde kanal dolgu patı olarak kullanımları yaygınlaşmıştır (75-77). Sertleşme sırasında ortamda neme maruz kalması ile patta çözünme ve sızıntı meydana geldiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (78, 79). Sistemik toksik veya alerjik reaksiyon göstermediği söylenmektedir (80). Cam iyonomer esaslı kanal patlarının şu an için bilinen bir çözücüsünün olmaması nedeniyle kanal tedavisi yenileme işlemi sırasında kök kanalından uzaklaştırılmaları oldukça zor bir hale gelebilmektedir (81).

2.2.2.3. Kalsiyum hidroksit esaslı patlar

Kök kanal tedavisinde kalsiyum hidroksitin t ropatik etkisinden yararlanmak amacıyla kalsiyum hidroksitli kanal patları geliştirilmiştir. Kolay hazırlanması, alkalen pH, rezorptif defektlerde ortam şartlarını iyileştirmesi, periapikal dokulara taştığında kolay rezorbe olması ve sert doku oluşumunu indüklemesi gibi avantajları bulunmaktadır (60). Ancak yine de periradiküler dokulara taştığında kronik inflamatuvar reaksiyon gösterdiği bulunmuştur (82). Bununla birlikte sertleşme esnasında hidroksil iyonlarının serbestleşmesi ile ortam pH'ı artar ve antimikrobiyal etki gösterirler. Ancak kalsiyum hidroksit içindeki bu     nme patın tıkama özelliğini etkileyerek sızıntıya neden olur (83). Kısa dönemde kalsiyum hidroksitli patların kök kanalını tıkaması yeterli kabul edilirken (84, 85) uzun dönemde yapılan bazı çalışmalarda başarılı olmadığı görülmüştür (86).

2.2.2.4. Polimer esaslı patlar

Polimerler 10.000 veya daha fazla atomun bir araya gelmesiyle oluşan makro moleküllerdir. Polimerik moleküller çeşitli özellik ve uygulama alanına sahip sentetik analoglar meydana getirirler. Kolay uygulanma, yeterli çalışma süresi, dentin adezyonu, boyutsal stabilite, radyoopasite ve biyo uyumlu olmaları polimer esaslı patların endodontide sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır (87). Polimer yapıdaki patlar 4 grup altında incelenir (61):

a) Epoksi Rezinler:

AH26 (Dentsply, Maillefer, Kanada) ve AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) epoksi rezin içerikli patlardır. AH 26 ilk olarak 1954 yılında Schroeder tarafından tanıtılmıştır (88). Olumlu  zellikleri sayesinde yaygın olarak kullanılmıştır (46). Akıcılığı ve çalışma süresi iyi, dentin duvarlarına bağlanması başarılıdır (89, 90). Önceleri küçük miktarlarda formaldehit salınımına bağlı limitli toksisitesi olduğu düşünülse de ilerleyen zamanlarda yapılan çalışmalar sitotoksik etkilerini ortaya çıkarmıştır (91-93). Toksisite sertleşme sırasında hızla azalır ve 24 saat sonunda endodontide kullanılan en düşük toksisiteli materyallerden biri haline gelir (94). AH 26'nın istenmeyen özellikleri göz önünde bulundurularak yeni formülizasyonu olan AH Plus firma tarafından üretilmiştir. İki patlı olan bu sistem

daha iyi bir karışım sağlar ve uygulama sırasında formaldehit salınımı yapmadığı belirtilmiştir (95). Yine firma tarafından AH26 ile kıyaslandığında daha fazla radyoopasite, daha kısa sertleşme süresi, daha az çözünürlük ve daha iyi akıcılığa sahip olduğu iddia edilmektedir. Sealer 26 (Dentsply, Petropolis, RJ, Brazil), 2Seal (VDW, Endodontic Synergy, Munchen, Almanya), Topseal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre), Thermaseal Plus (Dentsply/Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, Birleşik Krallık), Adseal (Metabiomed, Chungcheongbuk-do, Kore) piyasada bulunan epoksi rezin içerikli diğer patlardır.

b) Metakrilat rezin:

Rezin içerikli materyaller priming ve asitlendirme yapabilme özellikleri ile ilk olarak restoratif diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmış (96), daha sonra endodontide kök kanal patlarının içeriğinde yerini almıştır (97). Dentin tübüllerine derin penetrasyon sağlayarak mikromekanik kilitlenme ile bağlanırlar. Bu sebeple kullanımları sırasında smear tabakası mutlaka uzaklaştırılmalıdır (97). Günümüze kadar 4 farklı nesil metakrilat rezin üretilmiştir.

Birinci nesil 1970' lerde geliştirilen Hydron'dur (Hydron Technologies, Inc., Pompano Beach, Florida, ABD). Oldukça hidrofilik olan Hydron'un bu özelliği içeriğindeki hidroksietil metakrilattan kaynaklanmaktadır (98). Neme maruz kaldığında suyu emerek şişmesi ve içerisinde boşluklar oluşarak sızıntıya neden olması (99), çalışma süresinin kısalığı ve ciddi inflamatuvar reaksiyona sebebiyet vermesi (100) gibi olumsuz özellikleri nedeniyle bu kanal patının kullanımından vazgeçilmiştir (97).

İkinci nesil metakrilat rezin esaslı kök kanal dolgu patı olan EndoRez (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) hem ışık kaynağı ile hem de kimyasal olarak sertleşir. Kanal duvarlarına adaptasyonu ve dentin tübüllerine penetrasyonu oldukça yüksektir. Asitlendirme ve ek adeziv işlemlere gerek yoktur. Resin kaplı güta perka ile kullanımı konvansiyonel güta perka ile kullanımına oranla daha başarılı sonuçlar ortaya çıkardığı bulunmuştur (101). Hidrofilik yapısı nedeniyle uygulama sırasında kök kanallarında bulunan nemin, tıkama yeteneğini arttırdığı ortaya çıkmıştır (102).

Daha hızlı sertleşme elde etmek için EndoRez accelerator materyali ile kullanılabilir.

Üçüncü nesil metakrilat rezin esaslı kök kanal dolgu patı olan Epiphany (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, ABD) Resilon ile kullanılmak üzere üretilmiştir. Kanal kurutulduktan sonra, kanal duvarlarını düzeltmek ve patın yapışmasını hazırlamak amacıyla ilave bir pürüzlendirme işlemine gerek duymayan bir primer kullanılır. Primer smear tabakasını geçerek dentinin üst yüzeyini demineralize eder. Böylelikle smear tabakası korunmuş olur. Patın yapısındaki monomerlerin dentin yüzeyine penetrasyonu ile rezin ve dentin kollojeni arasında hibrit tabaka oluşur ve mikro mekanik kilitlenme meydana gelir. Üçüncü nesil içerisinde yer alan FibreFill'in (Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, ABD) kök kanalına iyi adezyon sağladığı ve kanalı tıkamada başarılı olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (103, 104).

Dördüncü nesil metakrilat rezin esaslı patlar uygulama süresini azaltmak ve uygulama hatalarını önlemek amacıyla geliştirilmiştir. Bu sistemde daha önce primer içerisinde yer alan asidik rezin monomerler direk patın içine yerleştirilmiş ve tek aşamalı uygulama elde edilmiştir. Piyasaya sunulan ilk dördüncü nesil metakrilat rezin esaslı pat MetaSeal'dir (Sun Medical, Tokyo, Japonya) (105).

c) Poliketon (polivinil) polimer:

Poliketon polimer sınıfında yer alan Diaket (ESPE, Seefeld, Almanya) çinko oksit ve bizmut fosfat ile karıştırılmış vinil polimerlerinden oluşan bir poliketon bileşimidir (80). Biyouyumlu, visköz ve yapışkan özelliktedir. Sertleşme reaksiyonu şelasyon ile gerçekleşir (102). Sertleşme süresi çok kısa olduğundan uzun çalışma süresi gerektiren kanal dolum işlemleri için uygun değildir. Su emme özelliğinin sertleşme sırasında görülen büzülmeyle dengelemesiyle boyutsal stabilite korunur (61).

d) Silikon polimerler:

Bir silikon elastomer olan Lee Endofill (Lee Pharmaceuticals, California, ABD) kök kanallarına doğrudan uygulanabilir, kolaylıkla penetre olur ve zamanla

rezorbe olmaz. Uygulama sırasında kanallar tamamen kurutulmalıdır. Retreatment yapılması gerekli olan vakalarda kök kanalından uzaklaştırılması ise zordur (61).

Beyaz macuna benzer polivinil siloksan içerikli bir pat olan RoekoSeal (Roeko, Langenau, Almanya) bu gruptaki diğer bir örnektir. Sertleşme sırasında büzülmez ve katalizör olarak platinden yararlanılır(102). RoekoSeal patına ince ince öğütülmüş gütta perka parçalarının eklenmesiyle polivinil siloksan esaslı kök kanal dolgu patı olan GuttaFlow (Roeko, Langenau, Almanya) üretilmiştir.

2.2.2.5. Biyoseramik esaslı patlar

Biyoseramikler özellikle tıp ve diş hekimliğinde kullanılmak üzere üretilmiştir. İçeriğinde alüminyum ve zirkonyum oksit, biyoaktif cam, cam seramikler, hidroksiapatit, kaplamalar ve kompozitler, rezorbe olabilen kalsiyum fosfatlar ve radyoterapi camları bulunur (61). Yapısındaki kalsiyum silikatlar sayesinde biyouyumlu ve biyoaktiftirler (106). Toksik özellik göstermezler. Uygulandıkları bölgede kimyasal açıdan stabil kalırlar. Sertleşme sırası ve sonrasında büzülme göstermezler. Sertleşme sırasında hidroksiapatit oluşturarak dentin ve kanal dolgu maddesi arasında bağlantı sağlarlar. Tamamen sertleşmeleri için nemli ortama ihtiyaç duyarlar (107). Hidrofilik yapıları ile kanal içi düzensizliklere ve lateral kanallara penetrasyon sağlarlar. Periapikal dokulara taşıdığı çok az iltihabi cevap oluşturmaları en önemli avantajları arasındadır. Kanaldan uzaklaştırılmaları ise oldukça zordur (108).

İki grupta incelenirler:

a) Kalsiyum-silikat-fosfat içeren biyoseramikler:

Bioseal (Ogna, Laboratori Farmaceutici, Milan, İtalya), EndoSequence BC Sealer (BC Sealer, Brasseler USA, Savannah, GA, ABD), Smartpaste bio (DRFP Ltd., Stamford, Birleşik Krallık), Appetite (Dentsply-Sankin Trading Co, Tokyo, Japonya) ve iRoot SP (Innovative Bioceramix, Vancouver, Kanada) bu gruba dahildir. Bu patların içeriğinde genellikle zirkonyum oksit, kalsiyum silikat, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit, hidroksiapatit doldurucu ve sertleştirici maddeler bulunur. Hidroksiapatit ve kalsiyum silikat patın biyouyumlu ve biyoaktif

olmasından sorumludur. Hidrofilik yapıya sahip olan bu patlar dentin tübüllerindeki nem ile sertleşirler. Dentin tübülleri ve lateral kanallara penetrasyonu ve kapaticılıkları iyidir. Sertleşme sırasında artan pH pata bakterisidal özellik kazandırır (61).

b) Mineral trioksit agregat içeren biyoseramikler:

ProRoot Endo Sealer (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa OK, ABD), MTA Obtura (Angelus, Angelus Odontológica, Londrina, PR, Brezilya), MTA Fillapex (Angelus Industria de Produtos Odontologicos Ltda, Londrina, Brezilya), Endo CPM Sealer (EGEO SRL, Buenos Aires, Arjantin) bu gruba örnek patlardır. MTA 1973'te Torabinejad tarafından geliştirilmiştir. Düşük çözünürlüğü, sızdırmazlık özelliklerinin iyi olması, yüksek pH'ı ile kalsiyum hidroksite benzer histolojik ve biyolojik özellikler göstermesi, biyouyumluluğunun mükemmel olması nedeniyle kök kanal perforasyonlarının tamirinde ve apikal bariyer oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda MTA'nın bu olumlu özelliklerine adezyon, sertleşme süresi ve akıcılık gibi diğer gerekli özelliklerin eklenmesiyle MTA endodontide yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (109).

2.2.3. Çalışmada kullanılan kök kanal dolgu patı

Bu çalışmada piyasaya yeni sürülmüş olan epoksi rezin esaslı kanal dolgu patı SimpliSeal (Kerr Endodontics, West Collins Orange, Kanada) kullanılmıştır. Epoksi rezin esaslı patlar reaktif epoksid halka içerir ve bu halkanın kırılmasıyla polimerize olurlar. Genel olarak iki bileşenden oluşurlar. SimpliSeal kanal dolgu patı da baz ve katalizörden oluşmaktadır. SimpliSeal kanal patının baz içeriği epoksi oligomer rezin, etilen glikol mono salisilat, kalsiyum fosfat, bizmut subkarbonat ve zirkonyum oksitten meydana gelmektedir. Katalizörü ise poli (1.4-butanediol) bis (4-aminobenzoat), trietanolamin, kalsiyum fosfat, bizmut subkarbonat, zirkonyum oksit ve kalsiyum oksitten oluşmaktadır (110). Bu iki bileşen içinde bulundukları şırıngalardan tek bir piston ile uygun oranlarda dışarı itilir ve karıştırma kağıdı üzerinde uygun el aleti ile en az 20 sn karıştırılarak kullanılır. Maksimum çalışma süresi 32 dakika, sertleşme süresi ise 77 dakikadır. Tek kon yöntemi ve termoplastik yöntem gibi sıcak ve soğuk birçok kanal doldurma yöntemleriyle birlikte

kullanılabilmektedir. Üretici firma Resilon ile kullanılmamasını tavsiye etmektedir. Patın kolay uygulanabilmesi, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin iyi olması ve biyouyumlu olması üretici firma tarafından belirtilen avantajları arasındadır. Bu gibi avantajlarından dolayı çalışmada SimpliSeal patının kullanılmasına karar verilmiştir.

2.3. Kök Kanal Dolgu Yöntemleri

Yukarıda da belirtildiği gibi endodontik tedavinin amacı kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi sonrasında doku sıvıları ile mikroorganizma ve ürünlerinin periradiküler dokulara geçişini engelleyecek bir materyal ile üç boyutlu ve sızdırmaz olarak doldurulmasıdır (111). Kök kanal sistemi doğru bir şekilde temizlenip şekillendirilmediği takdirde hangi kanal doldurma yöntemi kullanılırsa kullanılsın başarılı olamayacağı bilinmektedir (112). Bununla birlikte kök kanallarında optimum temizleme ve şekillendirme yapılsa dahi yetersiz yapılan kök kanal dolgusunun apikal ve koronal sızdırmaya neden olup başarısızlıkla sonuçlanacağı da yapılan çalışmalarca gösterilmiştir (113).

Kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulabilmesi için günümüze kadar birçok yöntem geliştirilmiş ancak uzun süreli sızdırmazlık sağlamada geliştirilen bu yöntemlerin hiçbiri yeterli görülmemiştir (114).

Kök kanal dolgusunda kullanılan yöntemler araştırmacılar tarafından farklı şekillerde sınıflandırılmıştır. Örneğin bu araştırmacılardan biri olan Withworth'un sınıflaması aşağıdaki şekildedir (10):

- Sadece pat kullanılarak yapılan kanal dolgusu
- Tek-kon yöntemi
- Güta perkanın kondanse edildiği yöntemler
- Soğuk lateral kondansasyon
- Sıcak vertikal kondansasyon
- Değişken ısıyla sıcak vertikal kondansasyon
- Devamlı ısıyla vertikal kondansasyon
- Taşıyıcı sistemler

Diğer bir araştırmacı olan Alaçam (2012) ise kök kanal dolgu yöntemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırmıştır (115):

- Basit tek kon yöntemi
- Lateral kondansasyon yöntemi
- Termoplastik güta perka kök kanal dolgu yöntemleri
- Isıtılmış güta perkanın vertikal kondansasyonu (Schilder yöntemi)
- Devamlı ısıyla obturasyon yöntemi
- Güta perka ile termomekanik kondansasyon yöntemi (McSpadden yöntemi)
- Isıtılmış güta perkanın enjeksiyon yöntemi
- Düşük ısıli termoplastik güta perka enjeksiyon yöntemi (Ultrafil)
- Termoplastik Kor Yöntemi (Taşıyıcı sistemler)
- Güta perkanın kimyasal yumuşatılması yöntemi

Alaçam'ın sınıflandırması diğer araştırmacılardan daha kapsamlı olduğundan dolayı açıklamalar bu araştırmacıya göre yapılmıştır.

2.3.1. Tek kon yöntemi

Tek kon yöntemi ilk olarak endodontik alet ve materyallerde görülen gelişmelerle birlikte 1960'larda gündeme gelmiştir (116). Bu yöntemde kök kanalları şekillendirildikten sonra çalışma boyunda kullanılan son eğe ile aynı boyuttaki ana kon kanala yerleştirilir. Ana konun çalışma boyuna ulaşip apikal tıkama sağlayıp sağlayamadığı radyografik olarak kontrol edilir. Daha sonra uygun bir pat ile birlikte ana kon kök kanalına yerleştirilir ve koronadaki fazla güta perka ısıtılmış bir alet yardımıyla uzaklaştırılır.

Tek kon yönteminin endikasyonları (115):

- 1) Kanal duvarları paralel olduğunda ve standardize güta perka konu kanalın apikal bölümüne tam olarak oturduğunda,
- 2) Kanal çok geniş olup piyasada bulunan güta perka konlar kanala tam olarak uyum göstermediğinde uygulanabilir.

Tek kon yöntemi soğuk lateral kondansasyon yöntemiyle karşılaştırıldığında daha kolay ve işlem süresi daha kısadır (117). Ancak klasik patlar kullanılarak uygulanan tek kon yöntemi yetersiz bulunurken, Nikel Titanyum (Ni-Ti) döner aletler ile genişletilen kanallarda açılı güta perka ve yeni nesil patlar kullanılarak yapılan kanal dolgularının başarılı olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (118, 119). Yöntemin genel olarak dezavantajı ise yeterli konikliğin sağlanamadığı kök kanallarında yerleştirilen konun, kökün orta ve koronal üçlüsüne adaptasyonunun zayıf olması ya da apikale tam olarak ulaşamamasıdır (120).

2.3.2. Soğuk lateral kondansasyon yöntemi

Soğuk lateral kondansasyon yöntemi diğer kanal dolgu yöntemleriyle yapılan çalışmalar için genelde standart karşılaştırma grubu olarak kabul edilmektedir (121). Çok eğri ve anormal şekilli kanallar veya internal rezorpsiyon gibi ciddi düzensizliklerin olduğu kök kanalları dışında apikalde yeterli dentin bulunan birçok kanalda kolaylıkla uygulanabileceği bildirilmiştir (115). Kök kanalları prepare edildikten sonra çalışma boyunda kullanılan en son eğe ile uyumlu ana kon kanala yerleştirilerek apikalde ‘tug back’ olarak adlandırılan sıkışma hissedilmelidir. Ana konun radyografik apekten 0,5-1 mm kadar kısa olacak şekilde kanalda ilerleyip ilerlemediği kök kanal uzunluğunu belirleme yöntemleri ile kontrol edilir. Daha sonra uygun bir pat ile birlikte kanala yerleştirilen ana konun yanında bir spreader ile lateral ve vertikal basınç uygulanarak boşluk açılır. Spreaderın çalışma boyundan 2 mm geriye kadar ilerlemesi amaçlanır ve açılan boşluğa spreader ile aynı boyuttaki yardımcı kon yerleştirilir. Bu şekilde spreader koronalde 2 mm den fazla ilerlemeyene kadar yardımcı konlar yerleştirilmeye devam edilir ve dolum işlemi tamamlanınca koronaldeki fazlalık güta perka sıcak bir enstrüman yardımıyla uzaklaştırılır.

Yöntemin avantajları arasında kolay uygulanabilmesi, apikal kontrolün sağlanabilmesi ve düşük maliyetli olması sayılabilir (122). Bununla birlikte kanal doldurma işleminin uzun sürmesi, spreader ile yapılan basınca bağlı gelişebilen kök kırıkları ve yeterli kondansasyonun yapılmadığı vakalarda pat kalınlığının fazla olması ise yöntemin dezavantajlar arasında yer alabilir (123).

2.3.3. Sıcak lateral kondansasyon yöntemi

1990 yılında Martin ve Fischer sarj edilebilen pilli ısıtıcı spreader (Endotec; Medidenta International Inc, Woodside, New York, ABD) geliştirerek soğuk lateral kondansasyon yönteminde oluşan boşlukları önlemeyi hedeflemişlerdir (124). Endotec'in çapı 30-35 no'lu K tipi eğe ile aynı ve uzunluğu 21 mm'dir. Alet çalıştırıldığında 16 mm'lik uç kısmı 5 sn içinde 170°C ısıya ulaşır ve kapatıldıktan sonra 2 sn içinde soğumaktadır. Günümüzde ise bu yöneme alternatif olarak ultrasonik uçlarla aynı işlem uygulanabilmektedir.

Soğuk lateral kondansasyonda olduğu gibi bir pat ile birlikte ana kon kanala yerleştirilir. Ana konun yanına 1-2 adet yardımcı kon parmak spreader yardımı ile kondanse edilir. Daha sonra Endotec cihazına bağlı olan spreader da kanala yerleştirilerek ısı aktivasyonu sağlanır ve spreader kanal içersinde lateral ve vertikal olarak hareket ettirilir. Oluşan boşluğa yardımcı konlar yerleştirilir. Bu şekilde kanal tamamen dolana kadar işleme devam edilir. Uygulama süresinin uzun olması, aletin ağırlığı ve spreaderın kırılma riski yöntemin dezavantajlarıdır.

2.3.4. Sıcak vertikal kondansasyon yöntemi

Basit veya karmaşık yapıli kök kanallarında etkili bir tıkama sağlamak amacıyla geliştirilen bu yöntem ilk olarak 1967 de Schilder tarafından tanıtılmıştır. Yöntemin esasli kontrollü olarak yumuşatılmış güta perkanın apikale doğru vertikal yönde sıkıştırılmasına dayanır (125). Apikal ve koronal bölgenin doldurulmasından oluşan iki aşamalı bir yöntemdir. Kanal dolgu patının paper pointler ile birlikte kök kanalına yerleştirilmesinin ardından ana kon çalışma boyundan 0,5-1 mm kısa olacak şekilde kesilip kanala yerleştirilir, koronal kısmı sıcak bir ekskavatörle uzaklaştırılır ve daha önceden belirlenmiş tepici ile güta perka apikale doğru itilir. Daha sonra ısı iletme aleti ısı kaynağında ısıtılarak güta perkanın içinde 3-4 mm ilerletilir ve geri çekilir. Ardından yumuşayan güta perka tepici ile apikale doğru sıkıştırılır. Ritmik ısıtma ve sıkıştırma işlemine apikal 5-7 mm'lik bölge tıkanana kadar devam edilir. Koronal bölge ise 3-4 mm'lik güta perka parçalarının ısı iletme aleti ile yumuşatılıp vertikal yönde sıkıştırılmasıyla yapılır.

Yöntemin dezavantajları uygulanan kuvvetlerin vertikal kök kırığı riskini arttırması, uygulanan ısıнын periodontal dokulara zarar verebilmesi ve apikal daralmanın olmadığı kök kanallarından gütta perkanın taşması olarak gösterilmektedir.

2.3.5. Devamlı ısıyla obturasyon yöntemi

Sıcak vertikal kondansasyon yönteminde doğrudan alev üzerinde ısıtılan aletlerle ısı kontrolü güçtür. Periodonsuyumda 10°C'lik ısı artışı kritik seviyedir ve aşıldığında kemik hasarı görülebilir (126). Ayrıca ısıtılan aletler uygulama sırasında her saniye ısı kaybederler. Bu nedenle 1982'de Analitik Teknoloji firması Touch'N Heat (SybronEndo/Analytic, Irvine, California) ısı iletme cihazını üretmiştir. Cihaza bağlı ısı iletme aleti 1,5 sn'de ısınıp düğmeye temas bırakıldığında 4 sn' de soğumaktadır. Aynı firma 1987'de ise System B (Sybron Endo, Orange, Kaliforniya) ısı kaynağını üreterek devamlı ısı ile obturasyon yöntemini geliştirmiştir (115). Bu yöntem A.B.D.'de endodontistlerin klinik tercihleri konusunda yapılan bir çalışmada en çok tercih edilen yöntem olarak belirlenmiştir (127).

Şekillendirilip kurutulan kök kanalına uyumlu ana kon çalışma boyundan 0,5-1 mm geride sıkışacak şekilde yerleştirilir ve koronaldeki fazla gütta ısınmış pluggerin ucuyla uzaklaştırılır. Kanal ile uyumlu plugger üzerindeki lastik stop apikalden 3-5 mm geride olacak şekilde ayarlanır. Cihaz ısısı 200°C'ye ayarlanır. System B plugger ucu kanal ağzına yerleştirildikten sonra cihaz çalıştırılır ve plugger ucu referans noktasına kadar kanalda ilerletilir. Daha sonra ısı iletimi durdurulur ve 10 sn kadar beklenir. Cihaz tekrar çalıştırılarak plugger kanaldan çıkarılır ve soğuk bir el pluggeri ile kondansasyon yapılır (128). Kanalın apikal kısmı doldurulduktan sonra orta ve koronal bölümleri de aynı yöntemle ya da Obtura tabancası ile doldurulabilir (10).

Uygun vakalarda kullanıldığında apikal kontrolünün iyi olması, lateral veya vertikal kondansasyon yöntemine göre daha homojen ve fazla gütta kütlelerinin olması, lateral kanalların rahatlıkla doldurulabilmesi, kolay öğrenilmesi ve tecrübe kazanıldığında kanal dolgusunun çok kısa sürede tamamlanabilmesi devamlı ısı ile obturasyon yönteminin avantajlarıdır (129). Bununla birlikte periodontal hasara ve

apikalden güta taşmasına sebebiyet vermemek için ısınmış plugger ucu kanal içerisinde dikkatli kullanılmalıdır.

2.3.6. Termomekanik kondansasyon yöntemi (McSpadden yöntemi)

McSpadden 1978 yılında termomekanik kondansasyon yöntemini gündeme getirmiş ve yönteme kendi ismini vermiştir. Termatik kondansasyon olarak da bilinen bu yöntemde tersine çevrilmiş bir Hedstrm eğesine benzeyen McSpadden kompaktr kullanılır. Aletin dakikada 10.000 devirle kullanılmasıyla oluşan sürtünme güta perkanın ısınarak yumuşaması ve kök kanalını doldurmasını sağlar.

Ana konun ucunun apikal foramenden taşmaması için çalışma boyunda kullanılan en geniş alet ile aynı apikal çapa sahip olmalıdır. Ana konun apikal üçlüsüne az miktarda pat sürülerek kanalın apikalinden 1,5 mm geride sıkışması sağlanır. Kompaktör, kanalın apikal ucunun 1-1,5 mm gerisinde kullanılan en geniş eğenin boyutu ile aynı boyutta olmalıdır. Belirlenen kompaktör tam devirde çalıştırılarak ana konun yanından kanala yerleştirilir ve dirençle karşılaşana kadar ilerletilir. Sürtünmeden kaynaklı açığa çıkan ısı güta perkanın yumuşamasını sağlar. Alette geri itme hissi oluşunca kanaldan uzaklaştırılır.

Kanalın birkaç saniye gibi kısa sürede doldurulabilmesi, internal rezorbsiyon gibi düzensiz kanal yapılarında iyi sonuç vermesi yöntemin avantajları olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte kompaktrn kırılabilmesi, ısınan güta perkanın apikal foramenden taşabilmesi, dar kanallarda kullanım zorluğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır (130, 115).

2.3.7. Termoplastik kor yöntemi (Taşıyıcı sistemler)

Termoplastik kor yönteminin esası özel bir taşıyıcı üzerine kaplanmış güta perkanın ısı ile yumuşatılarak kanal içerisine yerleştirilmesine dayanır. Yöntemin tanıtan Johnson 1978 yılında paslanmaz elik kanal aletinin üzerini alfa fazındaki güta perka ile kaplamış ve ısı ile yumuşatarak kök kanalına yerleştirmiştir (131). Daha sonra üretici firmalar bu fikri Thermafil (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) sistem olarak piyasaya sunmuştur. Thermafil sistemde güta perka metal veya plastik bir kor üzerinde kanala taşınır. Soft-Core (CMS Dental ApS, Copenhagen,

Danimarka), Densfil (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD), ProTaper (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD) ve Profile GT (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD) obturatörler bu yöntemle kullanılan piyasadaki benzer ürünlerdir.

Yöntemin uygulanması işleminde öncelikle kanallar şekillendirilip kurutulduktan sonra ebat belirleyicinin (verifier) kanal ile uyumu kontrol edilir. Verifier kanalın apikal 0,5 mm'lik kısmına kadar rahatça ilerlemeli ancak bu noktada sıkışmalıdır. Isı ile çabuk sertleşmeyen ve fazla akıcı olmayan bir kanal dolgu patı paper point ile kanala yerleştirilir. Verifier ile aynı ebattaki kor taşıyıcılı güta Thermaprep Plus fırında ısıtılarak kanalda çalışma boyuna kadar yerleştirilir. Güta perkanın soğuması için 2-4 dk beklendikten sonra koronal kısımdaki taşıyıcı uygun bir enstrüman ile kesilerek uzaklaştırılır.

In vitro şartlarda yapılan bazı apikal sızıntı çalışmalarında lateral kondansasyon ve thermafil arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (132, 13). Thermafil sistemi lateral kondansasyon yöntemiyle karşılaştırıldığında, obtürasyon işlemi sırasında kök kanallarının çok daha az vertikal kuvvete maruz kaldığı gösterilmiştir (133). Bu sayede iatrojenik kök kırığı oluşturma riskinin azaldığı söylenebilir.

Bunun yanı sıra kök kanallarının kısa sürede ve kolaylıkla doldurulabilmesi, plastikleşen güta perkanın kanal duvarlarındaki düzensizliklere adaptasyon sağlayabilmesi (134, 135) ve pat kalınlığının çok az olması(136) yöntemin diğer avantajları arasındadır. Bununla birlikte materyalin ve kanal patının apikalden çıkması (137, 138), retreatment yapılması veya post yuvası hazırlanmasının zor olması, düzensiz şekilli kanallardaki uygulama zorluğu yöntemin dezavantajları arasında yer almaktadır.

Diğer bir kor taşıyıcılı sistem olan Simplifill (LightSpeed Technology, San Antonio, TX, ABD) obturatörler kanala yerleştirildikten sonra taşıyıcı birkaç kez çevrilerek kanaldan çıkarılır ve kanal ortasındaki boşluk herhangi kanal dolgu patı ve güta perka ile doldurulur. Böylelikle post yerleştirilmesi ya da kanal tedavisinin yenilenmesi gerektiğinde diğer kor taşıyıcılı sistemlerdeki zorluklar yaşanmaz.

Bu grup içerisinde yer alan diğer bir yöntem olan Alphaseal Successfil'de (NT Company, Karlsruhe, Almanya) ise içerisinde gütâ perka bulunan şırıngalar mevcuttur. Bu şırıngaların küçük fırınlarda ısıtılmasıyla içerisindeki gütâ perka yumuşamaktadır. Steril bir paslanmaz çelik kanal eğesi şırınganın içine sokulur. Çıkartıldığında gütâ perka ile kaplanmış olan kanal aleti taşıyıcı kor görevi görür ve kanal içerisine yerleştirilir (139). Successfil'in Alphaseal'den farkı paslanmaz çelik kanal eğesi yerine kendi özel taşıyıcılarıyla uygulanmasıdır (140, 141).

Quickfill (JS Dental Manufacturing Inc, Ridgefield, CT, ABD) sisteminde alfa fazındaki gütâ perka ile kaplanmış termokompaktör mevcuttur. Standart düşük devirli bir başlığın ucuna takılarak 3000-6000 arası devirde çalıştırılmasıyla kanal içerisine yerleştirilir. Başlığın dönmesiyle oluşan sürtünme kaynaklı ısı gütâ perkayı yumuşattığı için herhangi bir fırın ya da ısıtıcı kullanımına gerek olmadığı ifade edilmektedir.

2.3.8. Isıtılmış gütâ perkanın enjeksiyonu yöntemi

1977 yılında Yee ve arkadaşları 160°C'ye kadar ısıtılan gütâ perkanın bir enjektör içerisinde basınç ile kanala yerleştirilebileceğini ve bu şekilde daha kısa sürede daha homojen bir kanal dolgusu elde edilebileceğini savunmuşlardır (142). Bu yöntemin ilerleyen zamanlarda daha da geliştirilmesiyle farklı cihazlar piyasaya sürülmüştür. Günümüzde termoplastik gütâ perkanın enjeksiyonu ile kanal dolgusu yapımında Obtura II (Obtura Corp., Fenton, MO, ABD), Elements (Kerr Endodontics, Orange, Kanada), Calamus (Dentsply, Maillefer, İsviçre) ve Ultrafil (Coltene Whaledent Dentalvertriebs, Langenau, Almanya) kullanılmaktadır. Bunlardan Ultrafil düşük ısı, diğerleri ise yüksek ısı enjeksiyon sistemlerine örneklerdir.

Obtura II sistemi gütâ perka parçalarının yerleştirildiği bir hazne ve onu çevreleyen ısıtıcıdan oluşan tabanca şeklinde bir cihaz ile kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Cihaz 160-200°C'de ısıtılır ve akıcı hale gelen gütâ perka gümüş enjektör uçlarıyla kanal içerisine gönderilir. Kanülün ucundaki gütâ perkanın ısı 62-65°C'dir. Hızlı sertleşen kanal dolgu patları ile birlikte kullanılmasının daha uygun olduğu belirtilmektedir. Bu yöntemle doldurulacak kanalların apikal daralım

bölgesi mümkün olduğunca küçük çapta hazırlanmalıdır. Cihaz çalıştırılıp gütä perka ısıtıldıktan sonra enjektör çalışma uzunluğunun 3-5 mm gerisine kadar yerleştirilmelidir. Yumuşamış gütä perka kanal içine enjekte edilirken koronale doğru geri çekilmeli, daha sonra bir tepici ile kanal içerisindeki gütä perka kondanse edilmelidir (115). Yöntemin uygulanmasının kolay, işlem süresinin ise kısa olduğu belirtilmektedir. İnternal rezorpsiyon, C şekilli kanallar, aksesuar ve lateral kanallar ile kanal içi düzensizlikleri doldurmada başarılı olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (143). Bununla birlikte yöntemin lateral kondansasyonla karşılaştırıldığı bazı apikal sızıntı, boya penetrasyon ve bilgisayarlı tomografi çalışmalarında iki yöntem arasında anlamlı bir fark olmadığı diğer çalışmalarda bulunmuştur (144-146). Yöntemin en büyük dezavantajının ise boyut kontrolünün zor olması ve akışkan gütä perkanın apikalden çıkma riskinin olduğu söylenmiş, ayrıca üretici firmanın önerilerine uyulmadığı takdirde kanal içerisindeki ısı nedeniyle periapikal dokularda ciddi hasar meydana gelebileceği dile getirilmiştir (143).

Elements kanal dolgu sistemi kontrol ünitesi ile downpack ve backfill el aletinden oluşmaktadır. Ana konun uç kısmı çalışma boyundan 0,5-1 mm kısa olacak şekilde bir bistüri yardımıyla kesilir. Buchanan ısı pluggeri (downpack) apikalden 3-5 mm geride olacak şekilde ayarlanarak lastik stopla referans noktası belirlenir. Konun apikal ucu pata bulanır ve kanala yerleştirilerek koronal kısmı uzaklaştırılır. Downpack el aletinin boyun kısmındaki düğmeye basılı tutulmasıyla plugger ısınır ve kanal içerisinde referans noktasına kadar ilerletilir. Düğmeye temas bırakılarak pluggerin 10 sn süreyle soğuması beklenir. Tekrar düğmeye basılı tutularak plugger kanal içerisinden çıkarılır. Soğuk bir el pluggeri ile vertikal yönde kondansasyon yapılır. Kanalin kalan kısmına pat yerleştirilir. Backfill el aletinin ucuna gütä perka kartuş yerleştirilerek ısıtılır ve yumuşayan gütä perka kanal içine enjekte edilir. Soğuk bir el pluggeri ile tekrar vertikal yönde kondansasyon yapılır. El aletlerinin kablosuz ve hafif olması çalışma kolaylığı sağlar.

Calamus sistemi Elements Free Obturation sistemi ile benzer şekilde uygulanır. Calamus'ta el aletlerinin kontrol ünitesine kablo ile bağlı olmasının hareket kısıtlılığı oluşturabilmektedir.

Michanowicz ve Czonstkowsky adlı araştırmacılar 1984 yılında kök kanallarının düşük ısılı termoplastik gütä perkanın enjeksiyonu ile doldurulabileceğini bildirmişlerdir (147). Ultrafil olarak adlandırılan bu sistem 120 V'luk bir ısıtıcı, bir enjeksiyon şırıngası, ucuna iğne takılan bir gütä perka kanülünden oluşur. Kanüller 90°C'deki ısıtıcıya yerleştirilerek ısıtılır. Apikalden 6 mm geride olacak şekilde kök kanalının içine yerleştirilerek enjekte edilir. Gütä perka enjekte edilirken iğne hekim tarafından geri çekilmemeli, iğnenin geriye doğru yaptığı basınçla hareket etmesine izin verilmelidir. Diğer ısıtılmış gütä perka enjeksiyon sistemlerinden farklı olarak Ultrafil ile kanalların doldurulmasını takiben kondansasyon yapılması üretici firma tarafından önerilmemektedir.

2.3.9. Kimyasal yumuşatma yöntemi

Bu yöntemin esası gütä perkanın kloroform, ökoliptol ve ksilol gibi özel kimyasal çözücüler içerisinde çözündürülerek yumuşatılması esasına dayanmaktadır.

Örneğin gütä perkanın kloroform içerisinde çözünmesiyle kloroperka oluşur. Kloroperka önceleri tek başına kanal dolgusu olarak kullanılmış, ancak çözücünün buharlaşmasının ardından gütä perka çok fazla büzülme gösterdiği için bu yöntemden vazgeçilmiştir.

Nygaard ve Østby bu yöntemi modifiye ederek kloroperkayı pat olarak kullanmışlardır. Nygaard-Østby yönteminde kloroperka ve kloroform solüsyonu bir gode içerisinde süt kıvamında hazırlanır. Çalışma boyundan 5 mm geride kanal içerisinde sıkışan bir ana kon seçilir ve yardımcı konlarla birlikte %99'luk izopropil alkolde bekletilir. Kanallar izopropil alkol ile yıkanıp kurulanır. Ana konun 1/3'lük uç kısmı kloroperka-kloroform solüsyonuna batırılıp çıkarılır ve kanal içerisine yerleştirilerek aşağı yukarı hareketlerle çalışma boyuna ilerletilmeye çalışılır. Ana kon yerleştirildikten sonra yardımcı konların lateral kondansasyonuyla kanal dolgusu tamamlanır. Bu yöntemin avantajları arasında, yapılan kanal dolgusunun kanala üç boyutlu olarak adapte olabilmesi, pat kullanılmadığı için kanal dolgusunda zamanla bir rezorbsiyon oluşmaması, gütä perka hacminin radyografide anlaşılabilmesi ve yöntemin kolayca uygulanabilmesidir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda kloroformun potansiyel karsinojenik olduğu gösterilmiştir (115).

A.B.D.'de kloroformun dental t ropotikler listesinden çıkarılmasıyla birçok hekim kloroform yerine  koliptol  tercih etmeye başlamıştır. Ancak  kaliptol n kloroform kadar çözücü etkinliği bulunmamaktadır (34).  koliptol n antibakteriyel ve antienflamatuar özellikleri mevcuttur ve kloroformdan çok daha az toksisiteye sahiptir. Godede 30 C'ye kadar ısıtılan ökoliptol içerisindeki güta perka  kaperkaya dönüşür (148).

 koperka yönteminde çalışma boyunda sıkışan ana kon belirlenir. Godenin 2/3'  ökoliptol ile doldurularak üzerine güta perka parçacıkları eklenir. Güta perka parçaları ısıtılan godede eriyene kadar karıştırılır. Ana konun 2-3 mm'lik uç kısmı bu karışıma daldırılır ve çalışma boyunda kanal içerisine yerleştirilir. Kanal içerisinde ileri geri birkaç kez hareket ettirildikten sonra kanaldan uzaklaştırılır. Daha sonra ana kon tamamen karışıma daldırılır ve kanal içerisine yeniden yerleştirilir. Lateral kondansasyonla kanal dolgusu tamamlanır (149).

Günümüze kadar geliştirilmiş birçok kök kanal dolgu yöntemi olmasına rağmen henüz kök kanallarını tamamen sızdırmaz bir şekilde tıkama yeteneğine sahip bir yöntem veya materyal bulunamamıştır. Bu nedenle kök kanallarında mikro sızıntı günümüzde halen araştırma konusudur.

2.4. Kök Kanallarında Mikrosızıntı

Endodontik mikrosızıntı kök kanal dolgu materyali ile kanal duvarları ara yüzeyinde ve dolgu materyalinde mevcut olan boşluklar içinde mikroorganizma ve sıvıların geçişi olarak ifade edilmektedir (150). Kök kanallarında oluşan mikrosızıntının endodontik tedavi başarısızlığının en önemli nedenlerinden biri olduğu bilinmektedir (151). Mikrosızıntının nedenleri arasında uygulanan kök kanal dolgu yöntemi, kullanılan patlar, smear tabakası, anatomik varyasyonlar gibi birçok faktör yer almaktadır (152). Yapılan çalışmalarda kök kanallarının üç boyutlu olarak hermetik bir şekilde tıkanmasının periapikal dokuların sağlığı ve endodontik tedavinin başarısı açısından çok önemli olduğu gösterilmiştir (153, 154).

Kök kanallarında mikrosızıntının incelenmesi açısından birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerde kullanılan boya, glikoz solüsyonu, radyo izotop,

distile su, bakteri gibi ajanların kök kanal sistemindeki boşluklara penetrasyonu hesaplanır (155). Kök kanal dolgu maddelerinin *in vitro* olarak sızdırmazlıklarını değerlendirmede kullanılan yöntemler şunlardır (156, 30, 157, 158):

1. Boya sızıntı yöntemi
2. Bakteri sızıntı yöntemi
3. Sıkıştırılmış hava yöntemi
4. Elektrokimyasal yöntem
5. Radyoizotop yöntemi
6. SEM analizi
7. Glikoz penetrasyon yöntemi
8. Sıvı filtrasyon yöntemi

2.4.1. Boya sızıntı yöntemi

1939 yılında Grossman tarafından tanıtılan bu yöntem dişlerin belirli konsantrasyonlardaki farklı boyalar içerisinde uygun sürelerde bekletilip oluşan sızıntı değerlerinin hesaplanmasına dayanmaktadır (159). Yöntemin uygulaması kolay ve ekonomik olduğu için günümüze kadar çok yaygın olarak kullanılmıştır (160, 161). Boya sızıntı çalışmalarında en çok kullanılan boya solüsyonu %2'lik metilen mavisidir (162, 16). Bunun dışında anilin mavisi, florasan, gümüş nitrat, bazik fuksin, Rodamin B, Eritrosin, India kullanılan diğer boyalardır. Bu yöntemde kök kanalları doldurulduktan sonra kullanılan dolgu materyalinin tamamen sertleşmesi için beklenir. Kökün 1-2 mm'lik apikal kısmı hariç diğer tüm yüzeyi cila benzeri bir maddeyle kaplanarak izolasyon sağlanır. Kök boya solüsyonuna batırılıp uygun süre beklenerek boyanın kanal içerisindeki boşluklara penetre olması sağlanır. Daha sonra solüsyondan çıkarılan kök yıkanıp kurulanır. Boyanın penetrasyon miktarı kökten kesitler alınarak veya şeffaflaştırma yapılarak spektrofotometre ile ölçülür.

Hızlı bir yöntem olması ve kolay uygulanabilmesi, ekonomik olması, radyasyon içermemesi ve kimyasal reaksiyonlara gerek duyulmaması bu yöntemin avantajları arasındadır (163). Bununla birlikte boya solüsyonlarının konsantrasyonu, pH'ı, molekül büyüklüğü ve kimyasal özellikleri gibi yöntemi sınırlayan birçok

faktör de mevcuttur. En önemi dezavantajlarından biri kök kanalı içerisindeki hava boşluklarının sıvı hareketini ve dolayısıyla boyanın penetrasyonunu engellemesidir. Bu soruna çözüm olarak yöntemin düşük basınç altında uygulanması önerilmiş (164) ancak farklı basınçlar altında yapılan ölçümlerin sonuçları etkilemediği de gösterilmiştir (165). Bir diğer önemli dezavantaj ise boya moleküllerinin bakterilerden daha küçük olması (166) nedeniyle kök kanalları içerisinde bakterilerin penetre olamayacağı yerlere tutunup ağız içi ortamı tam olarak doğru yansıtamamasıdır (167). Boyanın kökün apikalinden en fazla 2 mm ilerleyebilmesi ve daha uzaktaki boşluklara penetre olamaması da yapılan çalışmalar da gösterilmiştir. Ayrıca kesit alma işlemi ile yapılan değerlendirmelerde boya uzaklaşabilmekte ve dişte madde kaybı olabilmektedir. Bu dezavantajlarından dolayı boya sızıntı yönteminin kök kanal dolgu materyallerini değerlendirmede kesin sonuçlar ortaya koymadığı yapılan bazı çalışmalarda bildirilmiştir (168, 169).

2.4.2. Bakteri sızıntı yöntemi

1980 yılında Goldman ve arkadaşları tarafından geliştirilen bu yöntemde kök kanal dolgusundaki sızıntıyı değerlendirmek amacıyla *in vitro* olarak hazırlanan örnekler ilk olarak gram (+) veya gram (-) bakteri türlerini içeren besi yerine konulmaktadır (170). İnkübasyon süresinin bitiminde besiyerinde bulunan özel işaretleyici solüsyondaki renk değişikliğine göre sızıntı değerlendirmesi yapılmaktadır. Besi yerinde meydana gelen bulanıklık bakteri kontaminasyonunu ifade etmektedir (171). Bu yöntemde en sık kullanılan bakteri ve mantar türleri *Enterococcus faecalis* (172), *Streptococcus salivarius* (173), *Candida albicans* ve *Streptococcus mutans*'tır (174).

Bakteriyel sızıntı yönteminin tercih nedeni olarak diğer yöntemlere göre biyolojik açıdan klinik durumu daha iyi yansıtmaması olduğu söylenmektedir (172, 175). Ancak bu yöntemin de kısıtlamaları ve dezavantajları mevcuttur. Bakteriyel sızıntı yönteminde yapılan ölçümlerin nicel değil nitel olması sonuçların doğruluğunu etkileyebilmektedir. Kök kanal dolgusundaki boşluk miktarı az ya da çok olsun bakteri geçişi gerçekleştiğinde besi yerinde çoğalabileceği için solüsyonun rengini değiştirmekte ve bu da yanılgılara neden olabilmektedir (176). Ayrıca antibakteriyel özellik taşıyan patlar ile yapılmış kök kanal dolgularında bu yöntem

uygulanamamaktadır (173). Bunun yanı sıra kullanılan aletlerin ve ortamın sterilizasyonuna dikkat edilmediği takdirde kontaminasyon oluşur ve hatalı sonuçlar ortaya çıkabilir (177). Bakteri toksin ve enzimlerinin geçebileceği boşluklar bakterilerin geçebileceği boşluklardan çok daha küçük olduğu için klinik sonuçlar bu yöntemle elde edilen sonuçlardan daha farklı olabilmektedir.

2.4.3. Sıkıştırılmış hava yöntemi

Çok eski bir yöntem olan sıkıştırılmış hava yöntemi ilk olarak restoratif tedavide amalgam dolguların kenar uyumlarını değerlendirmek için kullanılmış daha sonra 1980’de Nielsen tarafından endodonti alanında denenmiştir (178). Bu yöntemin esası kök kanalının içine pulpa odası boyunca basınçlı hava uygulanıp, kanal sistemi içerisinde kaybolan basıncın ölçülmesine dayanır. Yöntemin en büyük dezavantajı klinik durumu yansıtmamasıdır. Bu nedenle çok tercih edilen bir yöntem olarak uygulanamamaktadır (179).

2.4.4. Elektrokimyasal yöntem

Bu yöntemin esası; eksternal bir güç kaynağıyla ilişkili, elektrolit içine batırılmış iki metal arasında oluşacak elektrik akımının ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Dişler izole edildikten sonra kök kanalları doldurulur ve koronal kısımdaki güta perka uzaklaştırılarak buraya anot görevi görecek bir bakır tel yerleştirilir. Hazırlanan örnek ve sistemde katot görevi görecek paslanmaz çelik tel, %1’lik potasyum klorür solüsyonuna konularak düzenek hazırlanır. Akım uygulandıktan sonra elektrokimyasal örnek içinden geçen alternatif akımdaki değişiklikler ölçülür ve bu sayede kök kanal dolgusu içerisindeki boşluklar hakkında veri elde edilir (180).

Bu yöntemin avantajları arasında nicel veriler elde edilebilmesi, ölçümler sırasında örneklerin zarar görmemesi ve belirli aralıklarla ölçümlerin tekrarlanabilmesi sayılabilir. Bununla birlikte detektör elektrod kök kanalı içinde oluşan apikal mikrosızıntı ile temas etmediği takdirde yanlış değerler elde edilebilir. Bu da yöntemin dezavantajları arasındadır.

2.4.5. Radyoizotop yöntemi

Radyoizotop yöntemi bir alfa veya beta partikülünün ışığa benzer şekilde fotoğraf filmine etki edip enerji durumunu değiştirebileceği fikriyle ortaya konulmuştur. Bu yöntemde en çok kullanılan izotoplar Ca45, I131, S35, Na 22, Rb 86, C14 ve P32 izotoplarıdır. Hazırlanan örnek dişler bu radyoizotop solüsyonlarından birinde bekletildikten sonra periapikal filmin üzerine yerleştirilir ve tab edilir. Böylelikle radyoizotopların kök kanal dolgusu içerisindeki boşluklardan geçişi film üzerinde görüntülenir (181, 179). Ölçümler sırasında kullanılan izotop, ışın kaynağı ve emülsiyon maddesi arasındaki mesafe, filmin ekspoz olma süresinin uzunluğu, ışınlama süresi, filmin banyo işlemleri daha ayrıntılı sonuçlar elde edilmesinde rol oynamaktadır (182).

İzotop moleküllerinin büyüklüğünün (40µm) boya moleküllerinin büyüklüğünden (120µm) çok daha ufak olması radyoizotop yöntemiyle elde edilen sonuçların boya sızıntı yöntemiyle elde edilenlere göre daha detaylı olmasını sağlar. Ayrıca elde edilen radyografiler sayesinde kalıcı ve saklanabilir sonuçlar ortaya çıkar.

Bu yöntemin en önemli dezavantajları ise pahalı olması, çok hassas çalışma gerektirmesi, subjektif sonuçlar elde edilmesi ve radyoaktif madde kullanımının insan sağlığına zararlı olması olarak sayılabilir (183).

2.4.6. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

Bu yöntemde öncelikle boya sızıntı yönteminde kullanılan boyalardan herhangi birisi kullanılarak mikrosızıntı değeri belirlenir. Daha sonra örnekler Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile analiz edilerek kök kanal dolgularının adezyonu ve sızıntısı hakkında veri elde edilir. Mevcut verilerin doğrulanması amacıyla diğer sızıntı çalışmalarıyla beraber kullanılabilir.

Bu yöntemin en önemli dezavantajı; örneklerden kesit alınması esnasında oluşabilecek boşlukların ölçüm esnasında yanılgıya yol açabilmesidir.

2.4.7. Glikoz penetrasyon yöntemi

Xu ve arkadaşları 2005 yılında glikozun bakteriler için besin kaynağı olması ve moleküler boyutunun küçük olmasından yola çıkarak glikoz penetrasyon

yöntemini tanıtmışlardır (184). Bu yöntemde doldurulmuş kök kanalının koronal kısmı glikoz içeren bir tüpe bağlanır ve apikal kısmı suya daldırılır. Apikal kısma ulaşan glikoz, glikoz oksidaz ve peroksida enzimleriyle reaksiyona girer. Oksidasyon sonucu açığa çıkan ürün spektrofotometre ile ölçülerek sayısal veriler elde edilir (185, 186).

Bu yöntemin avantajları, düzeneğin hazırlanması ve çalışılmasının kolay olması, gerekli malzeme ve ekipmana kolay ulaşılabilmesi, glikozun klinik şartları diğer indikatörlere göre daha doğru yansıtması, testin duyarlılığının yüksek olması, spektrofotometre ile gözlemciden bağımsız olarak tekrarlanabilmesi ve kantitatif ölçümlerin yapılabilmesidir (187, 188).

2.4.8. Sıvı filtrasyon yöntemi

Sıvı filtrasyon yöntemi ilk olarak 1983 yılında Pashley ve arkadaşları tarafından dentin tübüllerindeki sıvı geçişini tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir (189). 1986 yılında Derkson ve arkadaşları restoratif materyallerin sızıntı miktarını ölçmek amacıyla yöntemi geliştirmişlerdir (190). Wu ve arkadaşları ise 1994 yılında kök kanal dolgularının apikal sızıntısını değerlendirmek amacıyla yöntemi geliştirmiş ve sıvı filtrasyon yöntemi endodonti alanında popülerlik kazanmıştır (164).

Sıvı filtrasyon ölçümü düzeneği basıncı sağlayan bir oksijen tüpü, içerisinde distile su bulunan basınçlı buhar kabı, basınç ile sıvı ve boşluğun hareket ettiği lastik boru, cam mikro pipet ve hava kabarcığını oluşturan mikro şırıngadan oluşur. Kök kanalları doldurulduktan sonra ölçüm yapılacak bölgeye göre kökün apikal ya da koronal ucu lastik boru içine yerleştirilir ve kök ile lastik boru arasından sıvı sızıntısını önlemek için uygun bir yapıştırıcı ile yapıştırılır. Mikro şırınga ile baloncuk oluşturulup hareket ettirilerek cam mikro pipetin içerisinde sabitlenir. Sistemden gelen basınç ile lastik borulardaki distile su kök kanalı içindeki boşluklardan geçer ve sıvının hareketi cam mikro pipetteki baloncuğun hareketini sağlar. Belirli bir süre içerisinde baloncuğun hareketi ölçülerek kaydedilir. 2005 yılında Oruçoğlu ve arkadaşları sıvı filtrasyon düzeneğine basıncı kontrol altında tutmak amacıyla basınç göstergesi ve hava kabarcığının hareketini izleyen bilgisayar destekli lazer ölçüm sistemi eklemişlerdir (21).

Sıvı filtrasyon yönteminin diğer sızıntı yöntemlerine göre birçok avantajı mevcuttur. Diğer yöntemlerde alınan kesitlerde veya radyograflerde görünmeyen boyutlardaki küçük boşluklar sıvı filtrasyon yöntemi ile tespit edilebilmektedir (25). Ölçümler sırasında örneklerin zarar görmemesi belirli zaman aralıklarında ölçümlerin tekrarlanabilmesini sağlar (191). Böylelikle kanal dolgu materyallerinin zamana bağlı büzülme ve rezorpsiyonları değerlendirilebilir (192, 191). Bu yöntemde kanal dolgu materyallerinin hem apikal hem de koronal bölgedeki sızıntı değerleri ölçülebilmektedir (193). Aynı zamanda endodontide kullanılan bazı materyallerin kökün herhangi bir yerindeki sızıntı değerleriyle birlikte diş hekimliği alanında kullanılan çeşitli restoratif materyallerin dentin geçirgenliği de tespit edilebilmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda kantitatif veriler elde edilmektedir (194). Bilgisayarlı sıvı filtrasyon yönteminde lazer ile gözlenen hava kabarcığı bilgisayar ile kayıt altına alındığı için gözlemciye bağlı yanılma payı riski de ortadan kaldırılmıştır (195).

2.5. Kök Kanal Sistemi Görüntüleme Yöntemleri

Kök kanal sistemini incelemek ve endodontik materyallerin etkinliğini ve kalitesini değerlendirmek amacıyla günümüze kadar çeşitli görüntüleme yöntemleri kullanılmıştır.

Endodontik işlemlerde yararlanılan görüntüleme yöntemlerinin sınıflandırılması aşağıdaki şekildedir:

1) Geleneksel yöntemler:

- Boyama ve şeffaflaştırma yöntemi
- Kesit alma yöntemi
- Kopya model oluşturma yöntemi
- Taramalı elektron mikroskobu ile görüntüleme yöntemi
- Radyografik görüntüleme yöntemleri

2) Üç boyutlu görüntüleme yöntemleri:

- Bilgisayarlı tomografi yöntemi (BT)
- Mikro bilgisayarlı tomografi yöntemi(Mikro-BT)

1) Geleneksel görüntüleme yöntemleri:

Boyama ve şeffaflaştırma yöntemi: Bu yöntemde hazırlanan örnek dişler hematomksilen veya çini mürekkebiyle boyandıktan sonra asitle dekalsifiye edilir ve metil salisilat ile şeffaflaştırılarak kök kanal sistemi görüntülenmeye çalışılır (196). Dekalsifikasyon, dehidratasyon ve şeffaflaştırma olarak üç aşamadan oluşan bu yöntem görsel açıdan başarılı olmakla birlikte sayısal veri elde etme açısından çeşitli limitasyonlara sahiptir (197).

Kesit alma yöntemi: Kesit alma yönteminde kanal sistemi incelenecek olan köklerden disk veya taşlar ile belirli mesafelerle yatay ya da dikey olarak kesitler alınır ve elde edilen kesitler boyanarak elektron mikroskobu altında incelenir. Bu yöntemin dezavantajları; işlem sırasında örneklerin zarar görmesi nedeniyle ölçümlerin tekrarlanamaması ve kesit alma işlemi sırasında dişte oluşan doku kaybının yanıltıcı sonuçlara neden olabilmesidir. Ayrıca örneklerin kesit alma öncesi kayıtları bulunmadığından kanal genişletme veya obturasyonu gibi işlemlerin, işlemten öncesi ve sonrası karşılaştırmaları yapılamamaktadır.

Kopya model oluşturma yöntemi: Bu yöntem kök kanal sisteminden silikon bir ölçü maddesiyle ölçü alınarak elde edilen modelin incelenmesi esasına dayanmaktadır. Eski bir yöntem olup günümüzde ise kullanılmamaktadır.

Taramalı elektron mikroskobu ile görüntüleme yöntemi (SEM): Taramalı elektron mikroskobu (SEM, scanning electron microscope), odaklanmış bir elektron demeti ile numune yüzeyini tarayarak görüntü elde eden bir elektron mikroskobu türüdür. SEM ile görüntülenen kök kanal sisteminin farklı bölgeleri detaylı bir şekilde incelenebilmektedir. Bu yöntem endodontide kanal preparasyonu sonrası kök kanallarının dentin morfolojisi (198), kök kanal patlarının sızdırmazlık özellikleri (199), dentin tübüllerindeki mikroorganizmaların penetrasyon miktarı (200) ve kök kanal irrigantlarının smear tabakasına etkisinin incelenmesi (201) vb gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Radyografik yöntemler: Kök kanal sisteminin radyografi ile değerlendirilmesi yönteminde kanal içerisine yerleştirilen bir kanal eğesi veya güta perka gibi radyopak bir madde ile preparasyon öncesi ve sonrasında kök kanalları radyografik olarak görüntülenir. Daha sonra bu görüntüler dijital ortamda uygun programlar sayesinde üst üste çakıştırılarak değerlendirmeler yapılır. Ancak bu yöntemin de elde edilen görüntülerin iki boyutlu olması (202) ve kök kanalının maksimum eğim açısının her zaman yakalanamaması gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır (203).

2) Üç boyutlu görüntüleme yöntemleri:

Bilgisayarlı tomografi yöntemi (BT): Diş hekimliğinde, geleneksel panoramik ve tam çene periapikal röntgenler günümüzde hala tanı ve değerlendirmede en çok kullanılan yöntemlerdir. Bununla birlikte, konvansiyonel röntgenlerin sadece iki boyutlu görüntü vermesi önemli noktaların gözden kaçmasına; yanlış tanı ve tedavi planlamasına neden olabilir (204). Konvansiyonel röntgenlerin bu gibi dezavantajlarından dolayı bilgisayarlı tomografi ile görüntüleme popülerlik kazanmaya başlamıştır.

Diş hekimliğinde üç boyutlu görüntü sağlayan BT cihazları, dairesel bir cihaza yerleştirilen X-ışını üreten bir kaynak ile onun karşısına konumlandırılan algılayıcının hastanın çevresinde dönerek elde ettiği verilerin bilgisayar algoritmaları kullanarak işlenmesi prensibiyle çalışmaktadır. 1990 yılında Tachibana ve Matsumoto adlı araştırmacılar kök kanallarının üç boyutlu rekonstrüksiyonunu yaparak BT'yi endodontik alanda kullanmaya başlamışlardır (205). Günümüzde BT cihazları yüksek maliyeti, kapladığı geniş alan ve yüksek radyasyon gibi problemlere sahip olması nedeniyle yerini konik ışınlı bilgisayarlı tomografiye (KIBT) bırakmışlardır (206).

KIBT ile yapılan görüntülemelerde hasta geleneksel BT'e göre çok daha az radyasyona maruz kalmaktadır (207). Bununla birlikte KIBT'de açığa çıkan radyasyon dozu geleneksel dental radyografi yöntemlerinden fazladır (208). Hem aksiyal, sagittal ve koronal düzlemlerde hem de hacimsel olarak üç boyutlu görüntüler elde edilip ölçümler yapılabilmektedir (209). Elde edilen görüntülerin

özünrlüğünün BT'den daha iyi olması yapılan ölçümlerin doğruluk payını arttırmaktadır (210). BT'ye göre daha küçük boyutlarda ve ucuz olması klinik kullanımı için avantaj sağlamaktadır (211).

Mikro bilgisayarlı tomografi yöntemi (Mikro-BT): Yapıların mikro düzeyde üç boyutlu olarak incelenmesine olanak sağlayan mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) 1980'lerin başlarında geliştirilmiştir. Diş hekimliğinde birçok alanda kullanılan mikro-BT 1995 yılında Nielsen ve arkadaşları tarafından kök kanal geometrisini incelemek amacıyla ilk kez endodontide kullanılmıştır (212).

BT'lerde 1 mm³ voksel boyutlarında tarama yapılırken, mikro-BT'lerle 5-10 µm³ voksel boyutlarında tarama yapılarak daha iyi bir uzaysal çözünrlük elde edilmiştir. Bu da BT'den 1.000.000 defa daha küçük alanların görüntülenebilmesini sağlayarak detaylı bir inceleme yapılmasına izin vermektedir (213). Mikro-BT sistemlerinde, örneklerin 3 boyutlu rekonstrüksiyonlarını oluşturmak amacıyla mikrofokal X-ışını kaynağı ve yüksek çözünrlüklü dedektörler kullanılmaktadır (214). Mikro-BT cihazı esas olarak bir X-ışını tüpü, üzerine sabitlenen örneğı belli aralıklarla çeviren bir motor, X-ışını kamera sensörü üzerinde toplayan görüntü yoğunlaştırıcı, üzerine düşen X-ışınlarını görüntüye çeviren CCD kamera, görüntü toplayıcısı ve sistemi kontrol eden bir bilgisayardan oluşmaktadır.

İnvaziv bir görüntüleme yöntemi olmadığı için mikro-BT ile yapılan ölçümler belli aralıklarla tekrarlanabilmekte ve örnekler zarar görmemektedir (215). Dişin iç ve dış anatomisi ile mine, dentin ve pulpanın hacimleri bu yöntemle hesaplanabilmektedir (216). Hem kalitatif hem de kantitatif görüntü değerlendirmesi yapılabilmektedir. Mikro-BT'ler ile diş ve kemik gibi mineralize dokular, seramikler, polimerler ya da biyomateryaller direkt olarak incelenebilmektedir (217, 218). Yeni nesil mikro-BT'ler ile küçük hayvanların canlı olarak *in-vivo* ortamda incelenmesi mümkündür (219). Bu ve benzeri avantajlarından dolayı günümüzde mikro-BT ile yapılan çalışmalar oldukça değerli çalışmalar olarak ortaya çıkmaktadır.

Diş hekimliğinde mikro-BT'nin sıklıkla kullanıldığı alanlar şunlardır:

- 1) Kök kanal morfolojisinin analizi (220-222)
- 2) Kök kanal şekillendirmesinin değerlendirilmesi (223, 224)

- 3) Kök kanal dolgusunun değerlendirilmesi (225, 226)
- 4) Retreatment sonrası kök kanallarında kalan dolgu materyalinin incelenmesi (227, 228)
- 5) İmplant ve çevresindeki trabeküler kemiğin mikro yapısının değerlendirilmesi (229)
- 6) Kafa yüz kemiklerinin gelişimlerinin değerlendirilmesi (230)
- 7) Mine kalınlığının  l  lmesi (231)
- 8) Doku mühendisliği (232)

Tüm bu bilgilerin ışığı altında, bu çalışmada farklı kanal dolgu yöntemleri ile doldurulmuş kök kanallarının dolgu kalitesinin iyi bir şekilde değerlendirilebilmesi için mikrobilgisayarlı tomografi yöntemi ve yine kök kanallarında oluşabilecek apikal sızıntının ise bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçların birbirleriyle karşılaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmanın sıfır hipotezi test edilen kanal dolgu teknikleri arasında boşluk miktarları (İnternal, eksternal, kombine) ile dolgu hacmi yüzdeleri bakımından bir fark olmadığı ve mikro-BT taramaları ile bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçümleri arasında korelasyon olduğudur.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Klinik Araştırmalar ve Etik Kurulu tarafından değerlendirilen bu çalışma 27/05/2016 tarihinde 2016/46 no'lu karar ile etik açıdan uygun bulunmuştur (Bkz Ek 1). Çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi Mikro-CT Laboratuvarı ve Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı merkezlerinde yürütülmüştür.

3.1. Örneklerin Hazırlanması

3.1.1. Dişlerin seçilmesi

Çalışmada gönüllü bireylerden onam formu alınarak çekilmiş 48 adet mandibular premolar insan dişi kullanıldı. Kullanılan dişlerin öncelikle bukkolingual ve mezyo-distal yönlerden radyografları alınarak aşağıdaki kriterlere uygun olan dişler çalışma kapsamında değerlendirildi:

1. Periodontal ya da ortodontik nedenlerle çekilmiş olan,
2. Herhangi bir çürük ya da restorasyon içermeyen,
3. Kök kanal gelişimini tamamlamış olan,
4. Kök kanalında herhangi bir anatomik varyasyonu olmayan,
5. Birden fazla kanal, rezorpsiyon, kalsifikasyon, apikal kurvatur içermeyen,
6. Kanal ağzından foramen apikaleye kadar kanal devamlılığı olan dişler çalışmada kullanıldı.

Yukarıdaki şartları sağlayan dişler, yüzeylerindeki doku ve artıklar temizlendikten sonra çalışmanın yapılacağı zamana kadar oda sıcaklığında %0,9'luk serum fizyolojik solüsyonunda saklandı. Solüsyon çalışmanın yapılacağı tarihe kadar her hafta değiştirilip yenilendi.

3.1.2. Kök kanallarının preparasyonu

Çalışmada kullanılacak olan örnekler #20 no'lu elmas fissür frez (Diatech, South Carolina, ABD) yardımıyla yüksek devir ve su soğutması altında kronlarından ayrıldı. Tüm örnekler 12 mm boyunda olacak şekilde standardize edildi. Kronları uzaklaştırılarak pulpa odasına erişim sağlanan örneklerin kanallarına #10 numaralı K-tipi paslanmaz çelik eğe (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD) ile giriş sağlandı. K-tipi eğe dışın apeksinde görüne kadar kanal içerisinde ilerletildi. Daha sonra bir cetvel ile ölçüldü ve çalışma uzunluğu ölçülen uzunluktan 0,5 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Tüm örneklerin kök kanal preparasyonu ProTaper Next Ni-Ti döner eğeleriyle (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) gerçekleştirildi. Kök kanal preparasyon işleminde sırasıyla ProTaper Next XA (0.19/.04), X1 (0.17/.04), X2 (0.25/.06), X3 (0.30/.07) no'lu eğeler kullanılarak X4 (0.40/.06) no'lu eğe ile preparasyon tamamlandı. Tüm preparasyon işlemleri esnasında, her eğenin kullanımı sonrasında kök kanalları 27G dental enjektör (Genject, Ankara, Türkiye) kullanılarak çalışma boyunda 2 ml %2,5'luk NaOCl (Chloraxid, Cercamed, Stalowa Wola, Polonya) ile irrigate edildi. Kök kanal preparasyonu tamamlandıktan sonra final irrigasyon 5 ml %2,5'luk NaOCl, 5 ml %17'lik etilen diamin tetra asidik asit (EDTA) (Meta Biomed, Chalfont, ABD) ve son olarak 5 ml distile su (Eczacıbaşı, İstanbul, Türkiye) ile yapıldı. Tüm kök kanalları Ni-Ti eğelerine özel olarak tasarlanan ProTaper Next X4 no'lu kurutma kağıtları (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ile kurutuldu.

3.1.3. Kök kanallarının doldurulması

Kök kanal şekillendirilmesi tamamlandıktan sonra dişler her bir grupta 12 örnek olacak şekilde rastgele 4 gruba ayrıldı. Her bir gruptaki dişlerin farklı kök kanal doldurma yöntemleri ile kanal dolguları yapıldı. Deney gruplarının dağılımına ait kök kanal dolgu yöntemleri ve bu yöntemler ile birlikte kullanılan cihazlar aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3. 1. Deney gruplarının dağılımı

Gruplar	Kök Kanal Dolgusunda Kullanılan Yöntem	Kullanılan Cihaz	n
Grup 1	Lateral Kondansasyon Yöntemi	Konvansiyonel Yöntem	12
Grup 2	Ultrasonik Lateral Kondansasyon Yöntemi	LM-ProPower Ultrasonik cihaz	12
Grup 3	Devamlı Isı ile Obtürasyon Yöntemi	Elements Free Obturation Sistem	12
Grup 4	Termoplastik Kor Yöntemi	Thermaprep 2 Fırın	12

Grup 1: Bu gruptaki dişlerin kök kanal dolguları soğuk lateral kondansasyon yöntemi (SLK) ile yapıldı. #40/0.02 no'lu ana güta perka kon (Pearl-Endo, Pearl Dent Co. Ltd., Ho Chi Minh City, Vietnam) kanal içerisine uygulanarak çalışma boyuna kadar ilerletildi. SimpliSeal marka rezin esaslı kanal dolgu patı (Kerr Endodontics, West Collins Orange, Kanada) üretici firmanın önerileri doğrultusunda soğuk bir cam üzerinde bir siman spatülü yardımıyla homojen bir şekilde karıştırılarak #40/0.02 no'lu kurutma kağıtları (Pearl-Endo, Pearl Dent Co. Ltd., Ho Chi Minh City, Vietnam) ile kök kanal duvarlarını kaplayacak şekilde uygulandı. Pata bulan ana kon çalışma boyunda kanal içerisine yerleştirildikten sonra kalan boşluklar #20 numaralı spreaderlerin (Golden Star Medical, Shenzhen, Çin) açacağı boşluklara yerleştirilen #20/0.02 numaralı yardımcı güta perka konlarla (Pearl-Endo, Pearl Dent Co. Ltd., Ho Chi Minh City, Vietnam) dolduruldu. Her bir yardımcı kon kanal içerisine yerleştirilmeden önce pata bulandı. Spreaderlar çalışma boyundan 2-3 mm geride olacak şekilde yerleştirildi ve korondan en az 2 mm ilerleyene kadar kondansasyona devam edildi. Korondaki fazla güta perka ısıtılan sıcak bir ağız spatülü yardımıyla uzaklaştırıldı.

Grup 2: İkinci gruptaki 12 adet örnek dişin kök kanal dolguları ultrasonik enerjili sıcak lateral kondansasyon yöntemi (ULK) uygulanarak yapıldı. #40/0.02 numaralı ana güta perka konun çalışma boyunda ilerlediği kontrol edildikten sonra kanalların içine aynı numaralı paper pointler ile kanal dolgu patı uygulandı. Ana kon

kanal patına bulanarak çalışma boyunda kök kanalı içerisine yerleştirildi. #20 numaralı spreader çalışma boyundan 2-3 mm geride olacak şekilde kanala yerleştirildi. #20/0.02 boyutlu yardımcı güta perka kon kanal patına bulanıp kanal içerisinde sprader ile oluşturulan boşluğa yerleştirilerek lateral kondansasyon işlemi yapıldı. Kök kanallarının devam eden kanal dolgu işlemi için ultrasonik cihaz kullanıldı. LM-ProPower (LM Dental, Parainen, Finlandiya) ultrasonik el aletinin ucuna LM 100214 numaralı uç yerleştirilerek cihazın anahtarı yardımıyla sabitlendi (Fotoğraf 3.1). Ultrasonik uca lastik stopper takılarak çalışma boyundan 2-3 mm geride olacak şekilde referans noktası belirlendi. LM-ProPower ultrasonik cihazı en düşük güç ayarı olan mod 1’de (0-%40 güç oranında) ayarlanıp ultrasonik uç kanal içerisinde daha önceden belirlenen referans noktasına kadar ilerletildi. Böylece kanal içerisindeki güta perkaların ısı ile yumuşatılması ve lateral kondansasyonu sağlandı. Oluşan boşluk pata bulanmış #20/0.02 boyutlu güta perka ile dolduruldu. Konulan güta perka yeniden spreader ile sıkıştırıldı ve takibinde ultrasonik uçla sıkıştırma yapıp yardımcı güta perka kanala yerleştirildi. Bu işlem spreader kanal ağzından 2 mm’den daha fazla ilerleyemediği noktaya kadar tekrarlandı. Kanal dolgu işlemi tamamlandığında ise koronaldeki fazla güta perka ısıtılmış ağız spatülü yardımıyla kesilerek uzaklaştırıldı.



Fotoğraf 3.1. LM-ProPower ultrasonik cihaz ve LM 100214 uçlar

Grup 3: Bu gruptaki örneklerin kök kanal dolguları Elements Free Obrutation Sistem (Kerr Endodontics, Orange, Kanada) (Fotoğraf 3.2) cihazı yardımıyla devamlı ısı ile obturasyon yöntemi (DIO) kullanılarak yapıldı. Grup 1'den farklı olarak cihazın downpack ünitesine apikalden 3-5 mm geride sıkışan uygun Buchanan ısı pluggeri takıldı. İşlem için apikalden 2 mm geride sıkışan uygun Buchanan el pluggeri (Kerr Endodontics, Orange, Kanada) seçilip aynı şekilde referans noktası belirlendi (Fotoğraf 3.3). ProTaper Next X4 numaralı güta perka (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kanala yerleştirilip çalışma boyu kontrol edildikten sonra bisturi ile uç kısmından 0.5 mm kesildi. Kanal duvarları ProTaper Next X4 numaralı kurutma kağıdı aracılığıyla üretici firma talimatları doğrultusunda karıştırılan kanal dolgu patı ile kaplandı. Ana konun apikal ucu da pat ile kaplanarak kanal içine yerleştirildi. Kanal dışında kalan güta perka Buchanan ısı pluggeri ile uzaklaştırıldı. Daha sonra yeniden aktive edilen ısı pluggeri kanal içinde daha önce belirlenen referans noktasına kadar 2-3 saniye içerisinde ilerletildi. Ana konun yerinden oynamaması için plugger ile 10 saniye apikal basınç uygulanıp soğuması beklendi ve sonra plugger yeniden ısıtılarak kanaldan çıkarıldı. Kök kanal dolgusunun apikal kısmı doldurulana kadar işleme devam edildi. Kanal içinde kalan diğer boşluğa ise kurutma kağıdı ile pat yerleştirildi. Cihazın backfill ünitesine tek kullanımlık güta perka kartuşu takılarak ısı ile aktivasyonun ardından yumuşamış güta perka kanal içerisine gönderildi. Bu sırada cihaza baskı uygulanmadan kendi geri basıncıyla hareket etmesine izin verildi. Cihazın kanaldan uzaklaştırılmasını takiben vakit kaybetmeden el pluggeri ile vertikal kondansasyon yapıldı. Kök kanalı tamamen doldurulduktan sonra koronaldeki güta perka artıkları ısı pluggeri kullanılarak çıkartıldı.



Fotoğraf 3. 2. Elements Free Obturation Sistem Cihazı



Fotoğraf 3. 3. Buchanan el pluggerları

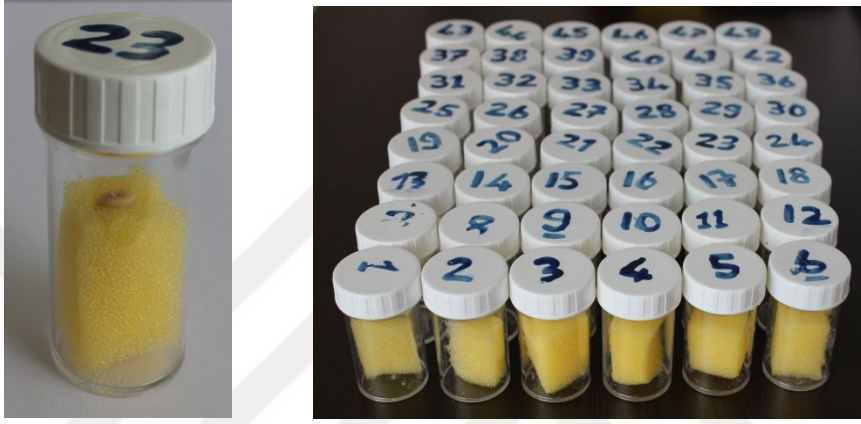
Grup 4: Bu gruptaki örneklerin kök kanal dolguları için termoplastik kor yöntemi (TPK) kullanıldı. Bu amaçla Thermaprep 2 fırın (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) ve ProTaper Next X4 güta kor kullanıldı (Fotoğraf 3.4). Öncelikle X4 güta kor ile uyumlu verifler kanal içerisine yerleştirilip çalışma boyunca ilerleyip ilerlemediği tespit edildi. Homojen olarak karıştırılan kanal patı ProTaper X4 kurutma kağıdı ile kanal duvarlarına sürüldü. Güta korun lastik stopperi çalışma boyuna göre ayarlandı. Thermaprep 2 fırın ProTaper Next X4 güta kor ile uyumlu sıcaklığa getirildi. Güta kor uç kısmından tutularak cihazın obturator tutucu koluna yavaşça ve yere 90°'lik dik açıyla yerleştirildi. Bu sırada referans noktasının değişmemesi için baskı uygulamamaya dikkat edildi. Tutucu kol aşağı doğru bastırılarak güta korun uygun sıcaklığa gelmesi için beklendi. Cihazın led ışığı ısıtma işleminin tamamlandığını gösterdiğinde tutucu kola hafifçe bastırılarak güta korun fırından çıkması sağlandı ve uç kısmından nazikçe tutulan güta kor kanal içine yerleştirilip referans noktasına kadar ilerletildi. 10 saniye kadar güta korun soğuması beklendikten sonra uç kısmından yavaşça sağa sola bükülerek kanal dışında kalan güta kor uzaklaştırıldı.



Fotoğraf 3. 4. Thermaprep 2 fırın ve ProTaper Next X4 güta kor

3.1.4. Örneklerin Muhafaza Edilmesi

Kök kanal dolgusu tamamlanan örnekler bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçümleri ve mikro-BT taramaları yapılana kadar 37°C’de distile suya batırılmış süngerler ile birlikte 30 ml’lik patolojik saklama kapları (Kimyaofisi, İstanbul, Türkiye) içerisinde %100 nemli ortam elde edilerek muhafaza edildi (Fotoğraf 3.5).



Fotoğraf 3. 5. Örneklerin %100 nemli ortamda muhafaza edilmesi

3.2. Kök Kanallarındaki Dolgu Maddesi ve Boşluk Hacminin Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Taranması

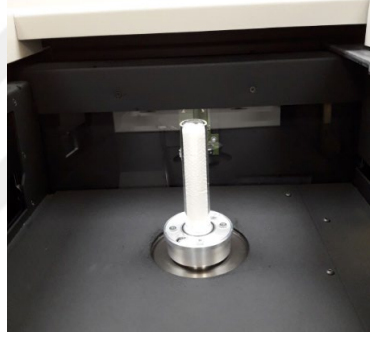
Hazırlanan örneklerin mikro-BT taramaları İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi Micro-CT Laboratuvarı’nda gerçekleştirildi.

Taranacak örneklerin mikro-BT cihazına (SkyScan 1172 compact Micro CT, Kontich, Belçika) (Fotoğraf 3.6) adapte edilebilmesi için, özel olarak örneklerin yerleştirilebileceği tüplere konuldu (Fotoğraf 3.7). Taramalar süresince SkyScan 1172 BT cihazının parametreleri yapılan bazı çalışmalardakilere benzer olarak (233, 234) 11 megapiksel kamera, 85 kV potansiyel fark ve 118 μ A akım olacak şekilde ayarlandı. Yapılan taramaların piksel boyutları 7.93 μ m olarak belirlendi. Taramalar 0.6° dönme açısı ve toplam 360° dikey dönme açısı ile gerçekleştirildi. Örnekler ortalama olarak 70 dakika süreyle tarandı ve bu işlem sonucunda her bir örnekten

501 adet ham görüntü elde edildi. Görüntüler daha sonra değerlendirilmek üzere TIFF formatında kaydedildi.



Fotoğraf 3. 6. SkyScan 1172 mikro-BT cihazı



Fotoğraf 3. 7. Örneklerin mikro-BT cihazına yerleştirilmesi

Mkro-BT taramaları tamamlanan örnekler distile su ile ıslatılmış süngerler ile birlikte patolojik saklama kaplarına geri konularak %100 nemli ortamın devamlılığı sağlandı. Örnekler apikal mikro sızıntının değerlendirilmesi amacıyla tekrar Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'na gönderildi.

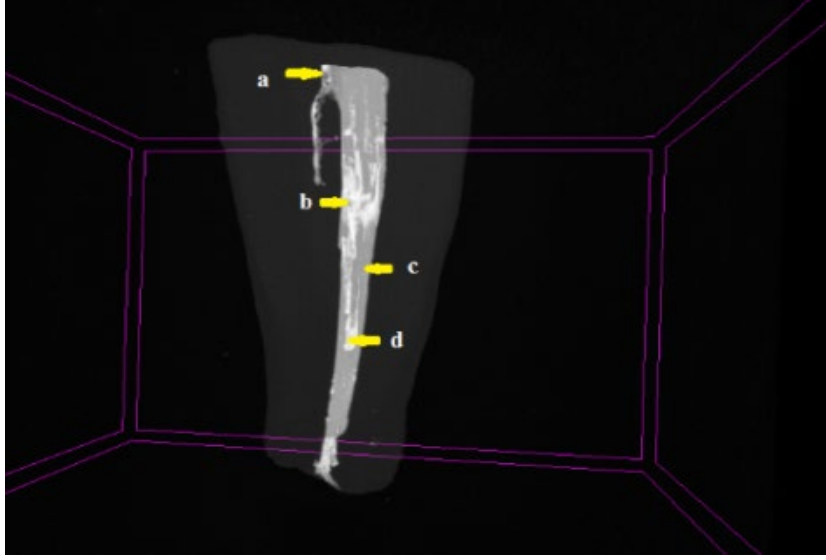
3.3. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Elde Edile Görüntülerin Analizi

Çalışmamızda farklı yöntemlerle kök kanal dolgusu yapılmış her bir örnek 0-4 mm (apikal), 4-8 mm (orta) ve 8-12 mm (koronal) olmak üzere 3 ayrı bölgede incelendi. Bu çalışmada aşağıda yer alan kriterler analiz edildi:

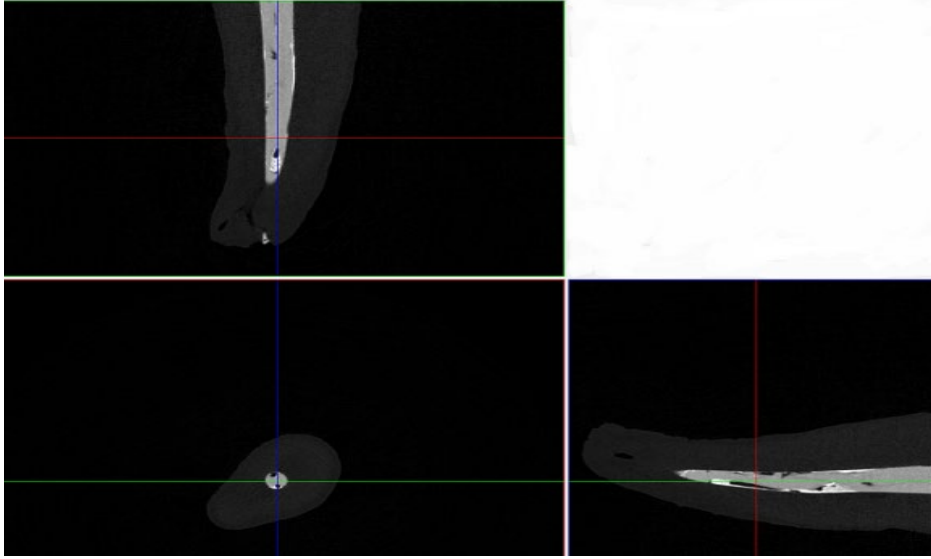
- 1) Kök kanal dolgu hacmi yüzdesi (güta perka ve pat hacminin toplamı),
- 2) Dolgu maddesi içinde dağılmış iç boşlukların hacmi (güta perka ve pat arasında)
- 3) Kanal duvarları boyunca uzanan dış boşluklar (pat ve güta perka arasında)
- 4) Dolgu maddesi içindeki kanal duvarları ile ilişkili kombine boşluklar

TIFF formatında kaydedilen ham görüntülerin değerlendirilmesi ve boşluk hacminin ölçülmesi için NRecon (Bruker SkyScan; Kontich, Belçika) ve CTAn yazılımları kullanıldı. Bunun için üretici firmanın önerileri doğrultusunda *ring artifact correction 5*, *smoothing 2* ve *beam hardening correction* değeri ise %55 olarak ayarlandı. Üretici firmanın tavsiye ettiği kontrast limitleri kullanıldı. Öncelikle görüntüler rekonstrükte edilerek her bir örnekten aksiyel düzlemde 1262 adet iki boyutlu kesit oluşturuldu. Buna ek olarak üç boyutlu hacimsel görüntüleme, analiz ve kök kanal hacminin değerlendirilmesi için CTAn yazılımından yararlanıldı (Fotoğraf 3.8). Kök kanalı içerisindeki boşluklar ince film transistörlü medikal kamera kullanılarak iki boyutlu kesitler üzerinde belirlendi. Değerlendirmelerin standart ve objektif olması için örnekleri ve grupları bilmeyen bir araştırmacı tarafından yapılması sağlandı.

Görüntülerin işlenmesinden sonra orijinal gri skalalı Gaussian alçak geçirgen filtre kullanılarak kanal içerisindeki dolgu ve boşluk hacimleri araştırıldı (Fotoğraf 3.9). Dentini güta perka, pat ve boşluklardan ayırmak için aynı yazılım kullanılarak otomatik segmentasyon prosedürü uygulandı. Daha sonra monokrom görüntülerin elde edilmesi amacıyla gri seviye aralıklarının düzenlenmesini içeren ikilileştirme işlemi yapıldı. Kök kanalı içerisindeki boşluk ve kanal dolgu hacminin hesaplanması için görüntüler üzerinde tüm kanalı içeren bir alan belirlendi. Hesaplamalar kökün apikal, orta ve koronal bölümleri için ayrı ayrı yapıldı.



Fotoğraf 3. 8. Kök kanalı, boşluklar (a,b), güta perka (c) ve kanal patının (d) 3 boyutlu temsili

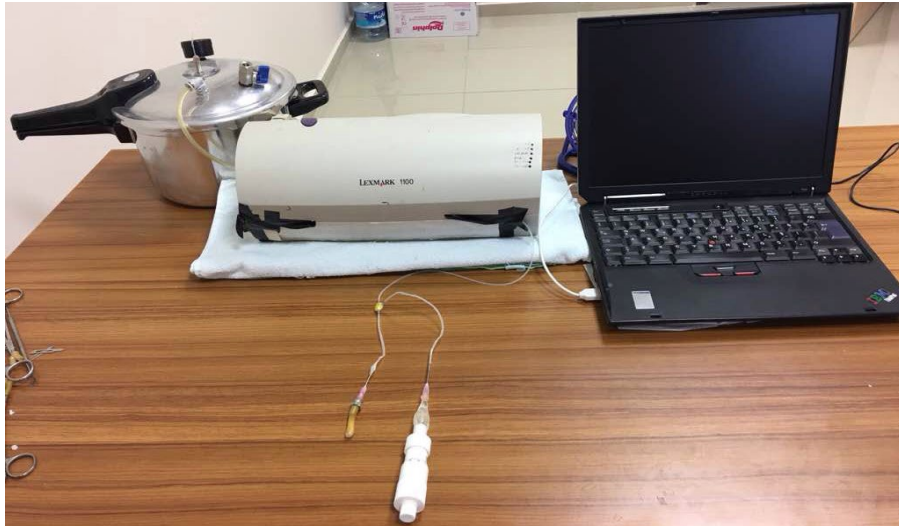


Fotoğraf 3. 9. İki boyutlu kesitlerde kanal dolgu hacmi ve boşlukların görünümü

3.4. Apikal Mikrosızıntının Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Cihazı ile Değerlendirilmesi

Bu çalışmadaki apikal mikro sızıntı ölçümlerinde Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda mevcut olan, 1993 yılında Wu ve arkadaşlarının (235) tarif ettiği sıvı filtrasyon düzeneğinin üzerinde Oruçoğlu ve arkadaşları (236, 21) tarafından değişiklikler yapılarak hazırlanan bilgisayar kontrollü sıvı filtrasyon deney düzeneği kullanıldı (Fotoğraf 3.10).

Mikro-BT taramaları tamamlanan aynı örneklerin apikal sızıntıları bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile değerlendirildi. Sıvı filtrasyon cihazı ile ölçülen apikal sızıntı, diş yüzeyi ile kök kanal dolgu materyali arasından geçen sıvı miktarı olarak kabul edildi. Sıvı filtrasyon düzeneği içerisindeki distile suyun sürekli sabit 180 kPa basınç altında apikal bölgeden geçmesiyle apikal sızıntı oluşumu sağlandı. Sızıntı miktarı, ölçümü yapan kişi tarafından düzenekteki cam pipet içerisinde oluşturulan hava kabarcığının hareketi ile belirlendi. Oluşan hava kabarcığının hareket miktarı ile sıvı filtrasyon hacmi ölçüldü.



Fotoğraf 3. 10. Bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçüm düzeneği

3.4.1. Örneklerin sıvı filtrasyon ölçümleri için hazırlanması

Çalışmada incelenecek örnek dişler öncelikle apikal kısımlarından iç çapı 3 mm, dış çapı 6 mm olan 4 cm uzunluğundaki plastik borulara yerleştirildi (Fotoğraf 3.11). Diş köklerinin koronale yakın olan 2-3 mm'lik kısımları açıkta kalacak şekilde serbest bırakıldı. Plastik boru ile açıkta kalan kökün koronal kısmı arasında sızıntı oluşumunu engellemek amacıyla ilgili bölgeler siyanoakrilat yapıştırıcı (Patex, Henkel, Türkiye) ile sabitlendi.

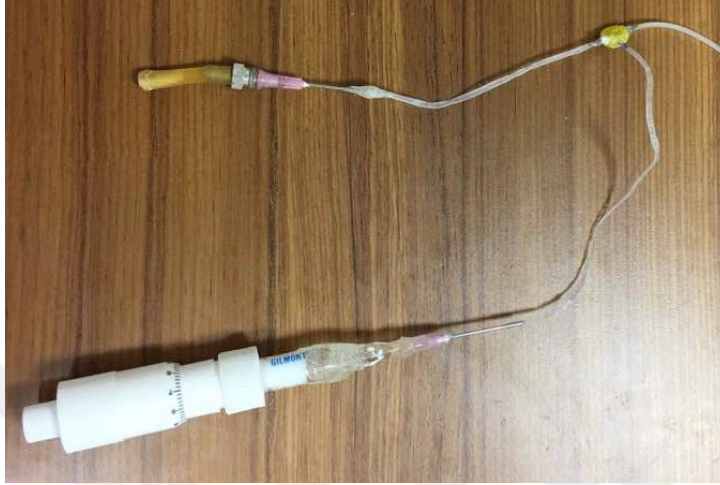


Fotoğraf 3. 11. Örneklerin plastik borulara yerleştirilip sabitlenmesi

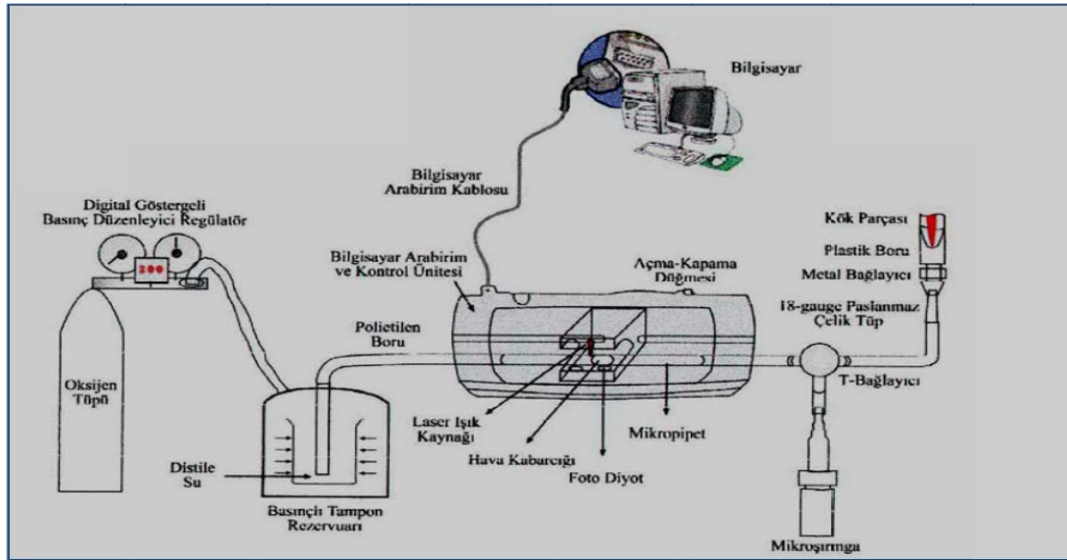
3.4.2 Örneklerin deney düzeneğine bağlanması

Bir ucuna örneğin apikal kısmı yerleştirilen plastik borunun açıkta kalan ucu bir metal bağlayıcı aracılığı ile 18 gauge'luk paslanmaz çelik tüpe bağlandı (Fotoğraf 3.12). Paslanmaz çelik tüp ise bir polietilen boru (Fisher 48 scientific, Pittsburgh, PA) yardımı ile 25 µl'lik cam mikro pipete (Microcaps, Fisher Scientific, Pittsburgh, PA) bağlandı. 25 µl'lik cam mikro pipet ile 18 gauge paslanmaz çelik tüp arasına bir mikro şırınga yerleştirildi. Oksijen tüpü üzerine takılan dijital göstergeli basınç düzenleyici (DP-42 Digital pressure and vacuum sensors Red LED display SUNX Sensors, USA) ile ölçümler sırasında basıncın sürekli olarak sabit kalması sağlandı. Basınç düzenleyici bir polietilen boru ile basınçlı buhar kabına bağlanarak sıvı filtrasyon düzeneği tamamlandı (237) (Fotoğraf 3.13). Mikroşırınga ile yaklaşık 1 mm su geri çekilerek düzenek içindeki plastik ve polietilen boruların, mikroşırınganın ve cam mikropipetin basınçlı buhar kabından gelen distile su ile

dolması sağlandı. Sistemde hava kabarcığı oluşturmak için mikroşırıngadan yararlanıldı. Oluşturulan hava kabarcığı cam mikropipet içinde sabitlendi. Hava kabarcığının sıvının filtrasyonu sonucu oluşan birim zamandaki hareketini ölçmek için bilgisayarın kontrol ettiği lazerli ölçüm sistemi kullanıldı.



Fotoğraf 3. 12. Örneklerin deney düzeneğine bağlanması



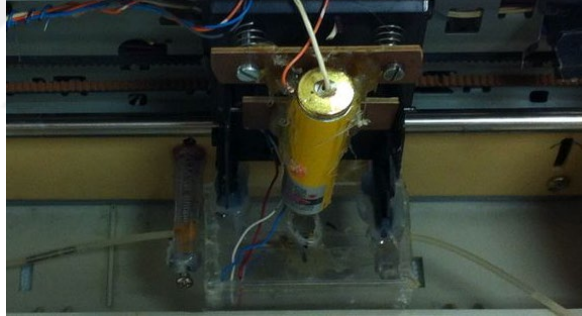
Fotoğraf 3. 13. Bilgisayar destekli sıvı filtrasyon tekniği ile apikal mikrosızıntı ölçüm düzeneğinin şematik görünümü

3.4.3 Bilgisayar kontrollü lazerli ölçüm sistemi

Bilgisayar kontrollü lazerli ölçüm sistemi temel olarak üç bölümden oluşmaktadır:

1) Algılayıcı ünite:

Bir lazer ışık demeti ve iki adet lazer ışık algılayıcısından oluşan algılayıcı ünitenin görevi cam mikropipet içerisindeki hava kabarcığının birim zamandaki hareket miktarını ölçmektir. Algılayıcı ünite kayar bir platform üzerine sabitlenmiş ve sağa sola hareket ederek hava kabarcığının konumunu tespit etmeye yarayan bir ünedir. Cam mikropipet ile paralel olan bu platform mikropipetin uç kısımlarını bir miktar geçecek şekilde sağa ve sola hareket edebilmektedir ve mikropipetin uzunluğu boyunca hava kabarcığının konumunu bulabilmek için tarama yapabilecek şekilde ayarlanmıştır (Fotoğraf 3.14).



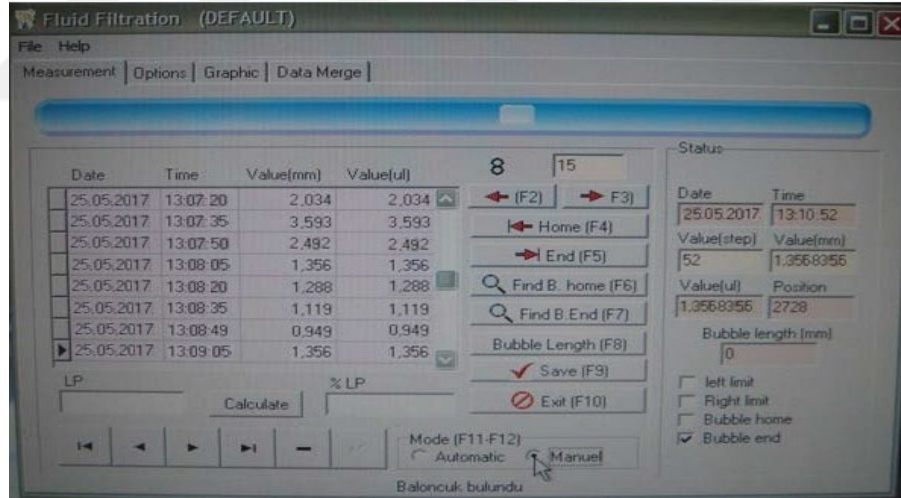
Fotoğraf 3. 14. Algılayıcı ünite

2) Bilgisayar arabirimi ve kontrol ünitesi:

Bilgisayar arabirim devresi sıvı filtrasyon ölçüm düzeneğinde elde edilen verilerin bilgisayara aktarılmasını sağlamaktır. Kontrol ünitesi ise bilgisayara aktarılan bu verileri harekete çevirerek ölçüm düzeneğinden alınan elektriksel bilgileri bilgisayarın algılayabileceği dijital bilgiler haline getirmektedir.

3) Sıvı filtrasyon ölçüm sistemi programı:

Sıvı filtrasyon ölçüm sistemi programı (Sıvı Filtrasyon'03, Konya, Türkiye) bilgisayar kontrollü lazerli ölçüm sistemi için geliştirilmiş windows tabanlı özel bir bilgisayar programıdır. Bu program arabirim aracılığıyla, sıvı filtrasyon düzeneğinden bilgisayara aktarılan sinyalleri işlemekte ve gerekli komutların cihaza aktarılmasını sağlamaktadır. Cam mikropipet içindeki hava kabarcığının konumu kullanıcı tarafından F2 ve F3 tuşlarıyla manuel olarak ya da program tarafından otomatik olarak aranabilmektedir. Algılayıcı ünite hava kabarcığını algıladığında sistem kullanıcı tarafından otomatik moda geçirilerek hava kabarcığının hareketi kaydedilmeye başlanmaktadır. İki ölçüm arası geçen süre ve yapılacak ölçüm sayısı kullanıcı tarafından belirlenir. Program belirlenen zaman aralığında hava kabarcığının hareketini gözlemleyerek kaydetme tarihi, saati, hareket miktarı, μ l değeri gibi bilgileri otomatik olarak bilgisayar ortamına geçirerek kaydeder (Fotoğraf 3.15).



Fotoğraf 3. 15. Sıvı Filtrasyon'03 Programı ara yüzü

3.4.4. Sıvı filtrasyon ölçümlerinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi

Bu çalışmada her bir örnek için 15 saniye aralıklarla toplamda 8 adet sıvı hareketi ölçümü yapılarak cam mikropipet içerisindeki hava kabarcığının hareket

miktarı hesaplandı. Sistemden geçen sıvı miktarının hesaplanması için aşağıda belirtilen Pashley (238) formülü kullanıldı (Tablo 3.2).

$$\text{Sıvı filtrasyon miktarı} = \frac{\text{Sıvı akış miktarı} \times \text{mikrolitre çarpanı}}{\text{Su basıncı} \times \text{dentin yüzey alanı} \times \text{zaman}}$$

Tablo 3. 2. Sıvı filtrasyon deneyinde kullanılan formülün açılımı

Kullanılan Değer	Birimi
Sıvı filtrasyon miktarı	mm/ (dak x cmH ₂ O x cm ²)
Dakikadaki hareket miktarı	mm
25 µl'lik cam çarpanı borunun	0.38
Su basınç değeri	1835 cmH ₂ O
Dentin yüzey alanı	1 cm ²
Zaman	1 dk

Her bir örnek için elde edilen verilerin ortalaması alınarak hava kabarcığının dakikadaki hareket miktarı mm/dk cinsinden hesaplandı. Elde edilen değer cam mikropipetin çapı olan 0.38 sabit değeri ile çarpılarak µl'ye çevrildi. Daha sonra su basıncı değerine (1835 cmH₂O) ve dentin yüzey alanı değerine (1cm²) bölünerek sıvı filtrasyon miktarı bulundu.

3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışmadaki tüm istatistiksel değerlendirmeler bilgisayar ortamında IBM SPSS STATISTICS paket programında (SPSS Inc, Chicago, USA) gerçekleştirildi. Öncelikle Shapiro-Wilk-W testi ile verilerin dağılımının homojen olduğu belirlendi. Mikro-BT ölçümü sonuçları çok yönlü varyans analizi, sıvı filtrasyon ölçümü sonuçları ise tek yönlü varyans analizi aracılığıyla sorgulandı.

Her iki varyans analizi testinden çıkan değerlerin çoklu karşılaştırması ise grupların örnek sayılarının eşit olması nedeniyle Bonferroni testi kullanılarak yapıldı.

Son olarak örneklerin mikro-BT ölçümlerinde hesaplanan toplam boşluk miktarları (internal, eksternal ve kombine boşluklar) ile sıvı filtrasyon ölçümleri ile elde edilen sızıntı miktarları arasındaki ilişki Pearson korelasyon analizi ile istatistiksel olarak hesaplandı. Tüm analizler % 5 hata payı ile değerlendirildi.



4. BULGULAR

Bu çalışmada lateral kondansasyon, sıcak lateral kondansasyon, devamlı ısı ile obturasyon ve termoplastik kor yöntemi ile yapılan kök kanal dolgularının kalitesinin değerlendirilmesi için kök kanalları şekillendirilip doldurulduktan sonra;

1) Mikro-bilgisayarlı tomografi taramaları ile,

- ✓ Dolgu yüzdesi hacmi (percentage of root filling volume)
- ✓ İnternal boşluk (internal gaps)
- ✓ Eksternal boşluk (external gaps)
- ✓ Kombine boşluk (combine gaps)

2) Bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçümleri ile,

- ✓ Apikal mikro sızıntı değerleri hesaplandı.

3) Mikro-bilgisayarlı tomografi analizinde hesaplanan her bir örneğin toplam boşluk miktarı ile sızıntı değerleri arasındaki korelasyon istatistiksel olarak değerlendirildi.

4.1. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Taramalarına Ait Bulgular

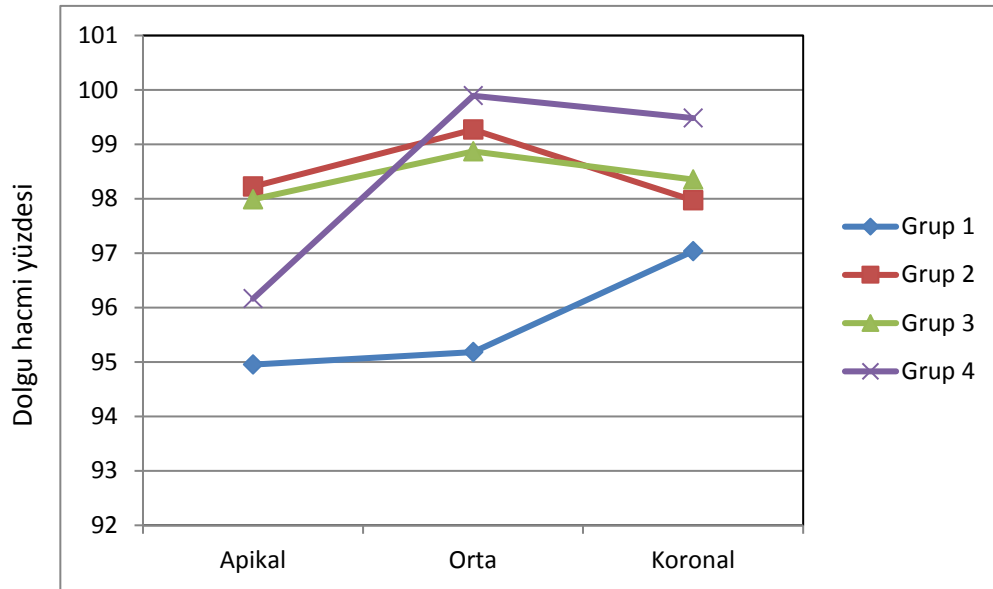
Mikro-BT taramaları sonucu elde edilen veriler SPSS programında çift yönlü varyans analizi ile değerlendirildi. Örnekler apikal (0-4 mm), orta (4-8 mm) ve koronal (8-12 mm) bölgelerde kanal içerisindeki dolgu hacmi yüzdeleri, internal boşluk, eksternal boşluk ve kombine boşluklar açısından istatistiksel olarak değerlendirildi.

4.1.1. Dolgu hacmi yüzdesi

Test edilen grupların apikal, orta ve koronal bölgelerindeki dolgu hacmi miktarları yüzde cinsinden hesaplandı. Dört farklı kanal dolgu yönteminin (KDT) farklı bölgelerdeki dolgu hacmi yüzdelerinin ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini içeren betimleyici istatistikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 4.1’de gösterildi. Grupların farklı bölgelerdeki dolgu hacmi yüzdeleri Grafik 4.1.’de verildi.

Tablo 4. 1. Betimleyici istatistik verileri (Dolgu hacmi yüzdeleri)

Bölgeler	Dolgu yöntemleri	n	Ortalama (Dolgu hacmi %)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum
Apikal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	94,953	3,77885	88,57782	99,88872
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	98,221	2,71682	90,54797	99,88833
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	97,989	3,17871	88,71211	99,94228
	Termoplastik kor yöntemi	12	96,163	3,04469	89,04488	99,35769
	Toplam	48	96,831	3,38439	88,57782	99,94228
Orta (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	95,180	2,36088	91,79906	99,07551
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	99,270	0,91532	96,88154	99,98471
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	98,870	1,44129	95,89332	99,92408
	Termoplastik kor yöntemi	12	99,893	0,15781	99,55613	99,99060
	Toplam	48	98,303	2,33403	91,79906	99,99060
Koronal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	97,038	1,86936	94,77237	99,72179
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	97,972	1,91560	93,62418	99,77829
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	98,350	2,42775	92,82054	99,87587
	Termoplastik kor yöntemi	12	99,480	1,32634	95,30031	99,99338
	Toplam	48	98,210	2,06140	92,82054	99,99338
Tüm bölgeler (12 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	36	95,723	2,86974	88,57782	99,88872
	Ultrasonik lateral kondansasyon	36	98,487	2,01515	90,54797	99,98471
	Devamlı ısı ile obturasyon	36	98,403	2,41149	88,71211	99,94228
	Termoplastik kor yöntemi	36	98,511	2,51809	89,04488	99,99338
	Toplam	144	97,781	2,72171	88,57782	99,99338



Grafik 4. 1. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki dolgu hacmi yüzdeleri

Gruplar arasında dolgu hacmi yüzdesi açısından farklılığı tespit edebilmek amacıyla Bonferroni test uygulandı. Bonferroni test ile yapılan çoklu karşılaştırmalarda soğuk lateral kondansasyon grubunun (Grup 1) dolgu hacmi yüzdesinin (95,723) ultrasonik lateral kondansasyon (Grup 2) (98,487), devamlı ısı ile obturasyon (Grup 3) (98,403) ve termoplastik kor yöntemi (Grup 4) (98,511) gruplarından istatistiksel olarak daha az olduğu görüldü. Grup 2, 3 ve 4 arasında ise istatistiksel olarak anlamlı herhangi bir fark bulunamadı (Tablo 4.2.).

Tablo 4. 2. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının dolgu hacmi yüzdesi bakımından çoklu karşılaştırması

Grup		Fark ortalaması	Std. hata	P	%95 güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Grup 1	Grup 2	-2,7635*	0,54587	0,0001	-4,22257	-1,3014
	Grup 3	-2,6794*	0,54587	0,0001	-4,1416	-1,2172
	Grup 4	-2,7878*	0,54587	0,0001	-4,2500	-1,3256
Grup 2	Grup 1	2,7635*	0,54587	0,0001	1,3014	4,2257
	Grup 3	0,0841	0,54587	1,000	-1,3780	1,5463
	Grup 4	-0,0243	0,54587	1,000	-1,4865	1,4379
Grup 3	Grup 1	2,6794*	0,54587	0,0001	1,2172	4,1416
	Grup 2	-0,0841	0,54587	1,000	-1,5463	1,3780
	Grup 4	-0,1084	0,54587	1,000	-1,5706	1,3538
Grup 4	Grup 1	2,7878*	0,54587	0,0001	1,3256	4,2500
	Grup 2	0,0243	0,54587	1,000	-1,4379	1,4865
	Grup 3	0,1084	0,54587	1,000	-1,3538	1,5706

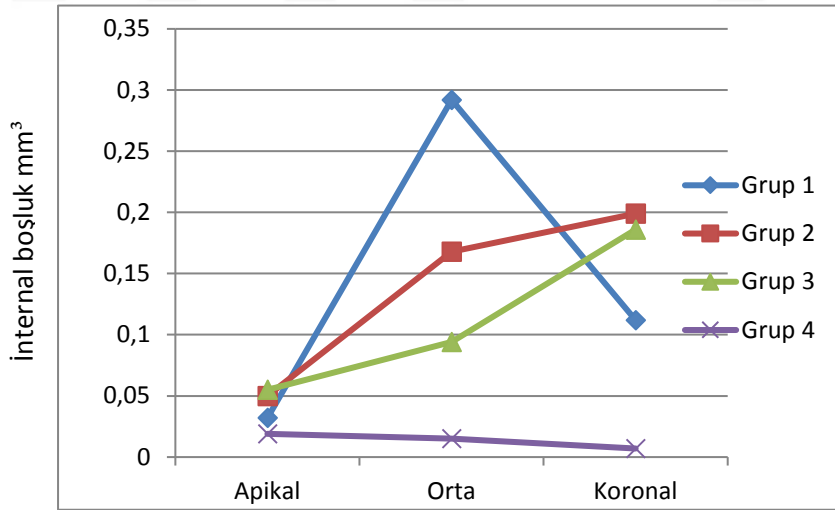
* Farklar ortalaması 0,05 seviyesinde olduğunda anlamlı sonuç bulunmuştur.

4.1.2. İnternal boşluk

Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki internal boşluk miktarları mm³ cinsinden ölçüldü. Dört farklı kanal dolgu yönteminin farklı bölgelerdeki internal boşluk miktarlarının ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini içeren betimleyici istatistikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 4.3.'te gösterilmiştir. Kanal dolgu yöntemlerinin farklı bölgelerdeki internal boşluk miktarları grafiksel olarak belirtilmiştir (Grafik 4.2.)

Tablo 4. 3. Betimleyici istatistik verileri (İnternal boşluk mm³)

Bölgeler	Dolgu yöntemleri	n	Ortalama (İnternal Boşluk)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum
Apikal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	0,0317	0,04474	0,00006	0,11562
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,0502	0,06460	0,00501	0,18731
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	0,0547	0,10198	0,00689	0,35287
	Termoplastik kor yöntemi	12	0,0191	0,02646	0,00078	0,07937
	Toplam	48	0,03819	0,06521	0,00006	0,35287
Orta (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	0,2917	0,82097	0,00276	2,88038
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,1679	0,24062	0,00118	0,76126
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	0,0940	0,06676	0,03761	0,27874
	Termoplastik kor yöntemi	12	0,0150	0,02045	0,00185	0,06791
	Toplam	48	0,1421	0,42782	0,00118	2,88038
Koronal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	0,1125	0,09856	0,00006	0,29831
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,1991	0,25084	0,00957	0,89663
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	0,1862	0,20697	0,00965	0,64632
	Termoplastik kor yöntemi	12	0,0066	0,00414	0,00251	0,01517
	Toplam	48	0,1261	0,18166	0,00006	0,89663
Tüm bölgeler (12 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	36	0,1453	0,47712	0,00006	2,88038
	Ultrasonik lateral kondansasyon	36	0,1391	0,20860	0,00118	0,89663
	Devamlı ısı ile obturasyon	36	0,1116	0,14579	0,00689	0,64632
	Termoplastik kor yöntemi	36	0,0136	0,01961	0,00078	0,07937
	Toplam	144	0,1024	0,27290	0,00006	2,88038



Grafik 4. 2. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki internal boşluk miktarları

Gruplar arasında internal boşluk miktarı açısından farklılığı tespit edebilmek amacıyla Bonferroni test uygulandı. Bonferroni test ile yapılan çoklu karşılaştırmalarda internal boşluk miktarı bakımından gruplar arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunamadı ($p>0,05$) (Tablo 4.4.).

Tablo 4. 4. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının internal boşluk miktarı (mm³) bakımından çoklu karşılaştırması

Grup		Fark ortalaması	Std. hata	P	%95 güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Grup 1	Grup 2	0,0062	0,06345	1,000	-0,1637	0,1762
	Grup 3	0,0037	0,06345	1,000	-0,1363	0,2036
	Grup 4	0,1317	0,06345	0,239	-0,0382	0,3017
Grup 2	Grup 1	-0,0062	0,06345	1,000	-0,1762	0,1637
	Grup 3	0,0274	0,06345	1,000	-0,1425	0,1974
	Grup 4	0,1255	0,06345	0,300	-0,0444	0,2955
Grup 3	Grup 1	-0,0337	0,06345	1,000	-0,2036	0,1363
	Grup 2	-0,0274	0,06345	1,000	-0,1974	0,1425
	Grup 4	0,0981	0,06345	0,748	-0,0719	0,2680
Grup 4	Grup 1	-0,1317	0,06345	0,239	-0,3017	0,0382
	Grup 2	-0,1255	0,06345	0,300	-0,2955	0,0444
	Grup 3	-0,0981	0,06345	0,748	-0,2680	0,0719

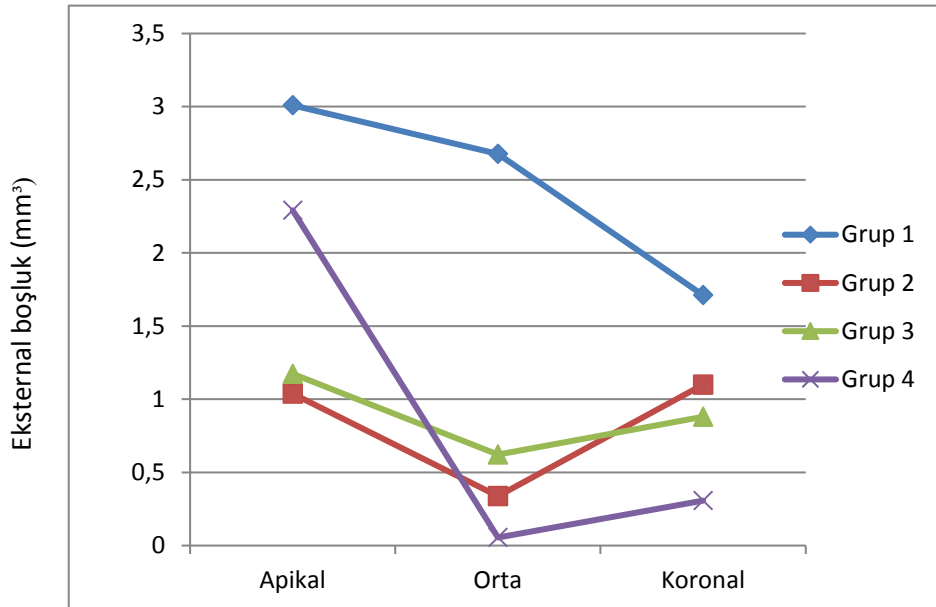
* Farklar ortalaması 0,05 seviyesinde olduğunda anlamlı sonuç bulunmuştur.

4.1.3. Eksternal boşluk

Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki eksternal boşluk miktarları mm³ cinsinden ölçüldü. Dört farklı kanal dolgu yönteminin farklı bölgelerdeki eksternal boşluk miktarlarının ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini içeren betimleyici istatistikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 4.5.'te gösterilmiştir. Grupların farklı bölgelerindeki eksternal boşluk miktarları grafiksel olarak belirtilmiştir (Grafik 4.3.).

Tablo 4. 5. Betimleyici istatistik verileri (eksternal boşluk mm³)

Bölgeler	Dolgu yöntemleri	n	Ortalama	Std. Sap.	Minimum	Maksimum
(Eksternal Boşluk)						
Apikal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	3,0095	2,28361	0,022452	6,853308
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	1,0380	1,62603	0,064002	5,671218
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	1,1737	1,92326	0,023550	6,772734
	Termoplastik kor yöntemi	12	2,2912	1,82941	0,361620	6,570540
	Toplam	48	1,8781	2,04097	0,022452	6,853308
Orta (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	2,6768	1,53641	0,005832	4,913406
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,3381	0,50817	0,002022	1,771932
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	0,6224	0,84492	0,008928	2,410296
	Termoplastik kor yöntemi	12	0,0554	0,08578	0,004530	0,245418
	Toplam	48	0,9232	1,36734	0,002022	4,913406
Koronal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	1,7109	1,14971	0,054906	3,084828
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	1,0997	1,14550	0,104586	2,514708
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	0,8814	1,37705	0,023088	3,945384
	Termoplastik kor yöntemi	12	0,3083	0,79661	0,003972	2,818374
	Toplam	48	1,0001	1,21083	0,003972	3,945384
Tüm bölgeler (12 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	36	2,4657	1,76303	0,005832	6,853308
	Ultrasonik lateral kondansasyon	36	0,8253	1,20301	0,002022	5,671218
	Devamlı ısı ile obturasyon	36	0,8925	1,42655	0,008928	6,772734
	Termoplastik kor yöntemi	36	0,8850	1,51047	0,003972	6,570540
	Toplam	144	1,2671	1,62923	0,002022	6,853308



Grafik 4. 3. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki eksternal boşluk miktarları (mm³)

Gruplar arasında eksternal boşluk miktarı açısından farklılığı tespit edebilmek amacıyla Bonferroni test uygulandı. Bonferroni test ile yapılan çoklu karşılaştırmalarda Grup 1'in eksternal boşluk miktarının (2,4657) diğer gruplardan istatistiksel olarak daha fazla olduğu tespit edildi. Grup 2 (0,8253), Grup 3 (0,8925) ve Grup 4 (0,8850) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark izlenmedi (Tablo 4.6.).

Tablo 4. 6. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının eksternal boşluk miktarı (mm³) bakımından çoklu karşılaştırması

Grup		Fark ortalaması	Std. hata	P	%95 güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Grup 1	Grup 2	1,6405*	0,32921	0,0001	0,7586	2,5223
	Grup 3	1,5732*	0,32921	0,0001	0,6914	2,4550
	Grup 4	1,5808*	0,32921	0,0001	0,6989	2,4626
Grup 2	Grup 1	-1,6405*	0,32921	0,0001	-2,5223	-0,7586
	Grup 3	-0,0672	0,32921	1,000	-0,9491	0,8146
	Grup 4	-0,0597	0,32921	1,000	-0,9415	0,8221
Grup 3	Grup 1	-1,5732*	0,32921	0,0001	-2,4550	-0,6914
	Grup 2	0,0672	0,32921	1,000	-0,8146	0,9491
	Grup 4	0,0075	0,32921	1,000	-0,8743	0,8894
Grup 4	Grup 1	-1,5808*	0,32921	0,0001	-2,4626	-0,6989
	Grup 2	0,0597	0,32921	1,000	-0,8221	0,9415
	Grup 3	-0,0075	0,32921	1,000	-0,8894	0,8743

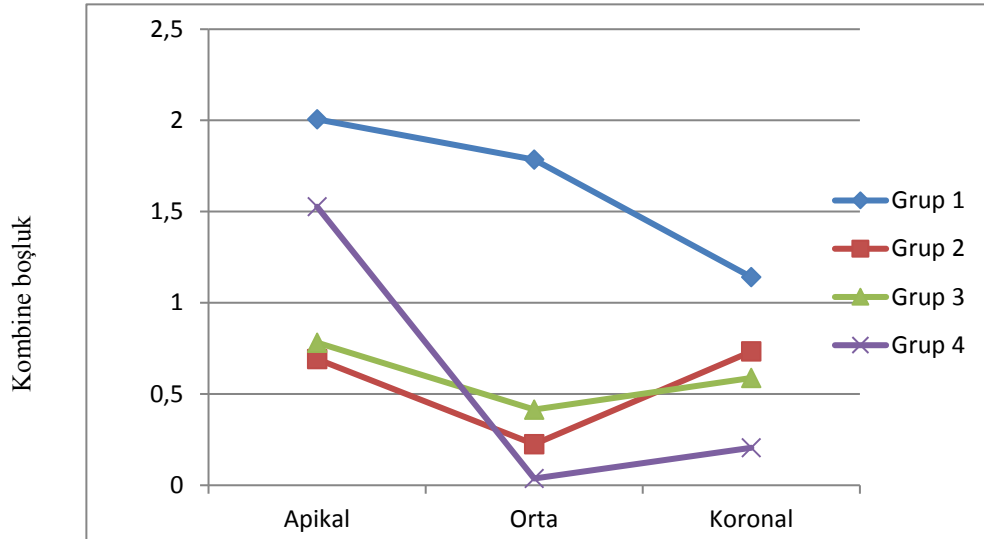
* Farklar ortalaması 0,05 seviyesinde olduğunda anlamlı sonuç bulunmuştur.

4.1.4. Kombine boşluk

Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki kombine boşluk miktarları mm³ cinsinden ölçüldü. Dört farklı kanal dolgu yönteminin farklı bölgelerdeki kombine boşluk miktarlarının ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini içeren betimleyici istatistikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 4.7.'de gösterilmiştir. Grupların farklı bölgelerindeki kombine boşluk miktarları grafiksel olarak belirtilmiştir (Grafik 4.4.).

Tablo 4. 7. Betimleyici istatistik verileri (kombine boşluk mm³)

Bölgeler	Dolgu yöntemleri	n	Ortalama (Kombine Boşluk)	Std. Sap.	Minimum	Maksimum
Apikal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	2,0063	1,52240	0,014968	4,568872
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,6920	1,08402	0,042668	3,780812
	Devamlı ısı ile obtürasyon	12	0,7825	1,28218	0,015700	4,515156
	Termoplastik kor yöntemi	12	1,5274	1,21961	0,241080	4,380360
	Toplam	48	1,2521	1,36065	0,014968	4,568872
Orta (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	1,7845	1,02428	0,003888	3,275604
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,2254	0,33878	0,001348	1,181288
	Devamlı ısı ile obtürasyon	12	0,4149	0,56328	0,005952	1,606864
	Termoplastik kor yöntemi	12	0,0369	0,05719	0,003020	0,163612
	Toplam	48	0,6154	0,91156	0,001348	3,275604
Koronal (4 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	12	1,1406	0,76647	0,036604	2,056552
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,7331	0,76366	0,069724	2,514708
	Devamlı ısı ile obtürasyon	12	0,5876	0,91804	0,015392	2,630256
	Termoplastik kor yöntemi	12	0,2055	0,53108	0,002648	1,878916
	Toplam	48	0,6667	0,80722	0,002648	2,630256
Tüm bölgeler (12 mm)	Soğuk lateral kondansasyon	36	1,6438	1,17536	0,003888	4,568872
	Ultrasonik lateral kondansasyon	36	0,5502	0,80201	0,001348	3,780812
	Devamlı ısı ile obtürasyon	36	0,5950	0,95103	0,005952	4,515156
	Termoplastik kor yöntemi	36	0,5900	1,00698	0,002648	4,380360
	Toplam	144	0,8447	1,08616	0,001348	4,568872



Grafik 4. 4. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki kombine boşluk miktarları (mm³)

Gruplar arasında kombine boşluk açısından farklılığı tespit edebilmek amacıyla Bonferroni test uygulandı. Bonferroni test ile yapılan çoklu karşılaştırmalarda göre soğuk lateral kondansasyon grubunun kombine boşluk miktarı (1,6438), ultrasonik lateral kondansasyon (0,5502), devamlı ısı ile obturasyon (0,5950) ve termoplastik kor yöntemi (0,5900) gruplarından istatistiksel olarak daha fazla bulundu. Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi (Tablo 4.8.).

Tablo 4. 8. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının kombine boşluk miktarları (mm³) bakımından çoklu karşılaştırması

Grup		Fark ortalaması	Std. hata	P	%95 güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Grup 1	Grup 2	1,0936*	0,21947	0,0001	0,5058	1,6815
	Grup 3	1,0488*	0,21947	0,0001	0,4609	1,6367
	Grup 4	1,0538*	0,21947	0,0001	0,4660	1,6417
Grup 2	Grup 1	-1,0936*	0,21947	0,0001	-1,6815	-0,5058
	Grup 3	-0,0448	0,21947	1,000	-0,6327	0,5430
	Grup 4	-0,0398	0,21947	1,000	-0,6277	0,5481
Grup 3	Grup 1	-1,0488*	0,21947	0,0001	-1,6367	-0,4609
	Grup 2	0,0448	0,21947	1,000	-0,5430	0,6327
	Grup 4	0,0050	0,21947	1,000	-0,5829	0,5929
Grup 4	Grup 1	-1,0538*	0,21947	0,0001	-1,6417	-0,4660
	Grup 2	0,0398	0,21947	1,000	-0,5481	0,6277
	Grup 3	-0,0050	0,21947	1,000	-0,5929	0,5829

* Farklar ortalaması 0,05 seviyesinde olduğunda anlamlı sonuç bulunmuştur.

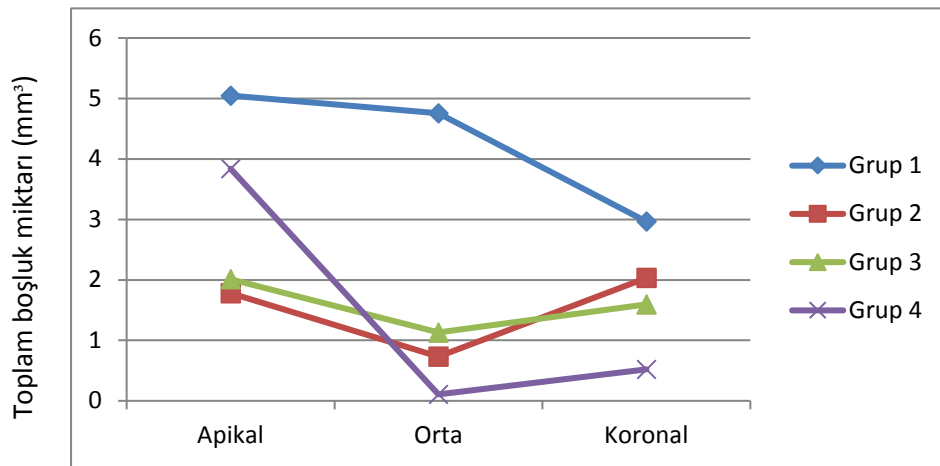
4.1.5. Grup içi toplam boşluk ve kanal dolgusu miktarları

Herbir grubun apikal, orta ve koronal bölgelerindeki toplam boşluk miktarları ve dolgu hacmi yüzdeleri istatistiksel olarak değerlendirildi. Bonferroni test ile yapılan çoklu karşılaştırmalarda Grup 1'in apikal (5,0478), orta (4,7529) ve koronal (2,9639) bölgelerindeki toplam boşluk miktarları bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Aynı şekilde apikal (94,9531), orta (95,1802) ve koronal (97,0384) bölgelerindeki dolgu hacmi yüzdeleri arasında istatistiksel açıdan bir fark görülmedi ($p>0,05$). Bununla birlikte apikalden koronale doğru sayısal olarak toplam boşluk miktarının azaldığı ve dolgu hacminin arttığı izlendi.

Bonferroni teste göre Grup 2'nin apikal (1,7802), orta (0,7314) ve koronal (2,0319) bölgelerindeki toplam boşluk miktarları bakımından istatistiksel bir fark tespit edilmedi. Aynı şekilde farklı bölgelerdeki dolgu hacmi yüzdeleri (apikal: 98,2209, orta: 99,2699 ve koronal: 97,9716) arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0,05$).

Grup 3'ün bölgesel olarak Bonferroni ile yapılan çoklu karşılaştırmalarında apikal (2,0109), orta (1,1313) ve koronal (1,5939) bölgeleri arasındaki toplam boşluk miktarları istatistiksel olarak farklı bulunmadı. Benzer şekilde bu bölgelerdeki dolgu hacmi bakımından da (apikal: 97,9894, orta: 98,8701 ve koronal: 98,3505) bir fark tespit edilmedi ($p>0,05$).

Bonferroni teste göre Grup 4'ün apikal bölgedeki toplam boşluk miktarı (3,8377), orta (0,1073) ve koronal (0,5204) bölgelerden istatistiksel olarak daha fazla bulunurken ($p<0,05$), orta ve koronal bölgeler arasında anlamlı bir fark görülmedi. Dolgu hacmi yüzdesi bakımından değerlendirildiğinde ise en az dolgu miktarı apikal bölgede (96,1629) izlenirken ($p<0,05$), orta (99,8927) ve koronal (99,4796) bölgeler istatistiksel olarak farklı bulunmadı ($p>0,05$) Grupların yukarıda bahsedilen farklı bölgelerindeki toplam boşluk miktarları Grafik 4.5.'te gösterilmiştir.



Grafik 4. 5. Kanal dolgu yöntemi gruplarının farklı bölgelerdeki toplam boşluk miktarları (mm³)

4.1.6. Farklı bölgelerdeki toplam boşluk miktarı ve dolgu hacmi yüzdelерinin kanal dolgu yöntemi grupları arasında değерlendirilmesi

Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki toplam boşluk miktarları ve dolgu hacmi yüzdeleri gruplar arasında istatistiksel olarak değерlendirildi. Bonferroni test uygulanarak yapılan çoklu karşılaştırmalar sonucunda apikal bölgede toplam boşluk miktarı bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı (Grup 1: 5,0478, Grup 2: 1,7802, Grup 3: 2,0109, Grup 4: 3,8377) ($p>0,05$). Benzer şekilde dolgu hacmi yüzdeleri bakımından da gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı görölmedi (Grup 1: 94,9531, Grup 2: 98,2209, Grup 3: 97,9894, Grup 4: 96,1629) ($p>0,05$).

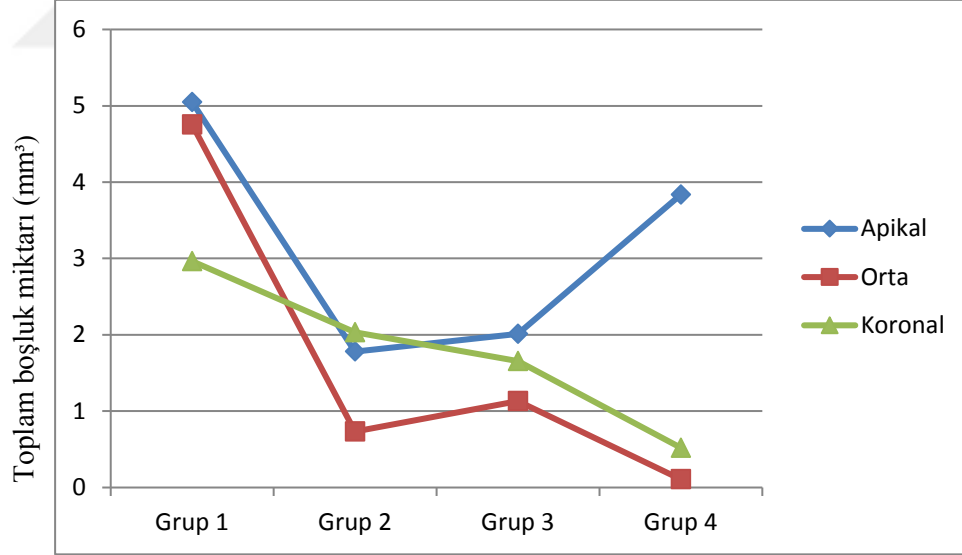
Orta bölgede Grup 1'in toplam boşluk miktarı (4,7529), Grup 2 (0,7314), Grup 3 (1,1313) ve Grup 4'ten (0,1073) istatistiksel olarak fazla bulunurken ($p<0,05$) diğer gruplar arasında anlamlı fark görölmedi ($p>0,05$). Benzer şekilde Grup 1'in orta bölgedeki dolgu hacmi yüzdesi (95,1802), Grup 2 (99,2699), Grup 3 (98,8701) ve Grup 4' ten (99,8927) istatistiksel olarak anlamlı şekilde az bulunurken ($p<0,05$) diğer gruplar arasındaki fark anlamlı görölmedi ($p>0,05$).

Koronal bölgede toplam boşluk miktarı bakımından Grup 1 (2,9639) ve Grup 4 (0,5204) arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$). Diğer gruplar arasındaki farklar (Grup 2: 2,0319, Grup 3: 1,6552) anlamlı görölmedi ($p>0,05$). Dolgu hacmi yüzdesi bakımından yapılan çoklu karşılaştırmada ise toplam boşluk miktarında olduğu gibi Grup 1 (97,0384) ve Grup 4 (99,4796) arasında anlamlı fark tespit edilirken ($p<0,05$) diğer gruplar arasındaki farklar (Grup 2: 97,9716, Grup 3: 98,3505) anlamlı bulunmadı ($p>0,05$).

Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki toplam boşluk miktarlarının gruplar arası karşılaştırılması Tablo 4.9.'da, grafiksel görünümü ise Grafik 4.6.'da gösterilmiştir.

Tablo 4. 9. Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki toplam boşluk miktarlarının gruplar arası karşılaştırılması

Bölgeler	Kanal dolgu teknikleri	n	Ortalama	Std. Sap.	P	İkili karşılaştırma
Apikal	Soğuk lateral kondansasyon	12	5,0478	3,77885	P>0,05	—
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	1,7802	2,71682		
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	2,0109	3,17871		
	Termoplastik kor tekniği	12	3,8377	3,04469		
Orta	Soğuk lateral kondansasyon	12	4,7529	2,51088	P<0,05	1-2
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,7314	0,91565		1-3
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	1,1313	1,44312		1-4
	Termoplastik kor tekniği	12	0,1073	0,15788		
Koronal	Soğuk lateral kondansasyon	12	2,9639	1,87072	P<0,05	1-4
	Ultrasonik lateral kondansasyon	12	2,0319	1,91841		
	Devamlı ısı ile obturasyon	12	1,6552	2,43856		
	Termoplastik kor tekniği	12	0,5204	1,32639		
Toplam		36	2,0456	2,53675		



Grafik 4. 6. Apikal, orta ve koronal bölgelerdeki toplam boşluk miktarlarının kanal dolgu yöntemi gruplarına göre değerlendirilmesi

4.2. Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Ölçümlerine Ait Bulgular

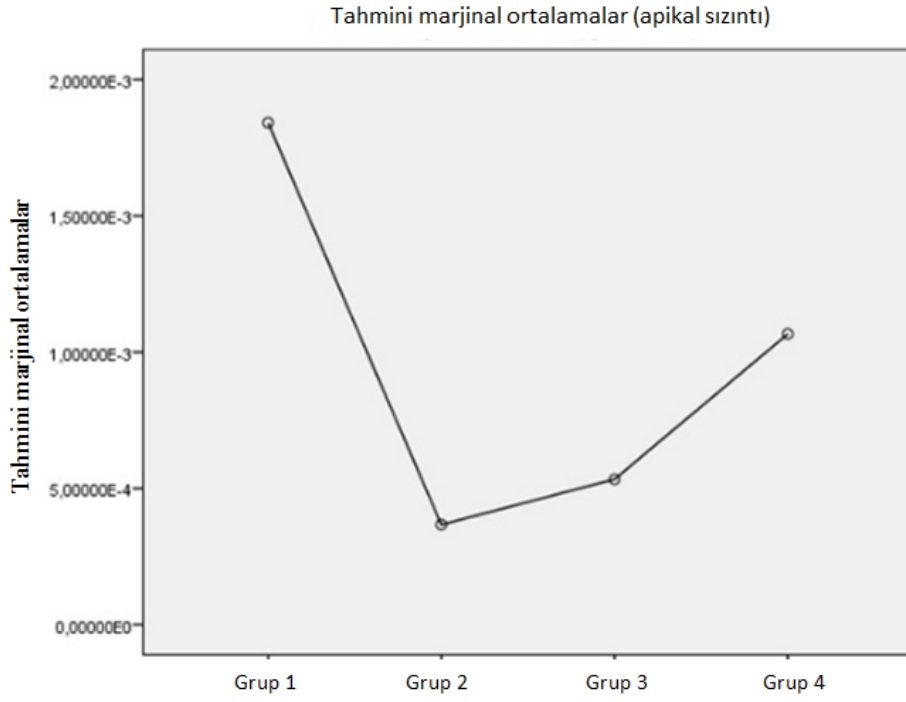
Bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçümleri sonucu elde edilen veriler SPSS programında tek yönlü varyans analizi ile değerlendirildi. Lateral kondansasyon, sıcak lateral kondansasyon, devamlı ısı ile obturasyon ve termoplastik kor yöntemleri ile kanal dolguları yapılan diş köklerindeki apikal sızıntı miktarlarının ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerini içeren betimleyici istatistikleri ve gruplar arasındaki karşılaştırma sonuçları Tablo 4.10.'da gösterilmiştir. Gruplar arası etki test edildiğinde kanal dolgu yöntemlerinin apikal sızıntı miktarı üzerine temel etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0,05$) (Tablo 4.11.). (Grafik 4.7.).

Tablo 4. 10. Betimleyici istatistik verileri (apikal sızıntı)

Kanal Dolgu teknikleri	n	Ortalama	Std. Sap.	Minimum	Maksimum
Soğuk lateral kondansasyon	12	0,0018487	0,00028749	0,0014	0,0022
Ultrasonik lateral kondansasyon	12	0,0003667	0,00020151	0,0001	0,0007
Devamlı ısı ile obturasyon	12	0,0005333	0,00011547	0,0002	0,0006
Termoplastik kor tekniği	12	0,0010667	0,00014975	0,0008	0,0012

Tablo 4. 11. Gruplar arası etki bakımından istatistiksel karşılaştırma sonuçları

	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P	Parsiyel Eta Kare
KDT	1,587E-5	5,290E-6	133,074	0,0001	0,901



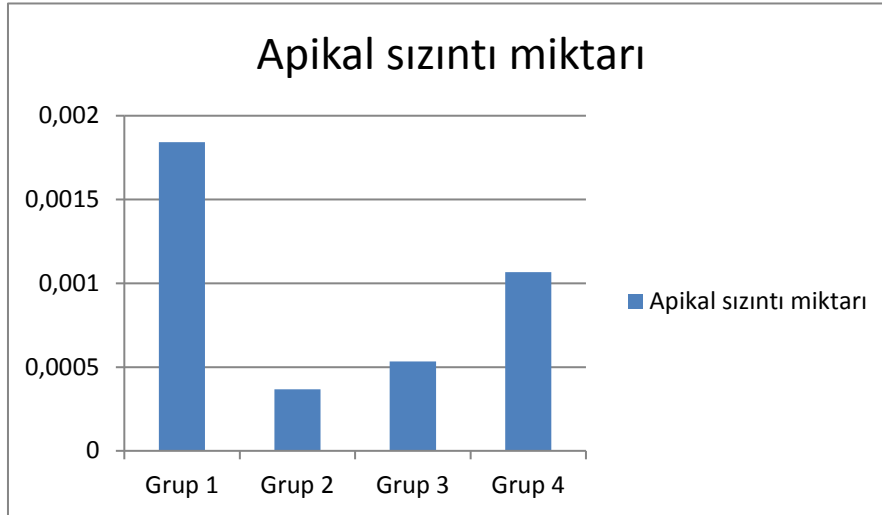
Grafik 4. 7. Kanal dolgu yöntemlerinin apikal sızıntı miktarı üzerine temel etkileri

Apikal sızıntı miktarı açısından gruplar arasındaki farklılığı tespit edebilmek için Bonferroni test uygulandı. Bonferroni test ile yapılan çoklu karşılaştırmalarda en fazla apikal sızıntı soğuk lateral kondansasyon grubunda görüldü (0,0018487). Ultrasonik lateral kondansasyon (0,0003667) ve devamlı ısı ile obturasyon yöntemi gruplarında (0,0005333) ise en az apikal sızıntı göstermişlerdir. Her iki grup arasında apikal sızıntı miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık ise bulunamadı (Tablo 4.12.). Kanal dolgu yöntemlerine göre apikal sızıntı miktarları Grafik 4.8’de gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Bonferroni test ile kanal dolgu yöntemi gruplarının apikal sızıntı miktarı bakımından çoklu karşılaştırması

Grup		Fark ortalaması	Std. hata	P	%95 güven aralığı	
					Alt sınır	Üst sınır
Grup 1	Grup 2	0,0014750*	0,00008140	0,0001	0,0012501	0,0016999
	Grup 3	0,0013083*	0,00008140	0,0001	0,0010834	0,0015332
	Grup 4	0,0007750*	0,00008140	0,0001	0,0005501	0,0009999
Grup 2	Grup 1	-0,0014750*	0,00008140	0,0001	-0,0016999	-0,0012501
	Grup 3	-0,0001667	0,00008140	0,2800	-0,0003916	0,0000582
	Grup 4	-0,0007000*	0,00008140	0,0001	-0,0009249	-0,0004751
Grup 3	Grup 1	-0,0013083*	0,00008140	0,0001	-0,0015332	-0,0010834
	Grup 2	0,0001667	0,00008140	0,2800	-0,0000582	0,0003916
	Grup 4	-0,0005333*	0,00008140	0,0001	-0,0007582	-0,0003084
Grup 4	Grup 1	-0,0007750*	0,00008140	0,0001	-0,0009999	-0,0005501
	Grup 2	0,0007000*	0,00008140	0,0001	0,0004751	0,0009249
	Grup 3	0,0005333*	0,00008140	0,0001	0,0003084	0,0007582

* Farklar ortalaması 0,05 seviyesinde olduğunda anlamlı sonuç bulunmuştur.



Grafik 4. 8. Kanal dolgu yöntemlerine göre apikal sızıntı miktarları

4.3. Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ve Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Ölçümleri Sonuçları Arasındaki Korelasyonun Değerlendirilmesi

Mikro bilgisayarlı tomografi analizleri ile her bir örneğin toplam boşluk miktarı (internal, eksternal ve kombine boşluklar) hesaplandı. Elde edilen değerler ile örneklerin sızıntı değerleri arasındaki ilişki SPSS programında Pearson korelasyon analizi ile değerlendirildi. Yapılan analiz sonucunda kanal dolgusu içerisindeki boşluk miktarı ile sızıntı arasında orta düzeyde pozitif yönde korelasyon tespit edildi ($p<0.05$, $r=0.541$) (Tablo 4.13.). Buna göre kök kanal dolgusu içerisindeki boşluk miktarı arttıkça kanal dolgusunun sızıntı miktarı da artmaktadır.

Tablo 4. 13. Boşluk miktarı ile sızıntı arasındaki korelasyon

		Boşluk	Sızıntı
Boşluk	Pearson korelasyon	1	0,541**
	P		0,0001
	N	48	48
Sızıntı	Pearson korelasyon	0,541**	1
	P	0,0001	
	N	48	48

*** Pozitif yönde orta düzeyde korelasyon

5. TARTIŞMA

Endodontik tedavinin başarısı etkili bir kök kanal preparasyonunu takiben yeterli dezenfeksiyon sağlanarak geriye kalan mikroorganizmaların uzaklaştırılması ve kanalların uygun bir kök kanal dolgu materyali ile sızdırmaz bir şekilde doldurularak kök kanalı ve periodonsiyum arasındaki sıvı ve bakteri geçişinin durdurulmasına bağlıdır (239). Diş köklerinin kompleks ve değişken anatomisi nedeniyle mikroorganizmaların kök kanalından tamamen uzaklaştırılması ise her zaman mümkün olamamaktadır (240). Aksesuar kanallar, kanal içi düzensizlikler ve istmuslar gibi oluşumlar yeterli preparasyon ve irrigasyon yapılmasına engel yapılar olarak karşımıza çıkabilmektedir. Bunun sonucu olarak ilgili yapılar içerisinde arta kalan mikroorganizmaların kök kanalından etkili bir şekilde uzaklaştırılması engellenebilmektedir (241). Klinikte istenilen ideal bir kök kanal dolgusu, hem oral kavitedeki hem de kanal düzensizlikleri içerisinde kalan mikroorganizma ve toksinlerinin yaşamlarını sürdürmelerini engelleyebilecek bir özellikte olmalıdır. (242). Bunların yanı sıra kullanılacak olan kanal dolgu materyali, kök kanallarının içerisindeki yukarıda bahsedilen tüm yapıları da tam olarak doldurabilmelidir.

Bu gibi amaçlardan dolayı günümüzde yaygın olarak güta perkanın bir kanal dolgu patı ile birlikte kullanımı tercih edilmektedir. Geçmişten günümüze kadar fiziksel özellikleri geliştirilmek amacıyla çok çeşitli kanal dolgu patları üretilmiş, bu sayede güta perkanın giremediği anatomik alanların veya düzensizliklerin kanal dolgu patları ile doldurularak sızdırmaz bir kök kanal dolgusunun elde edilmesi hedeflenmiştir. Ancak günümüzde tam olarak apikal ve/veya koronal sızıntıyı engelleyebilen bir kanal dolgu patı halen bulunamamıştır.

İdeal özellikte bir kanal patı bulma arayışı literatürde araştırmacıları çok fazla sayıda kanal dolgu patının kullanılmasına yönlendirmiştir. Araştırmacılar aynı zamanda farklı yöntemlerle kanal dolgu patının kalitesini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada çok fazla sayıda ve çeşitte olan kanal patlarının en güncellerinden biri olan rezin esaslı tek bir kanal dolgu patının kullanılması çalışmanın standardizasyonunu sağlayabilmek için kararlaştırılmıştır. Boyutsal olarak değişiklik göstermeyen polimer yapıdaki rezin esaslı patların tıkama ve adezyon özellikleri de oldukça iyidir

(61). Leandro R.B. ve arkadaşlarının çekilmiş dişler üzerinde yaptığı bir çalışmada epoksi rezin bazlı kanal dolgu patı Thermaseal plus (Dentsply/Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, Birleşik Krallık) ve rezin bazlı siman Panavia F (J. Morita, Tustin, Kanada) boya penetrasyon yöntemi ile apikal sızdırmazlık açısından incelenmiş, Thermaseal kullanılan örneklerde çok daha az apikal sızıntı meydana geldiğini göstermişlerdir (243). Mandibular premolar dişler ile yapılan başka bir çalışmada örnekler BioRoot RCS (Septodont, Lancaster, PA, ABD) ve AH Plus (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kanal dolgu patları kullanılarak soğuk lateral kondansasyon yöntemi ile doldurulmuştur. Mikro-BT taramaları sonrası epoksi rezin içerikli kanal dolgu patı olan AH Plus kullanılan örneklerde kanal içerisinde daha az boşluk olduğu bildirilmiştir (244). Lovejeet A. ve arkadaşları 75 adet tek köklü insan dişini mine-sement sınırından kronlarından ayırmış ve kök kanal preparasyonunun ardından güta perka ve üç farklı kanal dolgu patı kullanarak kanal dolgularını tamamlamışlardır. Örnekleri %2'lik metilen mavisinde 72 saat beklettikten sonra elmas disk ile uzunlamasına keserek stereomikroskop altında incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brezilya) kanal dolgu patı kullandıkları örneklerde en fazla apikal sızıntı elde ederken bu grubu ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, Birleşik Krallık) takip etmiş, Adseal (Metabiomed, Chungcheongbuk-do, Kore) kullanılan örneklerde ise en az apikal sızıntı gözlemlenmiştir (245).

Kanal dolgu patlarının güta perkanın ulaşamadığı kanal boşluklarını doldurma ve sızdırmazlık özelliklerinin yanı sıra antimikrobiyal etkinliklerinin de olması kök kanalları içerisindeki mikroorganizmaların ortadan kaldırılması için aranan bir özelliktir. Monajemzadeh A. ve arkadaşları çinkooksit öjenol (ZOE; (Kemdent Work Ltd, İngiltere), MTA (Angelus, Londrina, PR, Brezilya) ve epoksi rezin içerikli AH Plus'ın *Candida albicans*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus mutans* ve *Lactobacillus casei*'ye yönelik antimikrobiyal etkinliklerini incelemişlerdir. Besi yerindeki disklere test ettikleri mikroorganizmaları ve üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde karıştırdıkları kanal dolgu patlarını yerleştirerek 3 gün süreyle beklemiş ve inhibisyon bölgesini ölçmüşlerdir. Ölçümler sonucunda AH 26'nın *C. Albicans*'a karşı en fazla antimikrobiyal etki gösterdiğini, ZOE ve MTA'nın ise etkilerinin olmadığını

bulmuşlardır. Bununla birlikte test edilen diğer bakterilere karşı en fazla antimikrobiyal etkiyi ZOE gösterirken onu AH Plus takip etmiş, MTA'nın ise herhangi bir antimikrobiyal etkinliğinin bulunmadığını bildirmişlerdir (246). Duddi N. ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada farklı kanal dolgu patlarının *E. faecalis*, *C. Albicans* ve *S. Aureus*'e karşı olan antimikrobiyal etkinliklerini direk kontak testi ile değerlendirmişlerdir. AH Plus, Tubliseal EWT, EndoRez ve iRoot SP kanal dolgu patlarını değerlendikleri bu çalışmada hazırladıkları mikrobiyal çözeltileri 37°C'de 1 saat boyunca direk olarak kanal dolgu patlarıyla temas ettirmişlerdir. Spektrofotometrik olarak yaptıkları ölçümlerde *E. Faecalis*'e karşı en fazla antimikrobiyal etkinliği AH Plus ve iRootSP'nin gösterdiğini bildirmişlerdir. *C. Albicans* ve *S. Aureus*'a karşı ise AH Plus ve Tubliseal EWT'nin antimikrobiyal etkinliklerinin diğer iki kanal dolgu patına oranla istatistiksel olarak çok daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Sonuç olarak epoksi rezin içerikli kanal dolgu patı AH Plus'ın *E. Faecalis*, *C. Albicans* ve *S. Aureus*'a karşı en fazla antimikrobiyal etkide bulunduğu dikkat çekmiştir (247).

Kanal dolgu patlarının ağız içerisindeki birçok mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal etkinlikleri test edilirken yapılan çalışmalarda en sık kullanılan bakteri inatçı kök kanal enfeksiyonlarından sorumlu olan *E. Faecalis* olmuştur (248-251). Literatürde epoksi rezin içerikli kanal dolgu patlarının *E. Faecalis*'e karşı başarılı antimikrobiyal etkinliğinin olduğunu gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır (252, 253, 250, 254).

Mevcut çalışmada epoksi rezin içerikli kanal dolgu patlarının hem başarılı kök kanalı tıkama özellikleri hem de çalışmamızın her ne kadar mikrobiyolojik inceleme gibi bir alanı olmamasına rağmen ideal bir kök kanal dolgu patının özellikleri arasında yer alan ve yukarıda bahsedilen örnek çalışmalarda gösterdikleri antimikrobiyal etkinliklerinden dolayı piyasaya son zamanlarda çıkmış olan Simplifill kanal dolgu patının kullanımı tercih edilmiştir.

Çalışmanın hangi kanal dolgu patı veya hangi yöntemle yapılacağı önemli olduğu gibi, özellikle *in vitro* çalışmalarda çalışmanın hangi platformda yapılacağı da önemli bir konudur. Örneğin pat veya yöntemlerin karşılaştırıldığı çalışmaların

bazılarında çekilmiş insan dişleri (255, 256, 233), bazılarında ise çekilmiş hayvan dişleri (257-259) veya simule kök kanalları (260-262) kullanılmıştır. Çekilmiş insan dişleri klinik ortamı daha iyi yansıtacağı ve tedavi sonuçlarına daha yakından ışık tutabileceği amacıyla daha çok tercih edilmektedir. Mevcut çalışmada da ortodontik veya periodontal nedenlerle çekilmiş 48 adet çürüksüz insan dişi bu nedenle kullanıldı. Oval şekilli kök kanallarında yuvarlak şekillilere oranla daha çok obturasyon hataları gerçekleşebildiğinden çalışmaya alt premolar dişler dahil edilerek bu tarz hatalar ortadan kaldırıldı. Seçilen dişlerin radyolojik olarak görüntülenmesinin ardından gereç ve yöntemde de açıklandığı üzere tek kök ve tek kanallı olanlar çalışmaya dahil edildi.

Çalışmada kullanılan çekilmiş dişleri daha da standart hale getirebilmek için kök boylarının da eşit olması hedeflendi. Apikal sızdırma çalışmalarında daha doğru sonuçlar elde edebilmek için hazırlanan örneklerin aynı boyda olması ve bu sayede örneklerin içinden geçen sıvı akışının eşit mesafe kat etmesi önemlidir. Aynı şekilde mikro-BT taraması ile kök kanal dolgu kalitesini değerlendiren ve kök kanalı içerisindeki boşluk miktarının araştırıldığı çalışmalarda da ölçüm ve hesaplamaların standardizasyonunu sağlamak önemlidir. Benzer çalışmalarda örnek dişler bir elmas frez yardımıyla mine sement sınırından kuronlarından ayrılmış ve tüm diş kökleri aynı boyda olacak şekilde ayarlanmıştır (263, 240). Bu çalışmada da kullanılan örnekler #20 no'lu elmas fissür frez yardımıyla yüksek devir ve su soğutması altında kronlarından ayrıldı ve yapılacak ölçümlerin standart olması amacıyla tüm örnekler 12 mm boyunda olacak şekilde ayarlandı. Örnekler hazırlandıktan sonra ise kök kanal preparasyon işlemine geçildi.

Bilindiği gibi kök kanal preparasyon işlemi ile vital veya devital tüm organik dokular kök kanalından uzaklaştırılmalı ve aynı zamanda kök kanallarının başarılı bir şekilde doldurulabilmesi için konik form elde edilirken kökün orijinal anatomisi de korunmalıdır (264). Geleneksel paslanmaz çelik el eğeleri, işlem süresini azaltmak, eğeleme etkinliğini arttırmak ve daha başarılı sonuçlar elde etmek amacıyla çeşitli preparasyon yöntemleriyle birlikte kullanılmıştır. Bununla birlikte yapılan çalışmalar paslanmaz çelik eğelerle yapılan kök kanal preparasyonu işlemi sırasında konik formun sağlanamaması, dirsek, zip, basamak oluşumu, kanal tıkanması ve kanal

transportasyonu gibi prosedürel hatalarla sıkça karşılaşıldığı bildirilmektedir (265-267). Zamanla bu hataları önleyebilmek amacıyla Ni-Ti döner eğe sistemleri geliştirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda Ni-Ti döner eğe sistemleriyle yapılan kök kanal preparasyon işlemlerinin, kök kanalının orijinal şeklini daha iyi korunduğu ve el eğelerine oranla preparasyon işleminin çok daha kısa sürede tamamlandığı gösterilmiştir (268, 269).

Kliniklerde ve pratik diş hekimliği alanında artık Ni-Ti kanal eğeleri hem kısa zamanda işlemlerin bitirilebilmesini hem de apikalden koronale doğru daha homojen bir kanal formu elde edilmesini sağlayabildiğinden dolayı tercih edilmektedir. Bu çalışmada Ni-Ti kanal eğelerinin kullanımı yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı tercih edilmiştir. Yine çalışmanın standardizasyonunu elde edebilmek için tek bir marka Ni-Ti eğe sisteminin (ProTaper Next döner eğeler; Dentsply Maillefer, Tulsa, OK, ABD) kullanımı tercih edilmiştir.

Genişletilmiş olan kök kanallarının doldurulması ve kanal dolgularının kalitesini arttırabilmek için günümüze kadar çok çeşitli kanal dolgu yöntemleri geliştirilmiştir. Kök kanallarının doldurulmasındaki en eski ve en klasik yöntem soğuk lateral kondansasyon yöntemidir. Uygulama kolaylığı ve tahmin edilebilir çalışma boyu kontrolü nedeniyle klinik uygulamalarda yaygın olarak halen kullanılmaktadır (270). Ayrıca birçok çalışmada da kontrol/karşılaştırma grubu olarak çalışmaya dahil edilmektedir. Mevcut çalışmada da incelenecek diğer sıcak kök kanal dolgu yöntemleriyle karşılaştırılmak amacıyla çalışma grupları arasına dahil edilmiştir. Ancak lateral kondansasyon yönteminin kanal düzensizliklerini sıcak vertikal kondansasyon yöntemi ya da diğer termoplastik yöntemlerle karşılaştırıldığında yeteri kadar dolduramaması önemli bir dezavantajdır (271). Ayrıca ana kon ve yardımcı konlar arasında meydana gelen boşluklar homojen bir dolgu elde edilmesini engellemekte ve kök kanal dolgusunda sızdırmaya neden olabilmektedir (272). Uygun bir kök kanal dolgu patı ile bu boşlukların doldurulmaya çalışılması gerekmektedir.

Soğuk lateral kondansasyon yönteminin bahsedilen dezavantajlarının yanısıra yöntemin uygulanması sırasında spreader ile köke iletilen kuvvetler kök kırıklarına neden olabilmektedir (273, 274). Lateral kondansasyon yönteminde parmak

spreaderlar ile yapılan kondansasyon işleminde diş köküne iletilen kuvvetlerin önüne geçebilmek amacıyla ultrasonik cihaz ve uçlar gündeme getirilmiştir (275, 276). Ultrasonik uçlar kullanılarak uygulanan lateral kondansasyon işleminde soğuk lateral kondansasyona göre köke daha az kuvvet iletilirken çok daha homojen bir dolgu elde edilebilmektedir. Bailey G. C. ve arkadaşları insan maksiller kanin dışında yaptıkları bir çalışmada ultrasonik olarak sıcak lateral kondansasyon yöntemi ile yapılan kök kanal dolgusunda soğuk lateral kondansasyona göre kökün hem apikal hem de koronal ve orta bölgelerinde kanal dolgusu içerisinde çok daha az boşluk olduğunu bildirmişlerdir (276). Deitch A. K. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 30° eğimli simüle kök kanalları içeren 30 adet şeffaf akrilik blok kullanmışlardır. Kanallarda Quantec LX (Non-Cutting tip) rotary eğeler (Analytic, Irvine, Kanada) ile preparasyon yapıp örneklerin yarısının soğuk lateral kondansasyon diğer yarısının ise ultrasonik enerji kullanarak sıcak lateral kondansasyon yöntemi ile kök kanal dolgularını tamamlamışlardır. Her bir bloğun preparasyon sonrası ve kanal dolgusu yapıldıktan sonraki ağırlıklarını ölçüp not etmişlerdir. Kanal dolgu patı kullanmadıkları bu çalışmada elde ettikleri sonuçlara göre, ultrasonik yöntem ile yapılan sıcak lateral kondansasyon yönteminde kanal içerisindeki gütta perka hacmi, soğuk lateral kondansasyon yöntemine oranla %33 daha fazla bulunmuştur (277).

Ultrasonik yöntem kullanılarak yapılan sıcak lateral kondansasyon yönteminde kanal doldurma işlemi sırasında diş köküne iletilen ısı periodontal doku hasarına yol açabilir. Periradiküler dokuda 1 dakika süreyle 10°C'lik bir ısı artışı normal kemik tamiri ile onarılabilirken, daha yüksek sıcaklıklar ve daha uzun süreli uygulamalar kemik nekrozuna yol açabilmektedir (278). Bailey G. C. ve arkadaşları insan maksiller kanin dışında yaptıkları diğer bir çalışmada Enac model OE-3 Ultra-Endo Sistemi (Osada Electric Co Ltd., Tokyo, Japonya) ile lateral kondansasyon yöntemi sırasında kök yüzeyindeki ısı artışını ölçmüşlerdir. 1, 3 ve 5 olmak üzere farklı güç ayarlarında ve 4, 10 ve 15 sn süreler ile toplamda 9 adet ölçüm yapmışlardır. Bu ölçümlerden sadece 5. güç ayarında 15 sn boyunca ultrasonik uç aktive edildiğinde kökün yüzeyinin orta kısmında 10°C'yi aşan ısı artışı gözlenmiş ve bunun dışındaki ölçümlerde ise böyle bir artış gerçekleşmemiştir (279). Mevcut çalışmada da benzer çalışma yöntemleri dikkate alınarak (233) LM-ProPower Ultrasonik cihazı en düşük güç ayarında ayarlanmış ve ultrasonik uçlar kanal

içerisine 5 sn süreyle aktive edilmiştir. Bu nedenle mevcut çalışmada ultrasonik enerjili sıcak lateral kondansasyon yöntemi, soğuk lateral kondansasyon yöntemine göre daha başarılı kök kanal dolgusu elde edilebildiği düşünülerek çalışma grupları arasına dahil edilmiştir.

Ultrasonik enerjili yöntemde olduğu gibi sıcak termoplastik gütä perka kullanılan yöntemler yumuşatılmış gütä perkayı kök kanal sistemi içerisinde hareket ettirebilme avantajına sahip olmaktadır. Böylelikle kanal dolgusu içerisinde daha homojen bir gütä perka kütlesi elde edilebilmekte ve lateral kondansasyon yöntemine göre kanal düzensizlikleri ve aksesuar kanallar daha başarılı bir şekilde doldurulabilmektedir (280-282). Devamlı ısı ile obturasyon (DIO) ve termoplastik kor (TPK) yöntemleri bu çalışmada kullanılan sıcak gütä perka yöntemlerindendir. Devamlı ısı ile kondansasyon yönteminde kanal içerisindeki gütä perkanın down pack cihazı ile yumuşatılması ve kanalın geri kalan kısmının back fill sistemi kullanılarak yumuşak gütä ile doldurulup vertikal kondansasyon yapılması kök kanalının üç boyutlu olarak doldurulmasında başarı sağlamaktadır. Termoplastik kor yönteminde ise hem sıcak gütanın kanal düzensizliklerine ilerlemesini sağlanmakta hem de kısa uygulama süresi ve kolaylığı gibi avantajlara sahip olmaktadır.

Literatürde her iki yöntemin de kullanılarak yapıldığı birçok çalışma mevcut olmakla birlikte birbirlerine olan üstünlükleri henüz tam olarak kanıtlanamamıştır. İnan U. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 132 adet anterior dişi kök kanal preparasyonlarını tamamladıktan sonra 3 gruba bölerek Thermafill (Dentsply, Maillefer, ABD), System B (Analytic Technology, Redmond, WA, ABD) ve soğuk lateral kondansasyon yöntemleri ile kanal dolgularını yapmışlardır. Daha sonra her gruptaki dişleri 2 gruba ayırarak yarısını boya penetrasyon yöntemi diğer yarısını ise elektrokimyasal yöntem ile apikal sızıntı miktarları açısından değerlendirmişlerdir. Buna göre her iki sızıntı yönteminde de en az apikal sızıntı Thermafil yönteminde görülmüştür (283). Yücel ve arkadaşları kanal preparasyonlarını tamamladıkları 100 adet tek kanallı dişi 5 gruba ayırmış ve System B, Thermafil, soğuk lateral kondansasyon, tek kon ve lateral olarak kondanse edilen tek kon yöntemleri ile kanal dolgularını yapmışlardır. Bakteriyel sızıntı yöntemi ile değerlendirdikleri örneklerde en fazla sızıntının Thermafil ve tek kon gruplarında en az sızıntının ise System B ve

lateral olarak kondanse edilen tek kon gruplarında olduğunu belirtmişlerdir (284). Özcan ve arkadaşları 150 adet tek kanallı dişi 10 gruba ayırmışlar ve kanal preparasyonlarının ardından lateral kondansasyon, tek kon, lateral olarak kondanse edilen tek kon, Thermafil ve devamlı ısı ile obturasyon (BeeFill 2in1 Sistem, VDW; Aseptico, Woodinville, WA, ABD) yöntemleri ile AH Plus ve GuttaFlow kanal dolgu patları kullanarak kök kanal dolgularını tamamlamışlardır. Bakteriyel sızıntı yöntemi ile değerlendirdikleri örneklerde kanal dolgu patları açısından önemli bir fark bulamazken kanal dolgu yöntemleri arasında devamlı ısı ile obturasyon yöntemi ile doldurulan örneklerde çok daha az sızıntı meydana geldiğini belirtmişlerdir (285). Manuel ve arkadaşlarının 2017 yılında yapmış oldukları benzer bir çalışmada 45 adet tek köklü çekilmiş insan dişinin kök kanal preparasyonlarını yaptıktan sonra örnekleri 3 gruba ayırmışlardır. Kök kanal dolgu kalitesini sintigrafik analiz ile değerlendirecekleri örneklerin kanal dolgularını TopSeal kanal patı eşliğinde Thermafil, GuttaCore ve Beefill 2in1 kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Kanal dolgu işleminden 7 gün sonra örneklerin apikal kısımlarını sodyum perteknetat 99mTc solüsyonunda 3 saat beklettikten sonra radyoaktivitelerini hesaplamışlardır. Buna göre gruplar arasında apikal sızıntı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (286).

Yukarıdaki çalışmalardan yola çıkarak devamlı ısı ile obturasyon ve termoplastik kor yöntemlerini karşılaştıran daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulacağı düşünülmektedir. Bu nedenle mevcut çalışmada Elements Free Obturation Sistemi (devamlı ısı ile obturasyon yöntemi) ve ThermoPrep fırın ile birlikte ProTaper Next GuttaCore'lar (termoplastik kor yöntemi) çalışma grupları arasına dahil edilmiştir.

Kök kanal dolgularının kalitesini değerlendirmek amacıyla günümüze kadar birçok yöntem kullanılmıştır. Mikrosızıntı testleri ve radyolojik görüntüleme yöntemleri bunlardan bazılarıdır. Bakteriyel sızıntı (287), glikoz penetrasyon (288), boya sızıntı (289), bilgisayarlı sıvı filtrasyon (123), radyo aktif izotop yöntemleri (290) ve elektrokimyasal yöntem (291) kanal dolgularının koronal veya apikal sızıntı miktarlarını değerlendiren mikrosızıntı testleri arasında yer almaktadır. Bu yöntemlerin çeşitli limitasyonları ve dezavantajları bulunmaktadır. Elektrokimyasal yöntemde bakır anot üzerinde korozyon birikmesinin iyon akışına bir difüzyon

bariyeri oluşturarak sızıntı ölçümlerini engelleyebileceği belirtilmiştir (290). Bakteriyel sızıntı yönteminde nitel ölçüm yapılamaması ölçümlerin doğruluğunu etkileyebilmektedir. Ayrıca bakteriyel ve boya sızıntı yöntemlerinde örnekler zarar görmekte ve bu da tekrarlı ölçümlerin yapılabilmesine engel teşkil etmektedir (292). Radyoaktif izotop yöntemi hem pahalı hem de kullanılan radyo aktif izotoplar nedeniyle insan sağlığı açısından zararlı olabilmektedir. Bilgisayarlı sıvı filtrasyon yönteminin ise diğer yöntemlere göre üstün yönleri bulunmaktadır. Bu yöntemde ölçümler sırasında uygulanan basınç, kök kanal dolgularında sıkışan havayı ortadan kaldırmakta ve böylelikle hatalı sonuçlar engellenebilmektedir. Ayrıca boya sızıntı testlerinin aksine tüm kök kanalı boyunca ölçüm yapılabilmesi kliniğe daha yakın sonuçlar sağlayabilmektedir (293). Yine bu yöntem ile yapılan ölçümler sırasında örnekler zarar görmemekte ve bu sayede belirli zaman aralıklarında tekrarlı ölçümler yapılabilir (21). Bu özellik sayesinde kanal dolgu materyallerinin uygulama sonrasında en fazla sızıntı gösterdikleri periodlar da gözlenebilmektedir. Ölçümlerin bilgisayar aracılığıyla hesaplanıp kaydedilmesi yöntemin objektifliğini ve güvenilirliğini arttırmaktadır (294).

Bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi yukarıda bahsedilen avantajlarından dolayı bu çalışmadaki örneklerin apikal mikrosızıntı değerlendirmesinde kullanılmıştır. Ayrıca aynı örneklerin mikro-BT gibi güncel ve güvenilir bir görüntüleme yöntemi ile de değerlendirilerek elde edilen sonuçların karşılaştırılmasına karar verilmiştir. Mikro-BT ile yapılan üç boyutlu ölçümler bilgisayarlı sıvı filtrasyon yönteminde olduğu gibi örnekler zarar görmeden gerçekleştirilebilmektedir. Böylelikle mevcut çalışmada hazırlanan örnekler bozulmadan, önce mikro-BT taramaları yapılmış daha sonra da apikal sızıntı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Yüksek çözünürlüğe sahip olan mikro-BT sert dokuların veya diş dokularının iç yapısını incelemek için değerli bir yöntem olması nedeniyle endodontide kök kanal anatomisinin değerlendirilmesi (295), farklı enstrümanlara bağlı olarak kök kanal morfolojisinde gelişen değişiklikler (296) ve kök kanal dolgu materyalleri ve kalitesinin değerlendirilmesi (297, 225) gibi birçok alanda uzun yıllardır kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda mikro-BT görüntüleri histolojik kesitlerle

karşılaştırılmış ve mikro-BT'nin kök dolgu maddesinin üç boyutlu morfolojisini doğru bir şekilde yakalayabildiğini doğrulamıştır (298). Mevcut çalışmada hazırlanan örneklerin mikro-BT taramaları yapılarak kök kanallarındaki dolgu hacmi yüzdeleri ile internal, eksternal ve kombine boşluk miktarları analiz edilmiştir.

Literatürde mikro-BT ile kök kanal dolgu yöntemlerinin değerlendirildiği birçok çalışma mevcuttur. Somma ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 30 adet çekilmiş insan dişinde kök kanallarını prepare edip örnekleri 3 gruba ayırmış ve Thermafil, System B ve soğuk lateral kondansasyon (SLK) yöntemleri ile kanal dolgularını yapmışlardır. Mikro-BT ile taradıkları örnekleri kanal dolgu hacmi yüzdesi açısından değerlendirdiklerinde en fazla dolgu maddesinin Thermafil grubunda en az ise SLK grubunda olduğunu ancak gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını tespit etmişlerdir (299). Mevcut çalışmada da aynı şekilde en az dolgu hacmi yüzdesi SLK (Grup 1) tespit edilirken LM-ProPower (Grup 2), Elements Free Obturation (Grup 3) ve Thermoprep (Grup 4) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Grup 1 ve diğer gruplar arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Keleş ve arkadaşları 24 adet çekilmiş tek köklü insan maksiller premolar dişinin kök kanallarını prepare edip örnekleri iki ayrı gruba ayırmışlardır. Soğuk lateral kondansasyon ve sıcak vertikal kondansasyon yöntemleriyle kanal dolgularını yaptıkları örnekleri mikro-BT ile inceleyerek kök kanalı içerisindeki dolgu hacmi ve boşluk miktarı açısından değerlendirmişlerdir. Mevcut çalışmaya benzer şekilde soğuk lateral kondansasyon grubundaki örneklerde istatistiksel olarak daha fazla boşluk miktarı ve daha az dolgu hacmi olduğunu bildirmişlerdir. Yine mevcut çalışmadaki gibi bölgesel değerlendirme yaptıklarında, apikal bölgede dolgu hacmi ve boşluk miktarı bakımından gruplar arasında istatistiksel bir fark olmadığını belirtmişlerdir (300).

Zogheib ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada sıcak vertikal kondansasyon yöntemi (SVK) ile 2 adet termoplastik kor taşıyıcılı sistemi kanal dolgu kalitesi açısından değerlendirmişlerdir. 36 adet tek kanallı insan dişinin kök kanal preparasyonlarını yaptıktan sonra örnekleri 3 gruba ayırmışlar ve grupları AH Plus kanal dolgu patı kullanarak SVK yöntemi (Touch n'Heat ve Obtura II; SybronEndo,

Orange, Kanada), GuttaCore ve Gutta Fusion (VDW, M n h, Almanya) ile kanal dolgularını tamamlamışlardır. Örneklerin mikro-BT analizleri sonucunda apikal 1 mm, 3 mm ve 5 mm’de kanal dolgusundaki boşluk miktarı açısından gruplar arasında herhangi bir fark bulunamamıştır. Bununla birlikte tüm gruplarda en fazla boşluk apikal 1 mm seviyesinde tespit edilmiştir (301). Mevcut çalışmada da örneklerin apikal 4 mm’lik bölgesinde toplam boşluk miktarı bakımından gruplar arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir.

Mevcut çalışmada gruplar arasında en fazla eksternal ve kombine boşluk Grup 1’de gözlenmiş, diğ r gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. Bununla birlikte kök kanal dolgularındaki internal boşluk miktarları bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kök kanalının duvarlarıyla ilişki içerisinde olmayan internal boşlukların içerdikleri bakteriler elverişsiz bir ortamda hapsedildiğinden endodontik prognoz için daha az tehlikeli olarak görülebilmektedir (125). Ancak hem eksternal hem de kombine boşluklar dolgu materyalleri ile kök kanalının duvarları arasında bir bağılantı oluşturmaktadır. Bakterilerin çoğalması için elverişli olan bu alanlar sızıntı kök kanal dolgusu ile periradiküler dokular arasında sızıntı oluşmasına ve endodontik tedavinin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir (125).

Zogheib ve arkadaşları daha önce yaptıkları benzer başka bir çalışmada 54 adet tek köklü insan dişinin kök kanallarını prepare edip 2 gruba ayırmışlar ve grupları iki farklı termoplastik kor taşıyıcılı sistem kullanarak kanal dolgularını yapmışlardır. Thermafil ile birlikte TopSeal kanal dolgu patı ve Resilon (Resilon Research, Wallingford, CT, ABD) ile birlikte RealSeal 1 kanal dolgu patı (SybronEndo, Orange, CA, ABD) kullanarak doldurdukları kanalların mikro-BT değ rlendirmeleri sonucunda her iki grupta da apikal 1 mm de alınan kesitlerde daha fazla boşluk tespit edilirken 3 ve 5 mm’lik kesitler arasında anlamlı fark olmadığını göstermişlerdir. Kanal dolgusu içerisindeki toplam boşluk hacmi açısından 2 grup arasında önemli bir fark bulunamamıştır (302). Mevcut çalışmada bu çalışmayla benzer şekilde termoplastik kor yöntemi ile kök kanal dolguları yapılan Grup 4’teki örneklerin apikal bölgelerindeki toplam boşluk miktarlarının istatistiksel olarak daha

fazla olduğu bulunurken orta ve koronal bölgeler arasında herhangi bir fark görülmemiştir.

Siu Shan Ho ve arkadaşları toplamda 33 adet alt birinci molar dişin meziobukkal ve meziolingual kökünü prepare ettikten sonra soğuk lateral kondansasyon, ultrasonik enerjili sıcak lateral kondansasyon (MiniMaster Led ultrasonik cihaz ve ESI ultrasonik uç; Electro Medical Systems SA, Nyon, İsviçre) ve sıcak vertikal kondansasyon (Touch n'Heat ve Obtura II) yöntemleri ile kök kanal dolgularını tamamlamışlardır. Mikro-BT taramaları ile köklerin 2, 4, 6 ve 8 mm'lik kesitlerinde gütâ perka hacmini hesaplamışlardır. Buna göre mevcut çalışmayla uyumlu olarak soğuk lateral kondansasyon (SLK) grubunda tüm kesitlerde gütâ perka hacmi sıcak vertikal kondansasyon (SVK) ve ultrasonik enerjili sıcak lateral kondansasyon (ULK) gruplarından belirgin şekilde daha azken SVK ve ULK arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişleridir. Bununla birlikte SLK grubunda gütâ perka hacmi apikal kesitlerden koronale doğru artarken diğer gruplarda tüm kesitlerde benzer hacimde gütâ perka olduğunu belirtmişlerdir (233). Mevcut çalışmada ise Grup 4'ün apikal bölgedeki dolgu hacmi yüzdesi diğer bölgelerden istatistiksel olarak daha az bulunmuş, orta ve koronal bölgeler arasında ise istatistiksel bir fark görülmemiştir. Diğer grupların dolgu hacmi yüzdesi bakımından bölgeleri arasında istatistiksel bir fark görülmemekle birlikte Grup 1 ve Grup 3'ün apikal bölgedeki dolgu hacmi yüzdeleri orta ve koronal bölgelerden daha az bulunmuştur. Bu çalışmada genel olarak apikal bölgedeki dolgu hacminin az olması bu bölgenin koniklik açısıyla ilgili olabilir. Kök kanal preparasyonunda apikal koniklikteki artışın irrigantların bu bölgeye ilerlemesini kolaylaştırdığı ve eğeleme işleminin daha başarılı yapılabildiğini belirten çalışmalar mevcuttur (303). Ayrıca apikal bölgenin özellikle son 3 mm'sinin %8'lik koniklikle genişletilmesi ile kök kanal dolgusunda daha iyi bir tıkama ve daha uzun süreli başarılar elde edilebileceği gösterilmiştir (304). Mevcut çalışmada ise apikal bölgede yapılan fazla preparasyonun transportasyonlara (305) ve kök kırıklarına (306) neden olabileceği düşünüldüğünden preparasyonda son eğe olarak apikalde %6 koniklik açısına sahip eğe (ProTaper Next X4 #40/06) kullanılmıştır. Bununla birlikte mevcut çalışmayı destekler nitelikte sıcak gütâ perka yöntemlerinde apikal bölgedeki kanal dolgusunda

orta ve koronal bölgelere oranla daha fazla boşluk olduğunu gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (307, 24, 233).

Gound ve arkadaşları diş hekimliği öğrencilerinin klinik ortamda SLK, Thermafil, ActiveGP ve GuttFlow ile yaptıkları kök kanal dolgularının kalitesini radyografik olarak değerlendirmişlerdir. Çalışma boyu ve radyografteki dolgu densitesine göre değerlendirilen bu çalışmada mevcut çalışmanın aksine SLK yönteminin kök kanallarını doldurmada daha başarılı bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır (308). Bahsedilen çalışmada oral radyograflar ile sadece 2 boyutlu değerlendirme yapılabilmesinin yanıltıcı sonuçlar elde edilmesine neden olabileceği düşünülmektedir. Mikro-BT taraması ile yapılan değerlendirmelerde ise kök kanalı 3 boyutlu olarak görüntülenebildiğinden daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir. Ayrıca öğrencilerin klinikte rutin olarak SLK yöntemini kullandıklarının belirtilmiş olması yapılan çalışmalarda araştırmacıların daha tecrübeli ve tecrübesiz oldukları yöntemler açısından farklı sonuçlar elde edilebileceği görüşünü doğurmaktadır.

Çelikten ve arkadaşları 30 adet çekilmiş insan mandibular premolar dişinin kök kanal şekillendirmesini tamamlayıp üç gruba ayırmışlardır. Örneklerin kök kanal dolgularını biyoseamik esaslı kanal patı (BC Sealer; Brasseler USA, Savannah, GA, ASA) ile birlikte Thermafil, tek kon ve soğuk lateral kondansasyon yöntemleriyle tamamlamışlardır. Mikro-BT ile inceledikleri örnekleri kanal dolgu hacmi, internal, eksternal ve kombine boşluk miktarları bakımından değerlendirdiklerinde gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark bulamamışlardır. Bölgesel değerlendirmede ise tüm gruplarda apikal bölgede belirgin şekilde daha az boşluk olduğunu bildirmişlerdir (240). Mevcut çalışmada SLK grubunun eksternal ve kombine boşluk miktarları diğer gruplara göre istatistiksel olarak fazla bulunmuştur. Ayrıca SLK, ULK ve DIO gruplarının apikal, orta ve koronal bölgeleri arasında boşluk miktarı ve dolgu hacmi bakımından istatistiksel bir fark görülmezken TPK grubunda apikal bölgedeki boşluk miktarı diğer bölgelerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde az bulunmuştur. Çelikten ve arkadaşlarının çalışmada biyoseramik esaslı kanal dolgu patı kullanmaları sonuçlar arasında farklılık ortaya çıkmasının bir nedeni olabilir. Epoksi rezin içerikli kanal dolgu patlarının yeterli boyutsal stabiliteye sahip oldukları birçok çalışmada gösterilmiş olsa da (309-311) polimerizasyon büzülmesi sonucu

kanal dolgusunda boşluk oluşabileceği de düşünülmektedir (263, 304, 24). Bunun yanında çalışmada kullanılan örneklerde görülebilen varyasyonlar, kanal doldurma işlemi sırasındaki prosedürel farklılıklar gibi çeşitli nedenler de farklı sonuçlar elde edilmesine yol açabilir.

Mevcut çalışmadaki grupların hepsinde kök kanal dolgularında boşluk tespit edilmiştir. Bu durum farklı kanal dolgu yöntemleriyle doldurulmuş kök kanallarının hepsinde boşluk olduğunu belirten önceki çalışmalarla uyumludur (301, 234). Elements Free Obturation Sistem (EFOS) ile yapılan kök kanal dolgusunda ana kon apikalde ısı pluggeri ile kesildikten sonra pluggerin kanaldan uzaklaştırılması sırasında apikaldeki gütü koronale doğru hareket edebilmektedir. Ayrıca kanalın geri kalan kısmının Backfill ünitesi ile birkaç aşamada doldurulması var olan boşlukların oluşum nedenini açıklayabilir. Ayrıca kor taşıyıcılı sistemler kanal içerisine yerleştirilirken gütü perka taşıyıcının üzerinden sıyrılabilenkte veya yerleştirme sırasında kanal duvarlarıyla meydana gelen sürtünme boşluklara neden olabilmektedir (312). Soğuk lateral kondansasyon yönteminde ise ana kon ve yardımcı konlar arasında kimyasal bir bağlanma olmaması ve hem sıcak hem de soğuk lateral kondansasyon yöntemlerinde spreader ile açılan boşluğun yardımcı konlarla uyumlu bir şekilde doldurulamaması boşluk nedenleri olarak gösterilebilmektedir.

Mevcut çalışmadaki örneklerin mikro-BT analizlerine göre bölgesel değerlendirme yapıldığında genel olarak en fazla boşluk miktarları apikal bölgede (0-4 mm)'de gözlemlendi. Kök kanal dolguları içinde mevcut olan bu boşlukların klinik ortamda kanal dolgusunda apikal sızıntıya neden olabileceği düşünülmektedir. Bu durumu sızıntı çalışmalarıyla da değerlendirmek amacıyla örnekler mikro-BT taramaları sonrasında ikinci bir değerlendirmeye tabi tutularak bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile apikal sızıntı bakımından değerlendirildi. Elde edilen sonuçlara göre en fazla apikal sızıntı SLK grubunda tespit edildi. Bununla birlikte LM-ProPower (LMPP) ve EFOS grupları en az apikal sızıntı gösterirken bu iki grup arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunamadı. Thermoprep (TP) grubu apikal sızıntı açısından SLK grubundan daha başarılı bulunurken diğer iki termoplastik gruptan daha fazla sızıntı değeri gösterdiği gözlemlendi.

Bu çalışmada olduğu gibi kök kanal dolgu yöntemlerinin apikal sızıntı miktarlarını değerlendiren birçok çalışma mevcuttur. Pommel ve arkadaşları 50 adet çekilmiş tek köklü insan dişini 5 gruba ayırmışlar ve kök kanal preparasyonlarının ardından soğuk lateral kondansasyon, tek kon, System B, sıcak vertikal kondansasyon (Touch'n Heat) ve Thermafil yöntemleri ile kök kanallarını doldurmuşlardır. Hazırladıkları örneklerin apikal sızıntı miktarlarını sıvı filtrasyon yöntemi ile değerlendirdiklerinde mevcut çalışmayla uyumlu şekilde termoplastik yöntemler olan System B, Touch'n Heat ve Thermafil gruplarının diğer iki soğuk gütü perka yöntemine göre istatistiksel olarak daha az sızıntı gösterdiğini bildirmişlerdir (313).

Bununla birlikte benzer yöntemlerin değerlendirildiği sızıntı çalışmalarından farklı sonuçlar da elde edilebilmektedir. Kontakiotis ve arkadaşları kronlarından ayırarak 10 mm uzunluğunda sabitledikleri 60 adet tek köklü insan dişinin kök kanallarını prepare edip Thermafill, System B ve soğuk lateral kondansasyon yöntemleriyle kanal dolgularını yapmışlardır. Kanalların doldurulmasından 48 saat sonra sıvı filtrasyon yöntemi ile örneklerin apikal sızıntı ölçümünü yapmışlar ve gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark elde edememişlerdir (138). İnan ve arkadaşları ise 66 adet çekilmiş insan alt premolar dişinin kök kanallarının preparasyonunu tamamladıktan sonra örnekleri 3 gruba ayırmışlar ve AH Plus kanal patı eşliğinde tek kon, Thermafil ve soğuk lateral kondansasyon yöntemleri ile kanal dolgularını yapmışlardır. Sıvı filtrasyon yöntemi ile apikal sızıntı değerlendirmesi yaptıkları çalışmada kullandıkları üç yöntem arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir (20).

Benzer şekilde Yılmaz ve arkadaşları 40 adet alt lateral diş kronlarından ayırıp köklerini 15 mm boyunda olacak şekilde sabitlemişlerdir. Örneklerin kök kanal preparasyonlarını yaptıktan sonra 4 gruba ayırıp soğuk lateral kondansasyon, tek kon, System B/Obtura II (Obtura Corp, Fenton, Makao) ve BeeFill 2in1 (VDW, Munich, Almanya) yöntemleri ile kök kanal dolgularını yapmışlardır. 1 hafta sonrasında örneklerin apikal sızıntı miktarlarını sıvı filtrasyon yöntemi ile ölçtüklerinde System B/Obtura II grubunun 2 hafta sonrasındaki ölçümlerde ise BeeFill grubundaki örneklerin en fazla apikal sızıntı gösterdiği sonucuna

varmışlardır (314). Araştırmacının gözlem ve ölçümlerine dayanan sıvı filtrasyon yöntemi ile değerlendirilen benzer çalışmalardan farklı sonuçlar elde edilmesi subjektif değerlendirmelerden kaynaklanabilmektedir. Bilgisayarlı sıvı filtrasyon yönteminde ise ölçümler bilgisayar aracılığıyla yapıp kaydedilmekte ve böylelikle bu tür yanılgıların önüne geçilerek tamamen objektif değerlendirmeler yapılabilmektedir.

Bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ile kök kanal dolgularının kalitesinin değerlendirildiği az sayıda çalışma mevcuttur. Bunlardan birinde Gençoğlu ve arkadaşları 60 adet tek köklü insan dişinin kronlarını uzaklaştırdıktan sonra kök kanal preparasyonlarını tamamlayıp Thermafil (Dentsply, Maillefer, İsviçre), Quick-fill (JS Dental Manufacturing Inc, Ridgefield, CT), Soft-Core (CMS Dental ApS, Copenhagen, Danimarka), System B (Analytic, Sybron Dental Specialties, Kanada, Amerika), Microseal (Tycom, Irvine, Kanada, ABD) ve lateral kondansasyon yöntemleri ile Kerr kanal patı (Kerr Pulp Canal Sealer, Kerr, Romulus, MI, ABD) eşliğinde kök kanal dolgularını yapmışlardır. Bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ile apikal sızıntı değerlendirdikleri bu çalışmada mevcut çalışmayla benzer şekilde Microseal ve lateral kondansasyon ile doldurulan kök kanallarında daha fazla apikal sızıntı gözlemişlerdir. Diğer kor taşıyıcılı üç sistem (Thermafil, Soft-Core, Quick-fill) ve devamlı ısı ile obturasyon yöntemi (System B) arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (293).

Kayahan ve arkadaşları ise 120 tek köklü insan dişini kronlarından ayırıp her bir kök 15 mm olacak şekilde örnekleri hazırlamışlardır. Kök kanal preparasyonlarının ardından 3 gruba ayırdıkları örneklerin kanal dolgularını AH Plus kanal patı kullanarak Calamus 3D Obturation (Dentsply Tulsa Specialties, Tulsa, OK, ABD) sistemi, tek kon ve soğuk lateral kondansasyon yöntemleri ile yapmışlardır. Daha sonra her grubu iki alt gruba ayırıp örneklerde Gates Glidden (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK) ve Peaso frezler (Dentsply Maillefer, Tulsa, OK) ile post boşluğu açmışlar ve bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile apikal sızıntı ölçümlerini yapmışlardır. Peaso frezlerin kullanıldığı örneklerde kanal dolgu yöntemleri arasında bir fark bulunamazken Gates Glidden frezler ile post boşluğu

açılan örneklerde tek kon ve SLK kondansasyon gruplarında daha fazla apikal sızıntı ölçüldüğünü belirtmişlerdir (315).

Keleş ve arkadaşları 60 adet insan kanin dişini kronlarından ayırıp kök kanal preparasyonlarını yaptıktan sonra elde ettikleri örneklerin 30 tanesini horizontal olarak ikiye bölmüş ve her iki kök parçasında rond frezle yarım daire şeklinde kavite açmışlardır. Daha sonra bir rezin siman yardımıyla parçaları dentin seviyesinde birleştirerek kök kanalı içerisinde deneysel olarak internal rezorpsiyon kavitesi hazırlamışlardır. Normal ve rezorpsiyonlu örneklerin kanal dolgularını soğuk lateral kondansasyon, Beefill ve Thermafil yöntemleri ile yaparak bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile apikal sızıntı miktarlarını ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre deneysel rezorpsiyon kavitesi hazırlanan örneklerde en fazla apikal sızıntı SLK grubunda tespit edilirken Thermafil grubu en az sızıntı göstermiştir. Normal kök kanalına sahip örneklerde ise en az sızıntı SLK grubunda en fazla sızıntı ise Thermafil grubunda gözlenmiştir (316). Bahsedilen çalışmadaki rezorptif kavitelere sıcak güta perka yöntemlerinin başarısı tahmin edilebilir bir sonuç iken normal köklerde Thermafil grubunun en fazla apikal sızıntı göstermesi uygulama sırasında obturatorlerin uygun sıcaklıkta iken kanala yerleştirilmemesi ve gütanın taşıyıcıdan sıyrılması gibi prosedürel hatalardan kaynaklanabilmektedir (317). Yeni nesil kor taşıyıcılı sistemlerde kor yapısının çapraz bağlı güta perkadan oluşması daha homojen bir kanal dolgusu elde edilebilmesini sağlamaktadır. Mevcut çalışmada Thermaprep fırında ısıtılarak kullanılan ProTaper Next obturatorlar ile apikal sızıntı açısından başarılı/yeterli sonuçlar elde edilmesi bu yapısal özellikleriyle açıklanabilir. Bunun yanı sıra sızıntı çalışmalarının standardizasyonunun zor olması elde edilen farklı sonuçların bir nedeni olarak görülmektedir (6). Bu durumu değerlendirmek amacıyla Karagenç ve arkadaşları 144 adet tek köklü insan dişini kronlarından ayırdıktan sonra kök kanal preparasyonlarını tamamlayıp 8 gruba ayırmışlardır. İlk 4 grubun kök kanal dolgusunu Thermafil diğer 4 grubunkini ise soğuk lateral kondansasyon yöntemi ile yapmışlar ve bu grupları da 4 alt gruba bölerek boya sızıntı, bakteriyel sızıntı, sıvı filtrasyon ve elektrokimyasal yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Sıvı filtrasyon ölçümlerinde SLK grubu Thermafil grubuna göre istatistiksel açıdan daha az sızıntı gösterirken, bakteriyel sızıntı yönteminde ise

bu sonucun tam tersi görülmüştür. Boya sızıntı ve elektrokimyasal yöntemlerde ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (318).

Apikal sızıntı yöntemleri arasında görülen zayıf korelasyon bu yöntemlerin daha güvenilir olan görüntüleme yöntemleriyle ve aynı örnekler üzerinde yapılan tekrarlı ölçümlerle karşılaştırılması fikrini doğurmaktadır. Yanpiset ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 80 adet insan maksiller dişinin distobukkal kökünün kanal preparasyonlarını yaptıktan sonra hazırlamış oldukları örnekleri 4 gruba ayırmışlar ve güta perka (GP), biyoseramik kon (BCC) (Totalfill BC Sealer, FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, İsviçre), AH Plus (AH) ve biyoseramik kanal patı (BCS) (Totalfill BC Sealer, FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) kullanarak kanal dolgularını yapmışlardır. Grup 1:GP/AH, Grup 2:BCC/AH, Grup 3:GP/BCS ve Grup 4:BCC/BCS şeklinde hazırladıkları grupları kanal dolguları yapıldıktan 60 gün sonra bakteriyel sızıntı yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Buna göre tüm gruplar az miktarda bakteriyel sızıntı gösterirken aralarındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Daha sonra her gruptan 2 adet sızıntı gösteren ve 2 adet sızıntı göstermeyen örnek seçip mikro-BT taraması ile kanal dolgusu içerisindeki boşluk miktarını ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçlara göre tüm gruplarda bir miktar boşluk gözlenirken istatistiksel açıdan aralarında bir fark görülmemiştir. Buna göre bakteriyel sızıntı ve mikro-BT analiz sonuçları birbirleriyle uyumlu bulunmuştur (234).

Mevcut çalışmada ise grupların bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ile ölçülen apikal sızıntı miktarları ile mikro-BT analizlerinde kök kanalı içerisinde tespit edilen boşluk miktarları karşılaştırıldı. Mikro-BT taramalarında soğuk lateral kondansasyon grubunda en fazla boşluk gözlenirken diğer gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Apikal sızıntı ölçümlerinde ise en fazla sızıntı yine SLK grubunda görüldü. ULK ve DIO yöntemleri en az apikal sızıntı gösterirken aralarında istatistiksel açıdan fark görülmedi. TPK grubu ile diğer gruplar arasında da istatistiksel olarak fark görüldü. Buna göre TPK grubu SLK grubundan daha az, diğer gruplardan ise daha fazla sızıntı gösterdi.

Bu çalışmada bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ile mikro-BT analizleri arasında pozitif yönde orta derecede korelasyon görülmüştür. Bu nedenle mikro-BT

taramalarında tespit edilen boşlukların sıvı filtrasyon ölçümlerindeki sızıntı miktarlarıyla ilişkili olduğu düşünülmüştür. Bu sonuca göre kök kanal dolgusunun kalitesinin değerlendirildiği çalışmalarda mikro-BT gibi yüksek maliyetli ve tarama ve analiz bakımından zaman alıcı yöntemler yerine bilgisayarlı sıvı filtrasyon yönteminden yararlanabileceği sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte sıvı filtrasyon yönteminde ölçülen sızıntı, sıvının kök kanalı boyunca ilerlemesi ile gerçekleşmektedir. Mikro-BT ile tespit edilen boşlukların bir kısmı ise bu şekilde bir devamlılık göstermemektedir. Ayrıca kanal dolgusu içerisinde mikro-BT ile tespit edilemeyen boşluklar da mevcut olabilmektedir (234). Bu nedenle bu çalışmada kök kanal dolgularının kalitesini değerlendirmekte kullandığımız bu iki yöntem arasındaki korelasyonu değerlendiren daha detaylı ileri çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sınırları dahilinde aşağıdaki sonuçlar elde edildi;

1. Test edilen kanal dolgu teknikleri arasında boşluk miktarı ve dolgu hacmi yüzdesi bakımından anlamlı fark bulundu. Bu nedenle bu yöndeki sıfır hipotezi reddedildi.

2. Mikro-BT analizlerine göre tüm gruplar arasında en az kök kanal dolgu hacmi yüzdesi soğuk lateral kondansasyon grubunda tespit edildi. Diğer gruplar arasında ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamadı.

3. Mikro-BT analizlerine göre kök kanal dolgusu içerisinde internal boşluk miktarı açısından gruplar arasında bir fark görülmedi.

4. Mikro-BT analizlerine göre tüm gruplar arasında en fazla eksternal ve kombine boşluk soğuk lateral kondansasyon grubunda görüldü. Diğer gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamadı.

5. Mikro-BT analizlerine göre tüm gruplar arasında en fazla toplam boşluk miktarı soğuk lateral kondansasyon grubunda görülürken diğer üç grup arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilemedi.

6. Mikro-BT analizlerine göre test edilen kanal dolgu yöntemleri bölgesel olarak değerlendirildiğinde Grup 4'te en az dolgu hacmi yüzdesi ve en fazla boşluk apikal bölgede (0-4 mm) tespit edildi. Orta (4-8 mm) ve koronal (8-12 mm) bölgeler arasında istatistiksel açıdan herhangi bir farklılık bulunamadı.

7. Mikro-BT analizlerine göre test edilen kanal dolgu yöntemleri bölgesel olarak değerlendirildiğinde Grup 1, Grup 2 ve Grup 3'ün apikal, orta ve koronal bölgeleri arasında dolgu hacmi yüzdesi ve toplam boşluk miktarı bakımından istatistiksel bir fark görülmedi. Bununla birlikte Grup 1 ve Grup 3'ün apikaldeki boşluk miktarları Grup 4'e benzer şekilde diğer bölgelerden daha fazla bulundu.

8. Test edilen kanal dolgu yöntemlerinin bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile apikal sızıntı miktarları ölçüldüğünde ise en fazla sızıntı soğuk lateral kondansasyon yöntemi kullanılan grupta olduğu görüldü.

9. Elements Free Obturation ve LM-ProPower grupları en az apikal sızıntı gösterirken aralarında istatistiksel açıdan herhangi bir farklılık tespit edilemedi.

10. Thermaprep grubunun apikal sızıntı miktarının lateral kondansasyon grubundan daha az olduğu görüldü.

11. Soğuk lateral kondansasyon yönteminin kalitesi her iki yöntemle yapılan değerlendirmelerde diğer gruplardan daha az olduğu görüldü.

12. Mikro-BT ve bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ölçümleri arasındaki korelasyon anlamlı bulundu ve bu yöndeki sıfır hipotezi kabul edildi.

13. Mikro-BT ve bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ölçümleri arasında anlamlı bulunan korelasyona dayanarak, çalışmanın sınırları dahilinde daha pahalı, zaman alıcı ve insan sağlığına zararları olabilecek yöntemlere göre bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı gibi objektif yöntemlerin kullanılabileceği sonucuna varıldı.

14. Yapılan bu çalışma kök kanal dolgularında soğuk lateral kondansasyon yönteminin test edilen diğer üç termoplastik güta perka yönteminden daha başarısız olduğu sonucuna varıldı.

15. Genel olarak gruplarda kök kanal dolgularının apikal bölgede daha zayıf orta ve koronal bölgelerde ise daha başarılı olduğu görüldü. Mikro-BT analizleri ile bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ölçümleri birbirleriyle uyumlu bulundu. Ancak yine de bu iki objektif yöntem arasındaki korelasyonun desteklenmesi için daha ileri çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. **Hommez GM, Coppens CR, De Moor RJ.** Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *International endodontic journal*. **2002**;35(8):680-9.
2. **Pagavino G, Giachetti L, Nieri M, Giuliani V, Scaminaci Russo D.** The percentage of gutta-percha-filled area in simulated curved canals when filled using Endo Twinn, a new heat device source. *International endodontic journal*. **2006**;39(8):610-5.
3. **Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J.** A 5 yr clinical investigation of second mesiobuccal canals in endodontically treated and retreated maxillary molars. *Journal of endodontics*. **2005**;31(4):262-4.
4. **Rahimi S, Ghasemi N, Shahi S, Lotfi M, Froughreyhani M, Milani AS, et al.** Effect of blood contamination on the retention characteristics of two endodontic biomaterials in simulated furcation perforations. *Journal of endodontics*. **2013**;39(5):697-700.
5. **Shetty K, Habib VA, Shetty SV, Khed JN, Prabhu VD.** An assessment of coronal leakage of permanent filling materials in endodontically treated teeth: An in vitro study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. **2015**;7(Suppl 2):S607-11.
6. **Pommel L, Jacquot B, Camps J.** Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *Journal of endodontics*. **2001**;27(5):347-50.
7. **de Almeida AP, Souza MA, Miyagaki DC, Dal Bello Y, Cecchin D, Farina AP.** Comparative evaluation of calcium hypochlorite and sodium hypochlorite associated with passive ultrasonic irrigation on antimicrobial activity of a root canal system infected with *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *Journal of endodontics*. **2014**;40(12):1953-7.
8. **Chugal NM, Clive JM, Spangberg LS.** Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2003**;96(1):81-90.
9. **Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Alves FR, Campos LC.** Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a Brazilian population. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2005**;100(3):369-74.
10. **Withworth J.** Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics*. **2005**;12(1):2-24.
11. **Lipski M.** Root surface temperature rises during root canal obturation, in vitro, by the continuous wave of condensation technique using System B HeatSource. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2005**;99(4):505-10.
12. **Kulild J, Lee C, Dryden J, Collins J, Feil P.** A comparison of 5 gutta-percha obturation techniques to replicate canal defects. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2007**;103(1):e28-32.
13. **Schafer E, Olthoff G.** Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. *Journal of endodontics*. **2002**;28(9):638-42.

14. **Muliyar S, Shameem KA, Thankachan RP, Francis PG, Jayapalan CS, Hafiz KA.** Microleakage in endodontics. *Journal of international oral health : JIOH.* **2014**;6(6):99-104.
15. **Bodrumlu E, Tunga U, Alacam T.** Influence of immediate and delayed post space preparation on sealing ability of resilon. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* **2007**;103(6):e61-4.
16. **Pusinanti L, Rubini R, Pellati A, Zerman N.** A simplified post preparation technique after Thermafil obturation: evaluation of apical microleakage and presence of voids using methylene blue dye penetration. *Annali di stomatologia.* **2013**;4(2):184-90.
17. **Joseph R, Singh S.** Evaluation of apical sealing ability of four different sealers using centrifuging dye penetration method: an in vitro study. *The journal of contemporary dental practice.* **2012**;13(6):830-3.
18. **Ashraf H, Faramarzi F, Paymanpour P.** Sealing Ability of Resilon and MTA as Root-end Filling Materials: A Bacterial and Dye Leakage Study. *Iranian endodontic journal.* **2013**;8(4):177-81.
19. **Memis Ozgul B, Bezgin T, Sahin C, Sari S.** Resistance to leakage of various thicknesses of apical plugs of Bioaggregate using liquid filtration model. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology.* **2015**;31(3):250-4.
20. **Inan U, Aydin C, Tunca YM, Basak F.** In vitro evaluation of matched-taper single-cone obturation with a fluid filtration method. *Journal.* **2009**;75(2):123.
21. **Orucoglu H, Sengun A, Yilmaz N.** Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *Journal of endodontics.* **2005**;31(12):886-90.
22. **Tanomaru-Filho M, Luis MR, Leonardo MR, Tanomaru JM, Silva LA.** Evaluation of periapical repair following retrograde filling with different root-end filling materials in dog teeth with periapical lesions. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* **2006**;102(1):127-32.
23. **Chokkalingam M, Ramaprabha, Kandaswamy D.** Three-dimensional helical computed tomographic evaluation of three obturation techniques: In vitro study. *Journal of conservative dentistry : JCD.* **2011**;14(3):273-6.
24. **Wolf M, Kupper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M.** 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clinical oral investigations.* **2014**;18(1):155-61.
25. **van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR.** An evaluation of the quality of root fillings in mandibular incisors and maxillary and mandibular canines using different methodologies. *Journal of dentistry.* **2005**;33(8):683-8.
26. **Liang YH, Yuan M, Li G, Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK.** The ability of cone-beam computed tomography to detect simulated buccal and lingual recesses in root canals. *International endodontic journal.* **2012**;45(8):724-9.
27. **Jung M, Lommel D, Klimek J.** The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International endodontic journal.* **2005**;38(9):617-26.

28. **Olczak K, Pawlicka H.** Evaluation of the Sealing Ability of Three Obturation Techniques Using a Glucose Leakage Test. *BioMed research international*. **2017**;2017:2704094.
29. **Epley SR, Fleischman J, Hartwell G, Cicalese C.** Completeness of root canal obturations: Epiphany techniques versus gutta-percha techniques. *Journal of endodontics*. **2006**;32(6):541-4.
30. **da Silva Neto UX, de Moraes IG, Westphalen VP, Menezes R, Carneiro E, Fariniuk LF.** Leakage of 4 resin-based root-canal sealers used with a single-cone technique. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2007**;104(2):e53-7.
31. **Michaud RA, Burgess J, Barfield RD, Cakir D, McNeal SF, Eleazer PD.** Volumetric expansion of gutta-percha in contact with eugenol. *Journal of endodontics*. **2008**;34(12):1528-32.
32. **Ozok AR, van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR.** Sealing ability of a new polydimethylsiloxane-based root canal filling material. *Journal of endodontics*. **2008**;34(2):204-7.
33. **James BL, Brown CE, Legan JJ, Moore BK, Vail MM.** An in vitro evaluation of the contents of root canals obturated with gutta percha and AH-26 sealer or Resilon and Epiphany sealer. *Journal of endodontics*. **2007**;33(11):1359-63.
34. **Alalçam T.** Endodonti. *Özyurt Matbaacılık*. **2012**:706.
35. **Bodrumlu E, Tunga U.** Coronal sealing ability of a new root canal filling material. *Journal*. **2007**;73(7):623.
36. **Grossman L.** Grossman's Endodontic Practice. *Obturation of the Radicular Space*. **2010**:278-309.
37. **Jasper EA.** Adaptation and Tissue Tolerance of Silver Root Canal Fillings. *Journal of dental research*. **1941**;20(4):355-60.
38. **Chana H, Briggs P, Moss R.** Degradation of a silver point in association with endodontic infection. *International endodontic journal*. **1998**;31(2):141-6.
39. **Margelos J, Eliades G, Palaghias G.** Corrosion pattern of silver points in vivo. *Journal of endodontics*. **1991**;17(6):282-7.
40. **Tsukada G, Tanaka T, Torii M, Inoue K.** Shear modulus and thermal properties of gutta percha for root canal filling. *Journal of oral rehabilitation*. **2004**;31(11):1139-44.
41. **Camps J, Pashley D.** Reliability of the dye penetration studies. *Journal of endodontics*. **2003**;29(9):592-4.
42. **Friedman CE, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW.** Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *Journal of endodontics*. **1977**;3(8):304-8.
43. **Goodman A, Schilder H, Aldrich W.** The thermomechanical properties of gutta-percha. II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1974**;37(6):954-61.

44. **Marciano J, Michalesco P, Abadie MJ.** Stereochemical structure characterization of dental gutta-percha. *Journal of endodontics*. **1993**;19(1):31-4.
45. **Schilder H, Goodman A, Aldrich W.** The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1985**;59(3):285-96.
46. **Cohen S.** Pathways of the pulp. *Tenth Edition*. **2011**:223-82.
47. **Gomes BP, Vianna ME, Matsumoto CU, Rossi Vde P, Zaia AA, Ferraz CC, et al.** Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2005**;100(4):512-7.
48. **Senia ES, Marraro RV, Mitchell JL, Lewis AG, Thomas L.** Rapid sterilization of gutta-percha cones with 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*. **1975**;1(4):136-40.
49. **Moorer WR, Genet JM.** Antibacterial activity of gutta-percha cones attributed to the zinc oxide component. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1982**;53(5):508-17.
50. **Moorer WR, Genet JM.** Evidence for antibacterial activity of endodontic gutta-percha cones. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1982**;53(5):503-7.
51. **Chogle S, Mickel AK, Huffaker SK, Neibaur B.** An in vitro assessment of iodoform gutta-percha. *Journal of endodontics*. **2005**;31(11):814-6.
52. **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. *Journal of endodontics*. **1986**;12(3):100-7.
53. **Raina R, Loushine RJ, Weller RN, Tay FR, Pashley DH.** Evaluation of the quality of the apical seal in Resilon/Epiphany and Gutta-Percha/AH Plus-filled root canals by using a fluid filtration approach. *Journal of endodontics*. **2007**;33(8):944-7.
54. **Tay FR, Pashley DH.** Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *Journal of endodontics*. **2007**;33(4):391-8.
55. **Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R.** Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. *Journal of endodontics*. **2007**;33(1):31-3.
56. **Zmener O, Pameijer CH, Serrano SA, Vidueira M, Macchi RL.** Significance of moist root canal dentin with the use of methacrylate-based endodontic sealers: an in vitro coronal dye leakage study. *Journal of endodontics*. **2008**;34(1):76-9.
57. **Wu MK, Van Der Sluis LW, Wesselink PR.** Fluid transport along gutta-percha backfills with and without sealer. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2004**;97(2):257-62.
58. **Langeland K.** Root canal sealants and pastes. *Dental clinics of North America*. **1974**;18(2):309-27.

59. **Augsburger RA, Peters DD.** Radiographic evaluation of extruded obturation materials. *Journal of endodontics*. **1990**;16(10):492-7.
60. **Alaçam T.** Endodonti. *Özyurt Matbaacılık*. **2012**:769-826.
61. **Çalt-Tarhan S, Uzunoğlu, E.** Kök Kanal Dolgu Maddeleri. *Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*. **2010**;1:1-15.
62. **Norman RD, Phillips RW, Swartz ML, Frankiewicz T.** The Effect of Particle Size on the Physical Properties of Zinc Oxide-Eugenol Mixtures. *Journal of dental research*. **1964**;43:252-62.
63. **Vieillefosse R, Hanegraaff C, Chastagner N.** [I. Contribution to the study of the mechanism of "setting" of eugenol-zinc oxide dental cement. II. Towards a normalization of eugenol]. *Revue française d'odonto-stomatologie*. **1968**;15(4):467-82.
64. **Çalışkan MK.** Endodontide Tanı ve Tedaviler. *Nobel Tıp Kitabevleri*. **2006**:315-432.
65. **Wilson AD, Clinton DJ, Miller RP.** Zinc oxide-eugenol cements. IV. Microstructure and hydrolysis. *Journal of dental research*. **1973**;52(2):253-60.
66. **Hume WR.** In vitro studies on the local pharmacodynamics, pharmacology and toxicology of eugenol and zinc oxide-eugenol. *International endodontic journal*. **1988**;21(2):130-4.
67. **Briseno BM, Willershausen B.** Root canal sealer cytotoxicity on human gingival fibroblasts. 1. Zinc oxide-eugenol-based sealers. *Journal of endodontics*. **1990**;16(8):383-6.
68. **Gulati N, Chandra S, Aggarwal PK, Jaiswal JN, Singh M.** Cytotoxicity of eugenol in sealer containing zinc-oxide. *Endodontics & dental traumatology*. **1991**;7(4):181-5.
69. **Javidi M, Zarei M, Omid S, Ghorbani A, Gharechahi M, Shayani Rad M.** Cytotoxicity of a New Nano Zinc-Oxide Eugenol Sealer on Murine Fibroblasts. *Iranian endodontic journal*. **2015**;10(4):231-5.
70. **Spangberg L.** Biologic effects of root canal filling materials. The effect on bone tissue of two formaldehyde-containing root canal filling pastes: N2 and Riebler's paste. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1974**;38(6):934-44.
71. **Grossman LI, Tatoian J.** Paresthesia from N2. Report of a case. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1978**;46(5):700-1.
72. **Russell DI, Ryan WJ, Towers JF.** Complications of automated root canal treatment. Apical perforation and overfilling. *British dental journal*. **1982**;153(11):393-8.
73. **Ozgoz M, Yagiz H, Cicek Y, Tezel A.** Gingival necrosis following the use of a paraformaldehyde-containing paste: a case report. *International endodontic journal*. **2004**;37(2):157-61.
74. **Lee CH, Choi Y, Park S.** Mandibular bone necrosis after use of paraformaldehyde-containing paste. *Restorative dentistry & endodontics*. **2016**;41(4):332-7.

75. **Friedman S, Moshonov J, Trope M.** Residue of gutta-percha and a glass ionomer cement sealer following root canal retreatment. *International endodontic journal*. **1993**;26(3):169-72.
76. **Friedman S, Komorowski R, Maillet W, Klimaite R, Nguyen HQ, Torneck CD.** In vivo resistance of coronally induced bacterial ingress by an experimental glass ionomer cement root canal sealer. *Journal of endodontics*. **2000**;26(1):1-5.
77. **Najar AL, Saquy PC, Vansan LP, Sousa-Neto MD.** Adhesion of a glass-ionomer root canal sealer to human dentine. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endontology Inc.* **2003**;29(1):20-2.
78. **Carvalho-Junior JR, Guimaraes LF, Correr-Sobrinho L, Pecora JD, Sousa-Neto MD.** Evaluation of solubility, disintegration, and dimensional alterations of a glass ionomer root canal sealer. *Brazilian dental journal*. **2003**;14(2):114-8.
79. **Schafer E, Zandbiglari T.** Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International endodontic journal*. **2003**;36(10):660-9.
80. **Hauman CH, Love RM.** Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. *International endodontic journal*. **2003**;36(3):147-60.
81. **Friedman S, Moshonov J, Trope M.** Efficacy of removing glass ionomer cement, zinc oxide eugenol, and epoxy resin sealers from retreated root canals. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1992**;73(5):609-12.
82. **Holland R, de Souza V.** Ability of a new calcium hydroxide root canal filling material to induce hard tissue formation. *Journal of endodontics*. **1985**;11(12):535-43.
83. **Pawinska M, Skrzydlewska E.** Release of hydroxyl ions from calcium hydroxide preparations used in endodontic treatment. *Roczniki Akademii Medycznej w Białymstoku*. **2003**;48:145-9.
84. **Rothier A, Leonardo MR, Bonetti I, Jr., Mendes AJ.** Leakage evaluation in vitro of two calcium hydroxide and two zinc oxide-eugenol-based sealers. *Journal of endodontics*. **1987**;13(7):336-8.
85. **Barnett F, Trope M, Rooney J, Tronstad L.** In vivo sealing ability of calcium hydroxide-containing root canal sealers. *Endodontics & dental traumatology*. **1989**;5(1):23-6.
86. **McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K.** A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *International endodontic journal*. **2003**;36(9):629-35.
87. **Gatewood RS.** Endodontic Materials. *Dental clinics of North America*. **2007**;51(3):695-712.
88. **Schroeder A.** [The impermeability of root canal filling material and first demonstrations of new root filling materials]. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie*. **1954**;64(9):921-31.
89. **Limkangwalmongkol S, Burtcher P, Abbott PV, Sandler AB, Bishop BM.** A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *Journal of endodontics*. **1991**;17(10):495-9.

90. **Miletic I, Prpic-Mehicic G, Marsan T, Tambic-Andrasevic A, Plesko S, Karlovic Z, et al.** Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. *International endodontic journal*. **2002**;35(5):428-32.
91. **Huang FM, Chang YC.** Prevention of the epoxy resin-based root canal sealers-induced cyclooxygenase-2 expression and cytotoxicity of human osteoblastic cells by various antioxidants. *Biomaterials*. **2005**;26(14):1849-55.
92. **Lee DH, Kim NR, Lim BS, Lee YK, Hwang KK, Yang HC.** Effects of root canal sealers on lipopolysaccharide-induced expression of cyclooxygenase-2 mRNA in murine macrophage cells. *Journal of endodontics*. **2007**;33(11):1329-33.
93. **Lee DH, Lim BS, Lee YK, Kim NR, Yang HC.** Inhibitory effects of root canal sealers on the expression of inducible nitric oxide synthase in lipopolysaccharide-stimulated murine macrophage cells. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials*. **2007**;83(1):91-6.
94. **Mamootil K, Messer HH.** Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International endodontic journal*. **2007**;40(11):873-81.
95. **Athanassiadis B, George GA, Abbott PV, Wash LJ.** A review of the effects of formaldehyde release from endodontic materials. *International endodontic journal*. **2015**;48(9):829-38.
96. **Salz U, Zimmermann J, Salzer T.** Self-curing, self-etching adhesive cement systems. *The journal of adhesive dentistry*. **2005**;7(1):7-17.
97. **Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu LS, Kim SK, Pashley DH, et al.** Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *Journal of endodontics*. **2010**;36(3):383-99.
98. **Liu Q, Hedberg EL, Liu Z, Bahulekar R, Meszlenyi RK, Mikos AG.** Preparation of macroporous poly(2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogels by enhanced phase separation. *Biomaterials*. **2000**;21(21):2163-9.
99. **Rhyme BH, Solomon EA, Rabinowitz JL.** [Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation, and Hydron]. *Journal of endodontics*. **1981**;7(10):458-61.
100. **Langeland K, Olsson B, Pascon EA.** Biological evaluation of Hydron. *Journal of endodontics*. **1981**;7(5):196-204.
101. **Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, et al.** Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *Journal of endodontics*. **2005**;31(9):659-64.
102. **ØRSTAVIK D.** Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*. **2005**;12(1):25-38.
103. **Gogos C, Economides N, Stavrianos C, Kolokouris I, Kokorikos I.** Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *Journal of endodontics*. **2004**;30(4):238-40.
104. **Shipper G, Trope M.** In vitro microbial leakage of endodontically treated teeth using new and standard obturation techniques. *Journal of endodontics*. **2004**;30(3):154-8.

105. **Pinna L, Brackett MG, Lockwood PE, Huffman BP, Mai S, Cotti E, et al.** In vitro cytotoxicity evaluation of a self-adhesive, methacrylate resin-based root canal sealer. *Journal of endodontics*. **2008**;34(9):1085-8.
106. **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. *Journal of endodontics*. **2012**;38(6):842-5.
107. **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. *Journal of endodontics*. **2011**;37(5):673-7.
108. **Hess D, Solomon E, Spears R, He J.** Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *Journal of endodontics*. **2011**;37(11):1547-9.
109. **Camilleri J.** Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. *Journal of endodontics*. **2009**;35(10):1412-7.
110. **Hakki SS, Bozkurt BS, Ozcopur B, Gandolfi MG, Prati C, Belli S.** The response of cementoblasts to calcium phosphate resin-based and calcium silicate-based commercial sealers. *International endodontic journal*. **2013**;46(3):242-52.
111. **Williamson AE, Dawson DV, Drake DR, Walton RE, Rivera EM.** Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration: a coronal leakage evaluation. *Journal of endodontics*. **2005**;31(8):599-604.
112. **Glickman GN, Koch KA.** 21st-century endodontics. *Journal of the American Dental Association*. **2000**;131 Suppl:39S-46S.
113. **Karapinar-Kazandag M, Tanalp J, Bayrak OF, Sunay H, Bayirli G.** Microleakage of various root filling systems by glucose filtration analysis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2010**;109(6):e96-102.
114. **Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M.** An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of endodontics*. **2004**;30(5):342-7.
115. **Alaçam T.** Endodonti. *Özyurt Matbaacılık*. **2012**:705-68.
116. **Ingle JI.** A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1961**;14:83-91.
117. **von Fraunhofer JA, Fagundes DK, McDonald NJ, Dumsha TC.** The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. *International endodontic journal*. **2000**;33(4):355-60.
118. **Elayouti A, Achleithner C, Lost C, Weiger R.** Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *Journal of endodontics*. **2005**;31(9):687-90.

119. **Zmener O, Pameijer CH, Macri E.** Evaluation of the apical seal in root canals prepared with a new rotary system and obturated with a methacrylate based endodontic sealer: an in vitro study. *Journal of endodontics*. **2005**;31(5):392-5.
120. **Monticelli F, Sword J, Martin RL, Schuster GS, Weller RN, Ferrari M, et al.** Sealing properties of two contemporary single-cone obturation systems. *International endodontic journal*. **2007**;40(5):374-85.
121. **Cathro PR, Love RM.** Comparison of MicroSeal and System B/Obtura II obturation techniques. *International endodontic journal*. **2003**;36(12):876-82.
122. **Levitan ME, Himel VT, Luckey JB.** The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *Journal of endodontics*. **2003**;29(8):505-8.
123. **Turk T, Piskin B, Orucoglu H, Aydin B.** Effect of spreader size on microleakage of roots filled with cold lateral compaction technique. *European journal of dentistry*. **2015**;9(3):378-81.
124. **Martin H, Fischer E.** Photoelastic stress comparison of warm (Endotec) versus cold lateral condensation techniques. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. **1990**;70(3):325-7.
125. **Angerame D, De Biasi M, Pecci R, Bedini R, Tommasin E, Marigo L, et al.** Analysis of single point and continuous wave of condensation root filling techniques by micro-computed tomography. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*. **2012**;48(1):35-41.
126. **Garcia-Cuerva M, Horvath L, Pinasco L, Ciparelli V, Gualtieri A, Casadoumecq AC, et al.** Root surface temperature variation during mechanical removal of root canal filling material. An in vitro study. *Acta odontologica latinoamericana : AOL*. **2017**;30(1):33-8.
127. **Lee M, Winkler J, Hartwell G, Stewart J, Caine R.** Current trends in endodontic practice: emergency treatments and technological armamentarium. *Journal of endodontics*. **2009**;35(1):35-9.
128. **Carvalho-Sousa B, Almeida-Gomes F, Carvalho PR, Maniglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED, Albuquerque DS.** Filling lateral canals: evaluation of different filling techniques. *European journal of dentistry*. **2010**;4(3):251-6.
129. **Jacobson HL, Xia T, Baumgartner JC, Marshall JG, Beeler WJ.** Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *Journal of endodontics*. **2002**;28(4):269-71.
130. **Saunders EM.** In vivo findings associated with heat generation during thermomechanical compaction of gutta-percha. 2. Histological response to temperature elevation on the external surface of the root. *International endodontic journal*. **1990**;23(5):268-74.
131. **Johnson WB.** A new gutta-percha technique. *Journal of endodontics*. **1978**;4(6):184-8.
132. **Abarca AM, Bustos A, Navia M.** A comparison of apical sealing and extrusion between Thermafil and lateral condensation techniques. *Journal of endodontics*. **2001**;27(11):670-2.
133. **Katalinic I, Baraba A, Glavicic S, Segovic S, Anic I, Miletic I.** Comparison of vertical forces during root canal filling with three different obturation techniques. *Collegium antropologicum*. **2013**;37(3):895-9.

134. **Gencoglu N, Garip Y, Bas M, Samani S.** Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* **2002**;93(3):333-6.
135. **De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhaes KM, Coutinho-Filho T.** A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *International endodontic journal.* **2006**;39(5):378-83.
136. **Weis MV, Parashos P, Messer HH.** Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *International endodontic journal.* **2004**;37(10):653-63.
137. **Da Silva D, Endal U, Reynaud A, Portenier I, Orstavik D, Haapasalo M.** A comparative study of lateral condensation, heat-softened gutta-percha, and a modified master cone heat-softened backfilling technique. *International endodontic journal.* **2002**;35(12):1005-11.
138. **Kontakiotis E, Chaniotis A, Georgopoulou M.** Fluid filtration evaluation of 3 obturation techniques. *Quintessence international.* **2007**;38(7):e410-6.
139. **Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM.** Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm alpha-phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* **2001**;91(1):89-94.
140. **Gilhooly RM, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM.** Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals. *International endodontic journal.* **2000**;33(5):415-20.
141. **Traube DE, He AS, Zhu L, Scalise C, Richardson T.** Predictors of Substance Abuse Assessment and Treatment Completion for Parents Involved with Child Welfare: One State's Experience in Matching across Systems. *Child welfare.* **2015**;94(5):45-66.
142. **Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P.** Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *Journal of endodontics.* **1977**;3(5):168-74.
143. **Tani-Ishii N, Teranaka T.** Clinical and radiographic evaluation of root-canal obturation with obtura II. *Journal of endodontics.* **2003**;29(11):739-42.
144. **Ansari BB, Umer F, Khan FR.** A clinical trial of cold lateral compaction with Obtura II technique in root canal obturation. *Journal of conservative dentistry : JCD.* **2012**;15(2):156-60.
145. **Emmanuel S, Shantaram K, Sushil KC, Manoj L.** An In-Vitro Evaluation and Comparison of Apical Sealing Ability of Three Different Obturation Technique - Lateral Condensation, Obtura II, and Thermafil. *Journal of international oral health : JIOH.* **2013**;5(2):35-43.
146. **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 journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research.* **2017**;28(2):175-80.
147. **Michanowicz A, Czonstkowsky M.** Sealing properties of an injection-thermoplasticized low-temperature (70 degrees C) Gutta-percha: a preliminary study. *Journal of endodontics.* **1984**;10(12):563-6.

148. **Campbell JP, Thorpe JR.** Safe and easy eucapercha paste preparation. *Journal of endodontics*. **1990**;16(10):505-6.
149. **Zakariasen KL, Stadem PS.** Microleakage associated with modified eucapercha and chloropercha root-canal-filling techniques. *International endodontic journal*. **1982**;15(2):67-70.
150. **Lahor-Soler E, Miranda-Rius J, Brunet-Llobet L, Farre M, Pumarola J.** In vitro study of the apical microleakage with resilon root canal filling using different final endodontic irrigants. *Journal of clinical and experimental dentistry*. **2015**;7(2):e212-7.
151. **Mokhtari H, Shahi S, Janani M, Reyhani MF, Mokhtari Zonouzi HR, Rahimi S, et al.** Evaluation of apical leakage in root canals obturated with three different sealers in presence or absence of smear layer. *Iranian endodontic journal*. **2015**;10(2):131-4.
152. **Yildirim T, Er K, Tasdemir T, Tahan E, Buruk K, Serper A.** Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: a bacterial leakage study. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2010**;109(1):e67-72.
153. **Sakaue H, Komatsu K, Yoshioka T, Ishimura H, Ebihara A, Suda H.** Evaluation of coronal leakage and pathway of dye leakage after obturation with various materials for open apical foramina. *Dental materials journal*. **2013**;32(1):130-7.
154. **Shahriari S, Faramarzi F, Alikhani MY, Farhadian M, Hendi SS.** Apical Sealing Ability of Mineral Trioxide Aggregate, Intermediate Restorative Material and Calcium Enriched Mixture Cement: A Bacterial Leakage Study. *Iranian endodontic journal*. **2016**;11(4):336-40.
155. **Verissimo DM, do Vale MS.** Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *Journal of oral science*. **2006**;48(3):93-8.
156. **Cobankara FK, Orucoglu H, Sengun A, Belli S.** The quantitative evaluation of apical sealing of four endodontic sealers. *Journal of endodontics*. **2006**;32(1):66-8.
157. **Nagas E, Cehreli ZC, Durmaz V, Vallittu PK, Lassila LV.** Regional push-out bond strength and coronal microleakage of Resilon after different light-curing methods. *Journal of endodontics*. **2007**;33(12):1464-8.
158. **Zakizadeh P, Marshall SJ, Hoover CI, Peters OA, Noblett WC, Gansky SA, et al.** A novel approach in assessment of coronal leakage of intraorifice barriers: a saliva leakage and micro-computed tomographic evaluation. *Journal of endodontics*. **2008**;34(7):871-5.
159. **Schmitz A, Lazić E, Koumaki D, Kuonen F, Verykiou S, Rubsam M.** Assessing the in vivo epidermal barrier in mice: dye penetration assays. *The Journal of investigative dermatology*. **2015**;135(2):1-4.
160. **Meinke M, Abdollahnia M, Gahr F, Platzek T, Sterry W, Lademann J.** Migration and penetration of a fluorescent textile dye into the skin--in vivo versus in vitro methods. *Experimental dermatology*. **2009**;18(9):789-92.
161. **Niranjan B, Shashikiran ND, Singla S, Thakur R, Dubey A, Maran S.** A comparative microleakage evaluation of three different base materials in Class I cavity in deciduous molars in sandwich technique using dye penetration and dentin surface interface by scanning electron

microscope. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. **2016**;34(4):324-30.

162. **Souza EM, Pappen FG, Shemesh H, Bonanato-Estrela C, Bonetti-Filho I.** Reliability of assessing dye penetration along root canal fillings using methylene blue. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc*. **2009**;35(3):158-63.

163. **Silveira de Araujo C, Incerti da Silva T, Ogliari FA, Meireles SS, Piva E, Demarco FF.** Microleakage of seven adhesive systems in enamel and dentin. *The journal of contemporary dental practice*. **2006**;7(5):26-33.

164. **Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR.** Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *International endodontic journal*. **1994**;27(5):233-8.

165. **Peters LB, Harrison JW.** A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. *International endodontic journal*. **1992**;25(6):273-8.

166. **Kersten HW, Moorers WR.** Particles and molecules in endodontic leakage. *International endodontic journal*. **1989**;22(3):118-24.

167. **de Almeida J, Pimenta AL, Felipe WT.** A laboratory assessment of bacterial leakage in MTA apical plugs exposed to phosphate-buffered saline. *Acta odontologica latinoamericana : AOL*. **2015**;28(2):144-8.

168. **Wu MK, Wesselink PR.** Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International endodontic journal*. **1993**;26(1):37-43.

169. **Lucena-Martin C, Ferrer-Luque CM, Gonzalez-Rodriguez MP, Robles-Gijon V, Navajas-Rodriguez de Mondelo JM.** A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. *Journal of endodontics*. **2002**;28(6):423-6.

170. **Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Letourneau JM.** Adaptation and porosity of poly-HEMA in a model system using two microorganisms. *Journal of endodontics*. **1980**;6(8):683-6.

171. **Carratu P, Amato M, Riccitiello F, Rengo S.** Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. *Journal of endodontics*. **2002**;28(4):272-5.

172. **Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan WR.** Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *Journal of endodontics*. **2001**;27(1):36-9.

173. **Maltezos C, Glickman GN, Ezzo P, He J.** Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: a bacterial leakage study. *Journal of endodontics*. **2006**;32(4):324-7.

174. **Miletic I, Ribaric SP, Karlovic Z, Jukic S, Bosnjak A, Anic I.** Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. *Journal of endodontics*. **2002**;28(6):431-2.

175. **Mavec JC, McClanahan SB, Minah GE, Johnson JD, Blundell RE, Jr.** Effects of an intracanal glass ionomer barrier on coronal microleakage in teeth with post space. *Journal of endodontics*. **2006**;32(2):120-2.
176. **Britto LR, Grimaudo NJ, Vertucci FJ.** Coronal microleakage assessed by polymicrobial markers. *The journal of contemporary dental practice*. **2003**;4(3):1-10.
177. **Brosco VH, Bernardineli N, Torres SA, Consolaro A, Bramante CM, de Moraes IG, et al.** Bacterial leakage in obturated root canals-part 2: a comparative histologic and microbiologic analyses. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2010**;109(5):788-94.
178. **Nielsen TH.** Sealing ability of chelate root filling cements: the triple CA-test using compressed air, part 3. *Journal of endodontics*. **1980**;6(11):835-41.
179. **Ayyıldız S, Uyar, A., Yüzügüllü, B.** Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve inceleme yöntemleri. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg* **2009**;19(3):219-26.
180. **Pradelle-Plasse N, Wenger F, Picard B, Colon P.** Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: the impedance methodology. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. **2004**;20(5):425-34.
181. **Karadağ S.** Mikrosızıntı araştırma teknikleri ve mikrosızıntıyı etkileyen faktörler. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak*. **2005**;15(2):80-7.
182. **Charlton DG, Moore BK.** In vitro evaluation of two microleakage detection tests. *Journal of dentistry*. **1992**;20(1):55-8.
183. **Taylor MJ, Lynch E.** Microleakage. *Journal of dentistry*. **1992**;20(1):3-10.
184. **Xu Q, Fan MW, Fan B, Cheung GS, Hu HL.** A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2005**;99(1):107-11.
185. **Shemesh H, Wu MK, Wesselink PR.** Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *International endodontic journal*. **2006**;39(12):968-76.
186. **Kim SY, Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Hwang JY, Seo DG.** Quantitative microleakage analysis of endodontic temporary filling materials using a glucose penetration model. *Acta odontologica Scandinavica*. **2015**;73(2):137-43.
187. **Shemesh H, van den Bos M, Wu MK, Wesselink PR.** Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *International endodontic journal*. **2007**;40(11):866-72.
188. **Gonzalez-Castillo S, Bailon-Sanchez ME, Gonzalez-Rodriguez MP, Poyatos-Martinez R, Ferrer-Luque CM.** An in vitro evaluation of two dentine adhesive systems to seal the pulp chamber using a glucose penetration model. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*. **2011**;16(4):e556-60.

189. **Pashley DH, Thompson SM, Stewart FP.** Dentin permeability: effects of temperature on hydraulic conductance. *Journal of dental research*. **1983**;62(9):956-9.
190. **Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME.** Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *The Journal of prosthetic dentistry*. **1986**;56(4):435-40.
191. **Bayram HM, Saklar F, Bayram E, Orucoglu H, Bozkurt A.** Determination of the Apical Sealing Abilities of Mineral Trioxide Aggregate, Portland Cement, and Bioaggregate After Irrigation with Different Solutions. *Journal of international oral health : JIOH*. **2015**;7(6):13-7.
192. **Cobankara FK, Orucoglu H, Ozkan HB, Yildirim C.** Effect of immediate and delayed post preparation on apical microleakage by using methacrylate-based EndoREZ sealer with or without accelerator. *Journal of endodontics*. **2008**;34(12):1504-7.
193. **Bayram HM, Celikten B, Bayram E, Bozkurt A.** Fluid flow evaluation of coronal microleakage intraorifice barrier materials in endodontically treated teeth. *European journal of dentistry*. **2013**;7(3):359-62.
194. **Ceyhanli KT, Orucoglu H, Erdilek N, Turkun M, Akdag MS.** Microleakage of 4 post-luting cements evaluated by the computerized fluid filtration method. *The International journal of artificial organs*. **2015**;38(12):646-50.
195. **Onay EO, Orucoglu H, Kiremitci A, Korkmaz Y, Berk G.** Effect of Er,Cr:YSGG laser irradiation on the apical sealing ability of AH Plus/gutta-percha and Hybrid Root Seal/Resilon Combinations. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2010**;110(5):657-64.
196. **Li Y, Zhou MY, Niu WD.** [Effect of different decalcification condition on tooth-clearing technique]. *Hua xi kou qiang yi xue za zhi = Huaxi kouqiang yixue zazhi = West China journal of stomatology*. **2009**;27(1):13-5, 9.
197. **Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L.** A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing technique. *International endodontic journal*. **2003**;36(1):54-63.
198. **Pirani C, Feletti G, Cretti R, Acquaviva GL, Marchionni S, Prati C.** SEM evaluation of root canal dentin morphology after Ni-Ti instrumentation. *Journal of applied biomaterials & biomechanics : JABB*. **2009**;7(2):116-22.
199. **Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan AI, Tufenkci P, Sevimay S.** Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: a combined SEM and micro-CT study. *Journal of applied oral science : revista FOB*. **2018**;26:e20160584.
200. **Al-Nazhan S, Al-Sulaiman A, Al-Rasheed F, Alnajjar F, Al-Abdulwahab B, Al-Badah A.** Microorganism penetration in dentinal tubules of instrumented and retreated root canal walls. In vitro SEM study. *Restorative dentistry & endodontics*. **2014**;39(4):258-64.
201. **Kumar VR, Bahuguna N, Manan R.** Comparison of efficacy of various root canal irrigation systems in removal of smear layer generated at apical third: An SEM study. *Journal of conservative dentistry : JCD*. **2015**;18(3):252-6.

202. **Iqbal MK, Floratos S, Hsu YK, Karabucak B.** An in vitro comparison of Profile GT and GTX nickel-titanium rotary instruments in apical transportation and length control in mandibular molar. *Journal of endodontics*. **2010**;36(2):302-4.
203. **Duran-Sindreu F, Garcia M, Olivieri JG, Mercade M, Morello S, Roig M.** A comparison of apical transportation between FlexMaster and Twisted Files rotary instruments. *Journal of endodontics*. **2012**;38(7):993-5.
204. **Cheng L, Zhang R, Yu X, Tian Y, Wang H, Zheng G, et al.** A comparative analysis of periapical radiography and cone-beam computerized tomography for the evaluation of endodontic obturation length. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2011**;112(3):383-9.
205. **Rhodes JS, Ford TR, Lynch JA, Liepins PJ, Curtis RV.** Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *International endodontic journal*. **1999**;32(3):165-70.
206. **Adibi S, Zhang, W., Servos, T., O'Neill, P.** Cone Beam Computed Tomography for General Dentists. *School of Dentistry, University of Texas, Houston, USA*. **2012**;1(11).
207. **Ludlow JB, Ivanovic M.** Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2008**;106(1):106-14.
208. **Bornstein MM, Scarfe WC, Vaughn VM, Jacobs R.** Cone beam computed tomography in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. **2014**;29 Suppl:55-77.
209. **Shukla S, Chug A, Afrashtehfar KI.** Role of Cone Beam Computed Tomography in Diagnosis and Treatment Planning in Dentistry: An Update. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. **2017**;7(Suppl 3):S125-S36.
210. **Razavi T, Palmer RM, Davies J, Wilson R, Palmer PJ.** Accuracy of measuring the cortical bone thickness adjacent to dental implants using cone beam computed tomography. *Clinical oral implants research*. **2010**;21(7):718-25.
211. **Venkatesh E, Elluru SV.** Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. **2017**;51(3 Suppl 1):S102-S21.
212. **Nielsen RB, Alyassin AM, Peters DD, Carnes DL, Lancaster J.** Microcomputed tomography: an advanced system for detailed endodontic research. *Journal of endodontics*. **1995**;21(11):561-8.
213. **Kurt MH, Orhan, K.** Diş Hekimliğinde Mikro-Bilgisayarlı Tomografi Kullanımı. *Türkiye Klinikleri Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Özel Dergisi*. **2016**;2(1):14-21.
214. **Swain MV, Xue J.** State of the art of Micro-CT applications in dental research. *International journal of oral science*. **2009**;1(4):177-88.
215. **Kim I, Paik KS, Lee SP.** Quantitative evaluation of the accuracy of micro-computed tomography in tooth measurement. *Clinical anatomy*. **2007**;20(1):27-34.

216. **Gantt DG, Kappleman J, Ketcham RA, Alder ME, Deahl TH.** Three-dimensional reconstruction of enamel thickness and volume in humans and hominoids. *European journal of oral sciences.* **2006**;114 Suppl 1:360-4; discussion 75-6, 82-3.
217. **Neues F, Epple M.** X-ray microcomputer tomography for the study of biomineralized endo- and exoskeletons of animals. *Chemical reviews.* **2008**;108(11):4734-41.
218. **Zou W, Hunter N, Swain MV.** Application of polychromatic microCT for mineral density determination. *Journal of dental research.* **2011**;90(1):18-30.
219. **Guldborg RE, Lin AS, Coleman R, Robertson G, Duvall C.** Microcomputed tomography imaging of skeletal development and growth. *Birth defects research Part C, Embryo today : reviews.* **2004**;72(3):250-9.
220. **Elnour M, Khabeer A, AlShwaimi E.** Evaluation of root canal morphology of maxillary second premolars in a Saudi Arabian sub-population: An in vitro microcomputed tomography study. *The Saudi dental journal.* **2016**;28(4):162-8.
221. **Alkaabi W, AlShwaimi E, Farooq I, Goodis HE, Chogle SM.** A Micro-Computed Tomography Study of the Root Canal Morphology of Mandibular First Premolars in an Emirati Population. *Medical principles and practice : international journal of the Kuwait University, Health Science Centre.* **2017**;26(2):118-24.
222. **Keles A, Keskin C.** Apical Root Canal Morphology of Mesial Roots of Mandibular First Molar Teeth with Vertucci Type II Configuration by Means of Micro-Computed Tomography. *Journal of endodontics.* **2017**;43(3):481-5.
223. **Guimaraes LS, Gomes CC, Marceliano-Alves MF, Cunha RS, Provenzano JC, Siqueira JF, Jr.** Preparation of Oval-shaped Canals with TRUShape and Reciproc Systems: A Micro-Computed Tomography Study Using Contralateral Premolars. *Journal of endodontics.* **2017**;43(6):1018-22.
224. **Wei Z, Cui Z, Yan P, Jiang H.** A comparison of the shaping ability of three nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study via a contrast radiopaque technique in vitro. *BMC oral health.* **2017**;17(1):39.
225. **Nhatta J, Machado R, Vansan LP, Batista A, Sidney G, Rosa TP, et al.** Micro-computed tomography and bond strength analysis of different root canal filling techniques. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research.* **2014**;25(6):698-701.
226. **Iglecias EF, Freire LG, de Miranda Candeiro GT, Dos Santos M, Antoniazzi JH, Gavini G.** Presence of Voids after Continuous Wave of Condensation and Single-cone Obturation in Mandibular Molars: A Micro-computed Tomography Analysis. *Journal of endodontics.* **2017**;43(4):638-42.
227. **Rodrigues CT, Duarte MA, de Almeida MM, de Andrade FB, Bernardineli N.** Efficacy of CM-Wire, M-Wire, and Nickel-Titanium Instruments for Removing Filling Material from Curved Root Canals: A Micro-Computed Tomography Study. *Journal of endodontics.* **2016**;42(11):1651-5.
228. **Rossi-Fedele G, Ahmed HM.** Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *Journal of endodontics.* **2017**;43(4):520-6.

229. **Yoo JH, Choi BH, Li J, Kim HS, Ko CY, Xuan F, et al.** Influence of premature exposure of implants on early crestal bone loss: an experimental study in dogs. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2008**;105(6):702-6.
230. **Renders GA, Mulder L, van Ruijven LJ, van Eijden TM.** Porosity of human mandibular condylar bone. *Journal of anatomy*. **2007**;210(3):239-48.
231. **Davis GR, Fearn JM, Sabel N, Noren JG.** Microscopic study of dental hard tissues in primary teeth with Dentinogenesis Imperfecta Type II: Correlation of 3D imaging using X-ray microtomography and polarising microscopy. *Archives of oral biology*. **2015**;60(7):1013-20.
232. **Dursun E, Dursun CK, Eratalay K, Orhan K, Celik HH, Tozum TF.** Do Porous Titanium Granule Grafts Affect Bone Microarchitecture at Augmented Maxillary Sinus Sites? A Pilot Split-Mouth Human Study. *Implant dentistry*. **2015**;24(4):427-33.
233. **Ho ES, Chang JW, Cheung GS.** Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative dentistry & endodontics*. **2016**;41(1):22-8.
234. **Yanpiset K, Banomyong D, Chotvorarak K, Srisatjaluk RL.** Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. *Restorative dentistry & endodontics*. **2018**;43(3):e30.
235. **Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR, Moorer WR.** Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *International endodontic journal*. **1993**;26(4):203-8.
236. **Orucoglu H, Şengü, A., Yılmaz, Y., Çobankara, F.K.** Yeni bir bilgisayarlı sıvı filtrasyon ölçüm cihazının güvenilirlik analizi. *Cumhuriyet Üni Diş Hek Fak Derg*. **2005**;2(8):98-104.
237. **Orucoglu H.** Farklı Kök Kanal Patlarının Apikal Sızıntısının Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Yöntemi ile Değerlendirilmesi ve Kanal Patlarının Kök Kanal Dentini ile Olan Bağlantılarının Push-out Tekniği ve SEM ile İncelenmesi. *Doktora Tezi*. **2003**:30-45.
238. **Pashley DH.** Dentin permeability: theory and practice In "Experimental Endodontics". *Ed by Spangberg LSW, Inc USA: CRC Press*. **1990**:19-50.
239. **Balto HA.** Obturation Techniques Allow Microbial Leakage Unless Protected. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. **2016**;25(3):224-8.
240. **Celikten B, C FU, A IO, Tufenkci P, Misirli M, K OD, et al.** Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of oral science*. **2015**;57(4):361-6.
241. **Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Gogulnath D, Kindo AJ.** Dentinal tubule disinfection with 2% chlorhexidine gel, propolis, morinda citrifolia juice, 2% povidone iodine, and calcium hydroxide. *International endodontic journal*. **2010**;43(5):419-23.
242. **Tabassum S, Khan FR.** Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *European journal of dentistry*. **2016**;10(1):144-7.
243. **Britto LR, Borer RE, Vertucci FJ, Haddix JE, Gordan VV.** Comparison of the apical seal obtained by a dual-cure resin based cement or an epoxy resin sealer with or without the use of an acidic primer. *Journal of endodontics*. **2002**;28(10):721-3.

244. **Viapiana R, Moinzadeh AT, Camilleri L, Wesselink PR, Tanomaru Filho M, Camilleri J.** Porosity and sealing ability of root fillings with gutta-percha and BioRoot RCS or AH Plus sealers. Evaluation by three ex vivo methods. *International endodontic journal*. **2016**;49(8):774-82.
245. **Ahuja L, Jasuja P, Verma KG, Juneja S, Mathur A, Walia R, et al.** A Comparative Evaluation of Sealing Ability of New MTA Based Sealers with Conventional Resin Based Sealer: An In-vitro Study. *Journal of clinical and diagnostic research : JCDR*. **2016**;10(7):ZC76-9.
246. **Monajemzadeh A, Ahmadi Asoor S, Aslani S, Sadeghi-Nejad B.** In vitro antimicrobial effect of different root canal sealers against oral pathogens. *Current medical mycology*. **2017**;3(2):7-12.
247. **Nirupama DN, Nainan MT, Ramaswamy R, Muralidharan S, Usha HH, Sharma R, et al.** In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Efficacy of Four Endodontic Biomaterials against *Enterococcus faecalis*, *Candida albicans*, and *Staphylococcus aureus*. *International journal of biomaterials*. **2014**;2014:383756.
248. **Seelan RG, Kumar AA, Emil Sam RJ, Maheswari SU.** Antimicrobial efficacy of different root canal sealers by using real-time polymerase chain reaction: An ex vivo study. *Journal of conservative dentistry : JCD*. **2015**;18(6):474-8.
249. **Rezende GC, Massunari L, Queiroz IO, Gomes Filho JE, Jacinto RC, Lodi CS, et al.** Antimicrobial action of calcium hydroxide-based endodontic sealers after setting, against *E. faecalis* biofilm. *Brazilian oral research*. **2016**;30.
250. **Poggio C, Trovati F, Ceci M, Colombo M, Pietrocola G.** Antibacterial activity of different root canal sealers against *Enterococcus faecalis*. *Journal of clinical and experimental dentistry*. **2017**;9(6):e743-e8.
251. **Arora S, Mir S, Gautam A, Batra R, Soni S, Lata K.** Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Root Canal Sealers against *Enterococcus faecalis*: A Comparative Study. *The journal of contemporary dental practice*. **2018**;19(6):680-3.
252. **Smadi L, Khraisat A, Al-Tarawneh SK, Mahafzah A, Salem A.** In vitro evaluation of the antimicrobial activity of nine root canal sealers: direct contact test. *Odonto-stomatologie tropicale = Tropical dental journal*. **2008**;31(124):11-8.
253. **Prestegard H, Portenier I, Orstavik D, Kayaoglu G, Haapasalo M, Endal U.** Antibacterial activity of various root canal sealers and root-end filling materials in dentin blocks infected ex vivo with *Enterococcus faecalis*. *Acta odontologica Scandinavica*. **2014**;72(8):970-6.
254. **Dalmia S, Gaikwad A, Samuel R, Aher G, Gulve M, Kolhe S.** Antimicrobial Efficacy of Different Endodontic Sealers against *Enterococcus faecalis*: An In vitro Study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. **2018**;8(2):104-9.
255. **Robia G.** Comparative radiographic assessment of root canal obturation quality: manual verses rotary canal preparation technique. *International journal of biomedical science : IJBS*. **2014**;10(2):136-42.
256. **Kierklo A, Tabor Z, Pawinska M, Jaworska M.** A microcomputed tomography-based comparison of root canal filling quality following different instrumentation and obturation techniques. *Medical principles and practice : international journal of the Kuwait University, Health Science Centre*. **2015**;24(1):84-91.

257. **Molyvdas I, Zervas P, Lambrianidis T, Veis A.** Periodontal tissue reactions following root canal obturation with an injection-thermoplasticized gutta-percha technique. *Endodontics & dental traumatology*. **1989**;5(1):32-7.
258. **Golden AL, Hennet PR.** Root canal obturation using Thermafil endodontic obturators in dog teeth. *Journal of veterinary dentistry*. **1992**;9(3):4-7.
259. **Gomes MS, Barletta FB, Della Bona A, Vanni JR, Pereira Cda C, de Figueiredo JA.** Microbial leakage and apical inflammatory response in dog's teeth after root canal filling with different sealers, post space preparation and exposure to the oral environment. *Journal of applied oral science : revista FOB*. **2007**;15(5):429-36.
260. **Chohayeb AA.** Comparison of conventional root canal obturation techniques with Thermafil obturators. *Journal of endodontics*. **1992**;18(1):10-2.
261. **Barbizam JV, Souza M, Cecchin D, Dabbel J.** Effectiveness of a silicon-based root canal sealer for filling of simulated lateral canals. *Brazilian dental journal*. **2007**;18(1):20-3.
262. **Gok T, Capar ID, Akcay I, Keles A.** Evaluation of Different Techniques for Filling Simulated C-shaped Canals of 3-dimensional Printed Resin Teeth. *Journal of endodontics*. **2017**;43(9):1559-64.
263. **Hammad M, Qualtrough A, Silikas N.** Evaluation of root canal obturation: a three-dimensional in vitro study. *Journal of endodontics*. **2009**;35(4):541-4.
264. **Nordmeyer S, Schnell V, Hulsmann M.** Comparison of root canal preparation using Flex Master Ni-Ti and Endo-Eze AET stainless steel instruments. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2011**;111(2):251-9.
265. **Weine FS, Kelly RF, Lio PJ.** The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *Journal of endodontics*. **1975**;1(8):255-62.
266. **Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH.** The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *Journal of the American Dental Association*. **1980**;101(5):792-4.
267. **al-Omari MA, Dummer PM.** Canal blockage and debris extrusion with eight preparation techniques. *Journal of endodontics*. **1995**;21(3):154-8.
268. **Peters OA.** Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *Journal of endodontics*. **2004**;30(8):559-67.
269. **Zmener O, Pameijer CH, Banegas G.** Retreatment efficacy of hand versus automated instrumentation in oval-shaped root canals: an ex vivo study. *International endodontic journal*. **2006**;39(7):521-6.
270. **Li H, Zhai F, Zhang R, Hou B.** Evaluation of microsurgery with SuperEBA as root-end filling material for treating post-treatment endodontic disease: a 2-year retrospective study. *Journal of endodontics*. **2014**;40(3):345-50.
271. **Wu MK, Wesselink PR.** A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *International endodontic journal*. **2001**;34(2):137-41.

272. **Cohen S.** Pathways of the Pulp. **2016**;Eleventh Edition:686-797.
273. **Soros C, Zinelis S, Lambrianidis T, Palaghias G.** Spreader load required for vertical root fracture during lateral compaction ex vivo: evaluation of periodontal simulation and fracture load information. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* **2008**;106(2):e64-70.
274. **Brosh T, Metzger Z, Pilo R.** Circumferential root strains generated during lateral compaction with stainless steel vs. nickel-titanium finger spreaders. *European journal of oral sciences.* **2018**.
275. **Baumgardner KR, Krell KV.** Ultrasonic condensation of gutta-percha: an in vitro dye penetration and scanning electron microscopic study. *Journal of endodontics.* **1990**;16(6):253-9.
276. **Bailey GC, Ng YL, Cunningham SA, Barber P, Gulabivala K, Setchell DJ.** Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-percha. Part II: an in vitro investigation of the quality of obturation. *International endodontic journal.* **2004**;37(10):694-8.
277. **Deitch AK, Liewehr FR, West LA, Patton WR.** A comparison of fill density obtained by supplementing cold lateral condensation with ultrasonic condensation. *Journal of endodontics.* **2002**;28(9):665-7.
278. **Eriksson AR, Albrektsson T.** Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital-microscopic study in the rabbit. *The Journal of prosthetic dentistry.* **1983**;50(1):101-7.
279. **Bailey GC, Cunningham SA, Ng YL, Gulabivala K, Setchell DJ.** Ultrasonic condensation of gutta-percha: the effect of power setting and activation time on temperature rise at the root surface - an in vitro study. *International endodontic journal.* **2004**;37(7):447-54.
280. **Wu MK, Kast'akova A, Wesselink PR.** Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *International endodontic journal.* **2001**;34(6):485-91.
281. **Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH.** Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *Journal of endodontics.* **2005**;31(1):37-9.
282. **Greco K, Cantatore, G.** A critical approach to the root canal obturation techniques. *Giornale Italiano di Endodonzia.* **2014**;28(2):48-78.
283. **Inan U, Aydemir H, Tasdemir T.** Leakage evaluation of three different root canal obturation techniques using electrochemical evaluation and dye penetration evaluation methods. *Australian endodontic journal : the journal of the Australian Society of Endodontology Inc.* **2007**;33(1):18-22.
284. **Yucel AC, Ciftci A.** Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* **2006**;102(4):e88-92.
285. **Ozcan E, Eldeniz AU, Aydinbelge HA.** Assessment of the sealing abilities of several root canal sealers and filling methods. *Acta odontologica Scandinavica.* **2013**;71(6):1362-9.

286. **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. *Journal of clinical and experimental dentistry*. **2017**;9(1):e56-e60.
287. **Tasdemir T, Er K, Yildirim T, Buruk K, Celik D, Cora S, et al.** Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2009**;108(3):e129-34.
288. **Kim SY, Kim KJ, Yi YA, Seo DG.** Quantitative microleakage analysis of root canal filling materials in single-rooted canals. *Scanning*. **2015**;37(4):237-45.
289. **Gatewood RS, Farrar JR.** Cross-sectional assessment of apical dye penetration following three endodontic obturation techniques. *General dentistry*. **2009**;57(6):590-4.
290. **Callis PD, Mannan G.** Microleakage of retrograde root fillings: assessment using a novel measurement system. *Journal of endodontics*. **1994**;20(11):555-7.
291. **Likhitkar MS, Kulkarni SV, Burande A, Solanke V, Kumar CS, Kamble B.** To evaluate the influence of smear layer with different instruments and obturation methods on microleakage of root canal filled teeth: In vitro study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. **2016**;6(3):240-4.
292. **Kontakiotis EG, Georgopoulou MK, Morfis AS.** Dye penetration in dry and water-filled gaps along root fillings. *International endodontic journal*. **2001**;34(2):133-6.
293. **Gencoglu N, Orucoglu H, Helvacioğlu D.** Apical leakage of different gutta-percha techniques: thermafil, js quick-fill, soft core, microseal, system B and lateral condensation with a computerized fluid filtration meter. *European journal of dentistry*. **2007**;1(2):97-103.
294. **Dundar A, Yavuz T, Orucoglu H, Daneshmehr L, Yalcin M, Sengun A.** Evaluation of the permeability of five desensitizing agents using computerized fluid filtration. *Nigerian journal of clinical practice*. **2015**;18(5):601-6.
295. **Espir CG, Nascimento CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Bonetti-Filho I, Tanomaru-Filho M.** Radiographic and micro-computed tomography classification of root canal morphology and dentin thickness of mandibular incisors. *Journal of conservative dentistry : JCD*. **2018**;21(1):57-62.
296. **Espir CG, Nascimento-Mendes CA, Guerreiro-Tanomaru JM, Cavenago BC, Hungaro Duarte MA, Tanomaru-Filho M.** Shaping ability of rotary or reciprocating systems for oval root canal preparation: a micro-computed tomography study. *Clinical oral investigations*. **2018**.
297. **Naseri M, Kangarlou A, Khavid A, Goodini M.** Evaluation of the quality of four root canal obturation techniques using micro-computed tomography. *Iranian endodontic journal*. **2013**;8(3):89-93.
298. **Zaslansky P, Fratzl P, Rack A, Wu MK, Wesselink PR, Shemesh H.** Identification of root filling interfaces by microscopy and tomography methods. *International endodontic journal*. **2011**;44(5):395-401.

299. **Somma F, Cretella G, Carotenuto M, Pecci R, Bedini R, De Biasi M, et al.** Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography. *International endodontic journal*. **2011**;44(4):362-9.
300. **Keles A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA.** Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *International endodontic journal*. **2014**;47(12):1177-84.
301. **Zogheib C, Hanna M, Pasqualini D, Naaman A.** Quantitative volumetric analysis of cross-linked gutta-percha obturators. *Annali di stomatologia*. **2016**;7(3):46-51.
302. **Zogheib C, Naaman A, Sigurdsson A, Medioni E, Bourbouze G, Arbab-Chirani R.** Comparative micro-computed tomographic evaluation of two carrier-based obturation systems. *Clinical oral investigations*. **2013**;17(8):1879-83.
303. **Boutsioukis C, Gogos C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Van der Sluis LW.** The effect of root canal taper on the irrigant flow: evaluation using an unsteady Computational Fluid Dynamics model. *International endodontic journal*. **2010**;43(10):909-16.
304. **Zogheib C, Naaman A, Medioni E, Arbab-Chirani R.** Influence of apical taper on the quality of thermoplasticized root fillings assessed by micro-computed tomography. *Clinical oral investigations*. **2012**;16(5):1493-8.
305. **Alrahabi M, Zafar MS.** Assessment of apical transportation caused by nickel-titanium rotary systems with full rotation and reciprocating movements using extracted teeth and resin blocks with simulated root canals: A comparative study. *Nigerian journal of clinical practice*. **2018**;21(6):772-7.
306. **Tian SY, Bai W, Liang YH.** [Impact of apical preparation diameter on fracture resistance of mandibular premolar roots]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. **2017**;49(1):92-5.
307. **Moeller L, Wenzel A, Wegge-Larsen AM, Ding M, Kirkevang LL.** Quality of root fillings performed with two root filling techniques. An in vitro study using micro-CT. *Acta odontologica Scandinavica*. **2013**;71(3-4):689-96.
308. **Gound TG, Sather JP, Kong TS, Makkawy HA, Marx DB.** Graduating dental students' ability to produce quality root canal fillings using single- or multiple-cone obturation techniques. *Journal of dental education*. **2009**;73(6):696-705.
309. **Versiani MA, Carvalho-Junior JR, Padilha MI, Lacey S, Pascon EA, Sousa-Neto MD.** A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. *International endodontic journal*. **2006**;39(6):464-71.
310. **Flores DS, Rached FJ, Jr., Versiani MA, Guedes DF, Sousa-Neto MD, Pecora JD.** Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International endodontic journal*. **2011**;44(2):126-35.
311. **Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Junior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al.** Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International endodontic journal*. **2012**;45(5):419-28.
312. **Juhlin JJ, Walton RE, Dovgan JS.** Adaptation of thermafil components to canal walls. *Journal of endodontics*. **1993**;19(3):130-5.

313. **Pommel L, Camps J.** In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *Journal of endodontics*. **2001**;27(7):449-51.
314. **Yilmaz Z, Deniz D, Ozcelik B, Sahin C, Cimilli H, Cehreli ZC, et al.** Sealing efficiency of BeeFill 2in1 and System B/Obtura II versus single-cone and cold lateral compaction techniques. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2009**;108(6):e51-5.
315. **Ozkurt-Kayahan Z, Barut G, Ulusoy Z, Orucoglu H, Kayahan MB, Kazazoglu E, et al.** Influence of Post Space Preparation on the Apical Leakage of Calamus, Single-Cone and Cold Lateral Condensation Obturation Techniques: A Computerized Fluid Filtration Study. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. **2017**.
316. **Keles A, Ahmetoglu F, Ocak MS, Dayi B, Bozkurt A, Orucoglu H.** Comparative analysis of three different filling techniques and the effects of experimental internal resorptive cavities on apical microleakage. *European journal of dentistry*. **2014**;8(1):32-7.
317. **ElAyouti A, Kiefner P, Hecker H, Chu A, Lost C, Weiger R.** Homogeneity and adaptation of endodontic fillings in root canals with enlarged apical preparation. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2009**;108(3):e141-6.
318. **Karagenc B, Gencoglu N, Ersoy M, Cansever G, Kulekci G.** A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. **2006**;102(1):110-3.

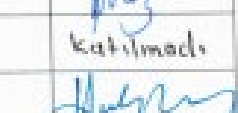
8. EKLER

Ek 1: Etik Kurul Onayı

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU ONAYI
ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY CLINICAL RESEARCHES ETHICS COMMITTEE APPROVAL
 Sayı : 704
 Tarih : 27.05/2016
 Konu : Kararlar

BASVURU BİLGİLERİ (APPLICATION INFORMATION)	ARAŞTIRMANIN ADI (TITLE OF THE PROJECT)	Farklı kanal doldurma yöntemleriyle doldurulan kök kanallarının dolgu kalitesinin mikro bilgisayarlı tomografi ve bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazıyla değerlendirilmesi
	SORUMLU ARAŞTIRMACI (PRINCIPAL INVESTIGATOR)	Prof.Dr.Hasan ORUÇOĞLU
	DİĞER ARAŞTIRMACILAR (OTHER INVESTIGATORS)	Zuhal ULUSOY
	ARAŞTIRMA MERKEZİ (RESEARCH CENTER)	AİBÜ Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD Öğretim Üyesi

KARAR (DECISION)	Karar no (Decision No): 2016/06	Tarih (Date): 12.05.2016
	Prof.Dr.Hasan ORUÇOĞLU'Nun sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma dosyası ve ilgili belgelerin incelenmesi sonucunda araştırmanın gerçekleştirilmesinde etik yönden sakınca olmadığına mevcudun oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir...	

Üyeler	Uzmanlık alanı	Kurumu	İmza
Prof. Dr. Nimet KABAKUŞ (Başkan)	Tıp Fakültesi	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD	
Prof. Dr. Safiye GÜREL (Başkan Yrd.)	Tıp Fakültesi	Radyoloji AD	
Doç. Dr. Alkan AKKAYA (Raporör)	Tıp Fakültesi	Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD	
Prof. Dr. Akçeltan GEPDİREMEN (Üye)	Tıp Fakültesi	Farmakoloji AD	
Doç. Dr. Hüsamettin ÇAKICI (Üye)	Tıp Fakültesi	Ortopedi ve Travmatoloji AD	
Doç. Dr. Uğur ÜYETÜRK (Üye)	Tıp Fakültesi	Üroloji AD	
Yrd. Doç. Dr. Aysu KIYAN (Üye)	Tıp Fakültesi	Halk Sağlığı AD	katılmadı
Yrd. Doç. Dr. Erkan KILINÇ (Üye)	Tıp Fakültesi	Fizyoloji AD	
Yrd. Doç. Dr. Mervan BEKDAŞ (Üye)	Tıp Fakültesi	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD	
Hatice Selen SÖYLEMEZ (Üye)	Eczacı	Özel	katılmadı
Av. Huri Hülya GÜNEŞ COŞKUN (Üye)	Hukukçu	Özel Hukuk Bürosu	
Erkan AKMAN (Üye)	LB Anadolu Lisesi	Öğretmen	

9. ÖZGEÇMİŞ

Zuhal ULUSOY 22.09.1985 tarihinde Çanakkale’de doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Çanakkale’de tamamladı. 2003 yılında girdiği Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden 2008 yılında mezun oldu. 2009-2014 yılları arasında İstanbul’da Sağlık Bakanlığı Kartal Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi’nde diş hekimi olarak görev yaptı. 2014 yılında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitime başladı. O tarihten itibaren aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmakta ve uzmanlık eğitime devam etmektedir.

