

K.K.T.C.
YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KANAL DOLUM TEKNİKLERİNİN VE KANAL DOLUM
PATLARININ MİKROSIZDIRMAZLIK KAPASİTELERİNİN VE
BAĞLANMA DAYANIMLARININ *İN VİTRO* OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ

Diş Hek. Pervin DABAJ

Endodonti Programı
DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Atakan KALENDER

LEFKOŞA

2018

TEŞEKKÜR

Hekimlik mesleğinin öğrenilmesinde ara kademelerden biri olan asistanlık eğitimimin sonuna gelmiş bulunuyorum. Doktora eğitimim boyunca bilgisinden faydalandığım, insani ve ahlâki değerleri ile de örnek edindiğim, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli danışman hocam Doç. Dr. Atakan Kalender'e, yurtiçi ve yurtdışı klinik deney ve makale yazımında bana sağlamış olduğu olanaklar, verdiği destek ve paylaştığı tecrübelerinden dolayı Prof. Dr. Ayçe Ünverdi Eldeniz'e, bölüm içinde benden desteğini esirgemeyen bölüm başkanım Prof. Dr. Yaşar Meriç Tunca'ya, güler yüzle destek ve yardımlarını benden esirgemeyen kıdemli meslektaşlarım Doç. Dr. Umut Aksoy ağabeyime ve Yrd. Doç. Dr. Fatma Kermeoğlu ablama, mesleki hayatımda her zaman yanımda duran ve desteklerini eksik etmeyen nişanlım ve meslektaşım Dr. Hüseyin Aktöre'ye ve bu yolculuğumda her zaman yanımda olan, sevgili çekirdek ailem, kardeşlerim Dt. Oğuz Hamiş ve Dt. Salim Ongun'a, klinik hemşire ve çalışanlarına, son olarakta bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Dabaj, P. Farklı Kanal Dolum Tekniklerinin ve Kanal Dolum Patlarının Mikrosızdırmazlık Kapasitelerinin ve Bağlanma Dayanımlarının İn Vitro Olarak Değerlendirilmesi. Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti Programı, Doktora Tezi, Lefkoşa, 2018

Bu tez çalışmasının amacı, 2 farklı kanal dolgu tekniğinin (termoplastik enjeksiyon – soğuk lateral kompaksiyon) ve 2 farklı kanal dolgu patının (Endosequence BC Sealer - AH Plus) bakteriyel infiltrasyon tekniği ile mikrosızdırmazlık kapasitelerinin, push-out itme testi ile bağlanma dayanımlarının ve SEM analizi ile dentin adaptasyonlarının değerlendirilmesidir. Totalde 108 adet çekilmiş tek köklü alt premolar diş 4 deneysel ve 2 kontrol gruba ayrılmıştır (Grup 1: AH Plus – soğuk lateral kompaksiyon, Grup 2: Endosequence BC Sealer – soğuk lateral kompaksiyon, Grup 3: AH Plus – termoplastik enjeksiyon, Grup 4: Endosequence BC Sealer – termoplastik enjeksiyon, Grup 5: Pozitif kontrol, Grup 6: Negatif kontrol). Dolumları tamamlanan örneklerin 80 adedi bakteriyel infiltrasyon testine tabi tutulmuştur. *Enterococcus faecalis* inokulumu yapılan örnekler 90 gün süre ile incelenerek düzenekteki cam tüpler hergün kontrol edilmiş ve sıvı besiyerinin bulanıklaşması sızıntı günü olarak kaydedilmiştir. Push-out itme testinde ise örneklerin 20 adedi kullanılmıştır. Örneklerin koronal, orta ve apikal üçlüsünden hassas kesim cihazı ile su soğutması altında 1 mm kalınlığında horizontal disk şeklinde kesitler elde edilmiştir. Universal test cihazı kullanılarak 0.5 mm / dakika kafa hızında kuvvet uygulanmış ve kopma verileri kaydedilmiştir. SEM analizinde ise örneklerin geriye kalan 8 adedi kullanılmış ve kanal dolgu yöntemleri ile patların radiküler dentine adaptasyonları incelenmiştir. İstatistiksel analizde nonparametrik testler kullanılmış, bakteriyel infiltrasyon testi için Kaplan – Meier sağkalım analizi ile parametrelerin gruplararası karşılaştırılmasında Long – rank testi, push-out itme testinde ise Kruskal – Wallis analizi ile ikili karşılaştırmalarda Mann – Whitney testi kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel analiz sonucu AH Plus – soğuk lateral kompaksiyon grubu, istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde en düşük sızıntı değerlerini ($p < 0.05$), aynı zamanda en yüksek bağlanma dayanımı verilerini ($p < 0.001$) göstermiştir. Çalışmanın sınırları içinde sızıntı ve bağlanma dayanımı arasında negatif güçlü bir ilişki bulunmuştur. SEM değerlendirmesinde ise AH

Plus gruplarında radiküler dentin tübüllerine rezin uzantıları gözlenirken, Endosequence BC Sealer gruplarında herhangi bir uzantı oluşumu gözlenmemiştir.

Anahtar kelimeler: Koronal bakteriyel sızıntı, Endosequence BC Sealer, AH Plus, bağlanma dayanımı, push-out itme testi

Destekleyen kurum: Yakın Doğu Üniversitesi Centre of Excellence (Proje No: 2016 – 04031)

ABSTRACT

Dabaj, P. Evaluation of Coronal Microleakage and Push-Out Bond Strength of Roots Filled With Two Different Techniques Using New and Conventional Sealers. Near East University Institute of Health and Sciences, Endodontics, PhD Thesis, Nicosia, 2018

The aim of this *in vitro* study was to evaluate and compare the influence of calcium silicate based sealer Endosequence BC Sealer and epoxy resin based sealer AH Plus in roots filled with thermoplasticized injectable technique and cold lateral compaction technique on coronal microleakage, push-out bond strength and dentin adaptation. A total of 108 single-rooted mandibular premolar teeth were chosen for the study and divided into 4 experimental and 2 control groups (Group 1: AH Plus – cold lateral compaction, Group 2: Endosequence BC Sealer – cold lateral compaction, Group 3: AH Plus – thermoplasticized injectable, Group 4: Endosequence BC Sealer – thermoplasticized injectable, Group 5: Positive control, Group 6: Negative control), randomly. After the obturation process, 80 teeth were used in the bacterial leakage test. *Enterococcus faecalis* inoculum was used as a microbial marker and the test assemblies were observed for 90 days for the turbidity of the lower chamber. As for the push-out bonding strength test, 20 teeth were used and 1 mm horizontal disc shaped samples from coronal, middle and apical thirds were obtained from each root and push-out bond strength testing was performed using Universal test machine at a cross – head speed of 0.5 mm / minutes. In order to evaluate the adaptation within the root canal filling materials / techniques and radicular dentinal walls, SEM analysis was performed. A total of 8 teeth were used for the SEM evaluation. Data were analyzed statistically using nonparametric tests; Kaplan – Meier and Long – rank tests were used for the bacterial microleakage study, Kruskal – Wallis and Mann – Whitney tests were used for the push-out study. The statistical analysis revealed a significant difference amongst the groups, as the AH Plus – cold lateral compaction group showed the lowest leakage values ($p < 0.05$) and the highest bond strength values ($p < 0.001$). Within the limitations of this *in vitro* study, there was a strong negative correlation between microleakage and bonding strength. SEM analysis revealed that both AH Plus groups penetrated into radicular

dentinal tubules better by forming resin tags than Endosequence BC Sealer groups where there were no signs of tag formations.

Key words: Coronal bacterial leakage, Endosequence BC Sealer, AH Plus, bonding strength, push-out test

Supported By: Near East University Centre of Excellence (Grant No: 2016 – 04031)

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xix
TABLolar DİZİNİ	xxii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Kök Kanal Dolgusunun Önemi	5
2.2. Kök Kanal Dolgusunda Kullanılan Materyaller	6
2.2.1. Kök Kanal Dolgu Patları	6
2.2.1.1. İyodoform İçerikli Kök Kanal Patları	11
2.2.1.2. Paraformaldehit İçerikli Kök Kanal Patları	11
2.2.1.3. Cam İyonomer İçerikli Kök Kanal Patları	12
2.2.1.4. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Kök Kanal Patları	13

2.2.1.5. Epoksi Rezin İçerikli Kök Kanal Patları	14
2.2.1.6. Silikon İçerikli Kök Kanal Patları	16
2.2.1.7. Biyoseramik İçerikli Kök Kanal Patları	17
2.2.1.7.1. Kalsiyum Silikat Fosfat İçerikli Biyoseramik Kök Kanal Patları	17
2.2.1.7.2. Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikli Biyoseramik Kök Kanal Patları	19
2.2.2. Kor Materyalleri	21
2.2.2.1. Gümüş Konlar	21
2.2.2.2. Güta-Perka Konlar	21
2.2.2.3. Resilon Konlar	24
2.2.2.4. Rezin Kaplı Güta-Perka Konlar	25
2.2.2.5. Cam İyonomer Partikülleri ile Kaplı Güta-Perka Konlar (Activ GP)	26
2.3. Kök Kanal Dolum Teknikleri	27
2.3.1. Tek Kon Dolum Tekniği	27
2.3.2. Soğuk Güta-Perkanın Lateral Kompaksiyonu	28
2.3.3. Sıcak Güta-Perkanın Vertikal Kompaksiyon Tekniği (Schilder Yöntemi)	30
2.3.4. Devamlı Isı ile Dolum Tekniği (System B)	30

2.3.5. Termoplastik Enjeksiyon Teknikleri (Isıtılmış Güta-Perkanın Enjeksiyonu Tekniği)	32
2.3.5.1. Obtura II	32
2.3.5.2. Ultrafil	34
2.3.5.3. Calamus Sistemi	34
2.3.6. Taşıyıcı Sistemli Güta-Perka Yöntemi	35
2.3.6.1. Termafil	36
2.3.6.2. Softcore	37
2.3.7. Sıcak Güta-Perkanın Lateral Kompaksiyonu (Microseal)	37
2.3.8. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği	38
2.4. Endodontik Mikrosızıntı	39
2.4.1. <i>İn Vitro</i> Mikrosızıntı Test Yöntemleri	39
2.4.1.1. Boya Penetrasyon Yöntemi	40
2.4.1.2. Bakteriyel Sızıntı Testi	43
2.4.1.3. Sıvı Filtrasyon Tekniği	46
2.4.1.4. Radyoizotop (Radyoaktif İzotop) Yöntemi	48
2.4.1.5. Nötron Aktivasyon Yöntemi	49
2.4.1.6. Kimyasal Ajanların Kullanılması	50
2.4.1.7. Elektrokimyasal Yöntem	51

2.4.1.8. Basıncılı Hava Yöntemi (Sıkıştırılmış Hava Tekniği)	52
2.4.1.9. Mikroskopik İnceleme Yöntemleri	53
2.4.1.9.1. Taramalı Elektron Mikroskop (Scanning Electron Microscope-SEM) İnceleme Yöntemi	53
2.4.1.9.2. Konfokal Lazer Tarama Elektron Mikroskop (Confocal laser Scanning Electron Microscope-CLSM) İnceleme Yöntemi	55
2.4.1.10. Glikoz Analiz Tekniği	55
2.4.1.11. Gaz Kromatografi Tekniği	56
2.4.1.12. İnsan Serum Sızıntısı Yöntemi	56
2.4.1.13. Termal Siklus Tekniği (Isısal Döngü ile Yaşlandırma)	57
2.5. Adezyon	57
2.5.1. Adezyonun Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler	58
2.5.1.1. Çekme (Gerilim) Testi	58
2.5.1.2. Mikrogerilim (Mikroçekme) Testi	60
2.5.1.3. Makaslama Testi	61
2.5.1.4. Mikromakaslama Testi	62
2.5.1.5. İtme (Push-Out) Testi	62
3. GEREÇ VE YÖNTEM	64
3.1. Örneklerin Seçilmesi	64

3.2. Örneklerin Hazırlanması	64
3.3. Deneysel ve Kontrol Grupların Oluşturulması	66
3.4. Örneklerin Doldurulması	67
3.5. Bakteriyel Sızıntı Testi	69
3.5.1. Düzeneğin Hazırlanması	69
3.6. İtme (Push-Out) Testi	73
3.6.1. Örneklerin İtme (Push-Out) Testi İçin Hazırlanması	73
3.6.2. İtme (Push-Out) Testi	74
3.6.3. Bağlanma Dayanımının Hesaplanması	76
3.7. Kanal Dolgu Patlarının ve Kanal Dolgu Tekniklerinin Dentin ile Adaptasyonunun Değerlendirilmesi	76
3.7.1. Tarayıcı Elektron Mikroskop (Scanning Electron Microscope, SEM) İncelemesi	76
3.8. İstatistiksel Analiz	79
4. BULGULAR	80
4.1. Bakteriyel Sızıntı Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	80
4.2. Radiküler Dentin ve Kanal Dolum Materyali Arası Bağlanma Dayanımı Verilerinin Değerlendirilmesi	91
4.3. Sızıntı ve Bağlanma Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi	99
4.4. SEM Verilerinin Değerlendirilmesi	100

5. TARTIŞMA	114
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	143
KAYNAKLAR	145
ARAŞTIRMACIYA AİT YAYINLAR	191

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AH	AH Plus
α	Alfa
atm	Atmosfer
BaSO ₄	Baryum sülfat
β	Beta
BisGMA	Bisfenol glisidil metakrilat
Bi ₂ O ₃	Bizmut oksit
>	Büyüktür
r	Çap, <i>radius</i>
x	Çarpı
ZnO	Çinko oksit
dk.	Dakika
rpm	Dakikadaki dönüş sayısı, <i>Rounds per minute</i>
°	Derece
°C	Derece santigrat
ES	Endosequence BC Sealer
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
F ¹⁸	Flor

P^{32}	Fosfor
Ga^{67}	Galyum
Ag	Gümüş
pH	Hidrojenin gücü, <i>Power of hydrogen</i>
HCl	Hidroklorik asit
OH^-	Hidroksil
CHI_3	İyodoform
I^{131}	İyot
Ca^{++}	Kalsiyum
$Ca(OH)_2$	Kalsiyum hidroksit
CaO	Kalsiyum oksit
MPa	Kırılma dayanımı, <i>Megapascal</i>
CHX	Klorheksidin
CLSM	Konfokal Lazer Tarama Elektron Mikroskobu, <i>Confocal laser Scanning Electron Microscope</i>
Pb_2O^4	Kurşun oksit
<	Küçüktür
S^{35}	Kükürt
μl	Mikrolitre
μm	Mikrometre

mg	Miligram
ml	Mililitre
CFU	Mililitredeki koloni miktarı, <i>Colony Forming Unit</i>
mm	Milimetre
mm ²	Milimetre kare
MSB	Mine - sement bileşimi
MTA	Mineral Trioksit Agregat, <i>Mineral trioxide aggregate</i>
MTAD	<i>Mixture of tetracycline citric acid and detergent</i>
Da	Moleküler ağırlık
nm	Nanometre
Nd: YAG	Neodimyum: İtrium – Alüminyum – Garnet
N	Newton
#	Numara
ort.	Ortalama
örn.	Örneğin
r	Pearson korelasyon katsayısı
Π	Pi sayısı
Pu ²³⁹	Plütonyum
Ru	Rutenyum

s	Saniye
Na ²⁴	Sodyum
NaOCl	Sodyum hipoklorit
SLK	Soğuk lateral kompaksiyon
SEM	Tarayıcı Elektron Mikroskobu, <i>Scanning Electron Microscope</i>
C	Termoplastik enjeksiyon
TiO	Titanyum oksit
TSA	Triptik katı besi yeri, <i>Tryptic Soy Agar</i>
TSB	Triptik sıvı besi yeri, <i>Tryptic Soy Broth</i>
ISO	Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu
vs.	Vesaire
V	Volt
<i>h</i>	Yükseklik, <i>height</i>
%	Yüzde

ŞEKİLLER

	Sayfa
2.1. Bakteriyel infiltrasyon testi düzeneğinin şematik görüntüsü	46
2.2. Sıvı filtrasyon testi düzeneğinin şematik görüntüsü	48
2.3. Elektrokimyasal yöntemin şematik görüntüsü	51
2.4. Gerilim bağlanma dayanımı testi düzeneğinin şematik görüntüsü	60
2.5. Makaslama bağlanma dayanımı test düzeneği şematik görüntüsü	62
2.6. İtme bağlanma dayanımı test düzeneği şematik görüntüsü	63
3.1. Mine-sement bileşiminden kesilmiş dişlere örnek	65
3.2. Çalışmada kullanılan laminar flow cihazı	70
3.3. Triptik katı besi yerinde aktifleştirilen <i>E. faecalis</i>	71
3.4. Çalışmada kullanılan spektrofotometre cihazı	72
3.5. Köklerin apikal 2 mm'lik kısımlarının sıvı besi yeri ile temasta olacak şekilde, laminar flow cihazında steril olarak hazırlanan test düzeneklerinin etüv içerisine yerleştirilmiş şekli	72
3.6. Çalışmada kullanılan hassas mikro kesme cihazı	73
3.7. İtme testinin uygulandığı Universal test cihazı	74
3.8. İtme testi için özel olarak hazırlatılan bağlantı parçaları	75
3.9. İtme testinin hazırlanan disk örneklerle uygulanması	75

3.10. Çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu	77
3.11. Taramalı elektron mikroskopunda incelenecek örneklerin havasız ortamda altın ile kaplanması	77
3.12. Altın ile kaplanmış disk şeklindeki örnekler	78
4.1. 90 günün sonunda tüm deneysel grupların kümülatif sızıntı hızlarını gösteren Kaplan-Meier eğrileri	88
4.2. Tüm deneysel grupların bağlanma dayanımı düzeylerinin ve standart sapmalarının dağılımı	96
4.3. Tüm deneysel gruplarda sızıntı ile bağlanma arasındaki korelasyon düzeyi grafiği	99
4.4. AH Plus-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x500) (DT: dentin tübülleri; RU: rezin uzantıları)	100
4.5. AH Plus-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x1000)	101
4.6. AH Plus-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)	102
4.7. AH Plus-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)	103
4.8. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x500)	104

4.9. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x1000)	105
4.10. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)	106
4.11. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x500)	107
4.12. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x1000)	108
4.13. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)	109
4.14. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x500)	110
4.15. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x1000)	111
4.16. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)	112
4.17. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)	113

TABLOLAR

	Sayfa
2.1. Bazı kök kanal patları ve çeşitli özellikleri	9
2.2. Güta-perka konların kompozisyonu	22
2.3. A ve β -faz güta-perkanın özellikleri	23
4.1. Ah plus-soğuk lateral kompaksiyon grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri	81
4.2. Endosequence bc sealer-soğuk lateral kompaksiyon grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri	82
4.3. Ah plus-ısıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri	83
4.4. Endosequence bc sealer-ısıtılmış güta-perka enjeksiyon yöntemi grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri	84
4.5. Pozitif kontrol grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve günleri	85
4.6. Negatif kontrol grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve günleri	86
4.7. Tüm deneysel grupların kaplan-meier sağkalım ve long-rank (mantel-cox) test analiz sonuçları	87
4.8. Kanal dolum patlarından bağımsız, sadece kanal dolum tekniklerinin ikili karşılaştırılma değerleri	90

4.9. Kanal dolum tekniklerinden bağımsız, sadece kanal dolum patlarının ikili karşılaştırma değerleri	91
4.10. Endosequence bc sealer-ısıtılmış güta-perka enjeksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri	92
4.11. Ah plus-soğuk lateral kompaksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri	93
4.12. Endosequence bc sealer-soğuk lateral kompaksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri	94
4.13. Ah plus-ısıtılmış güta-perka enjeksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri	95
4.14. Tüm deneysel grupların çoklu karşılaştırmalı test analizi sonuçları	96
4.15. Tüm deneysel grupların ikili karşılaştırmalı test analizi sonuçları	98

1. GİRİŞ

Başarılı bir endodontik tedavi, kök kanal sisteminin etkin bir biçimde şekillendirilip dezenfekte edilmesi ve kök kanalının ağız ortamından veya periapikal bölgeden doku sıvılarının veya mikroorganizmaların geçemeyeceği biçimde, üç boyutlu olarak biyouyumlu materyaller ile hermetik olarak doldurulmasına bağlıdır (Eldeniz ve Ørstavik, 2009; Mobarak ve diğerleri, 2015).

Kanal boşluğunun preparasyonu ve dezenfeksiyonu sırasında tam olarak temizlenmeyen bakteri ve ürünlerinin meydana getirebileceği apikal irritasyon, başarılı bir kanal dolgusu ile ortadan kaldırılabilmektedir. Bu nedenle ideal bir kanal dolgu maddesi; apikal dokularla oral kavite arasındaki bağlantıyı ve doku sıvılarının pulpaya girişini engellemeli, kanal boşluğunu apikal, koronal ve lateral yönde tam olarak doldurmalıdır (Almeida ve diğerleri, 2007; Chailertvanitkul ve diğerleri, 1997; Limkangwalmongkol ve diğerleri, 1991). Yetersiz doldurulan kök kanalları, yapılan endodontik tedaviyi olumsuz yönde etkilemekte ve tedavinin tekrarlanması ya da cerrahi işleme ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır (Er ve diğerleri, 2008). Kanal dolumunun değerlendirildiği çalışmalarda, endodontik tedavideki başarısızlığın yaklaşık % 60'ının kanal boşluğunun tamamen doldurulmamasına bağlı olarak meydana geldiği bildirilmiştir (Davalou ve diğerleri, 1999; Michaïlesco ve Boudeville, 2003).

Kök kanallarında meydana gelebilecek sızıntının önüne geçebilmek için kullanılan kanal dolgu patlarının kanal dolgu maddelerine ve radiküler dentine sıkı bir biçimde bağlanması gerekmektedir (Gogos ve diğerleri, 2004; Lee ve diğerleri, 2002; Tagger ve diğerleri, 2002). Kök kanallarında oluşan mikrosızıntı, dolgu materyali ve diş dokusu arasından sıvı, bakteri ve birtakım kimyasal maddelerin geçişi olarak bilinir (Miletić ve diğerleri, 2002; Timpawat ve diğerleri,

2001). Başarısız bir endodontik tedavinin ana nedenlerinden olan apikal sızıntı; kök kanallarının anatomisindeki düzensizlikler, kök kanallarının genişletme miktarı, kullanılan irrigasyon solüsyonlarının çeşidi, kök kanalı doldurma teknikleri ve kanal dolgu patlarının çeşitleri, smear tabakasının varlığı ve yokluğu gibi değişkenler tarafından oluşabilir (Ghoddusi ve diğerleri, 2010; Pommel ve diğerleri, 2001; Rosales-Leal ve diğerleri, 2011; Torabinejad ve diğerleri, 1990; Verissimo ve Vale, 2006).

Bir diğer sızıntı türü olan koronal sızıntı ise; kök kanal tübüllerindeki bakteriler ile oral floranın etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Koronal sızıntı çoğunlukla geçici restorasyon kaybı, restorasyonda veya diş yapısında kırık ya da çatlak varlığı, yetersiz kanal dolgusu, sekonder çürük ya da daimi restorasyonun uyumsuzluğu sonucu oluşur (Brosco ve diğerleri, 2008; Carratu ve diğerleri, 2002).

Swanson ve Madison (1987), Roth's 801 kök kanal patı ve güta-perka kullanarak soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile doldurdıkları tek köklü dişlerin koronal sızıntısını değerlendirmişlerdir. Boya penetrasyon yöntemi ile yapılan değerlendirme sonucunda, koronal bölümleri kapatılmamış fakat kök kanal dolgusu tamamlanmış dişlerde koronal sızıntının 3 gün içerisinde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Böylece koronal sızıntının endodontik tedavinin başarısızlığına önemli bir etiyolojik faktör olduğunu göstermişlerdir.

Kök kanallarında meydana gelen sızıntının ve yapılan kanal dolumunun kalitesinin değerlendirilmesinde radyografi ve çapraz-kesit yöntemlerinin yanında birçok farklı *in vitro* test yöntemi kullanılmış fakat hangisinin en geçerli yöntem olarak kabul edileceği konusundaki tartışmalar hala daha devam etmektedir (Wu ve diğerleri, 2001). Metilen mavisi veya hint boyası ile yapılan

boya penetrasyon yöntemi, sıvı filtrasyon yöntemi, radyoizotop, elektrokimyasal devre, endotoksin ve bakteriler, kullanılan sızıntı tekniklerinden bazılarıdır (Eldeniz ve Ørstavik, 2009).

Kök kanal dolgularının radiküler dentin duvarına adezyonu ile ağız sıvılarının, kanal dolgusu ile dentin yüzeyi arası sızması engellenmektedir. Ayrıca iyi bir adezyon neticesinde, kanal dolgusunun daha sonra yapılacak işlemler sırasında stabil kalmasını da sağlamış olacaktır (Gogos ve diğerleri, 2004; Lee ve diğerleri, 2002; Saleh ve diğerleri, 2003).

Kök kanal dolgu maddelerinin bağlanma dayanımları; germe, makaslama ve push-out test yöntemleri ile değerlendirilmektedir. Dolgu maddelerinin büzülme / genleşme özellikleri ve kavite konfigürasyon faktörü göz önünde bulundurulduğunda, kanal dolgu maddelerinin radiküler dentin ile bağlanma dayanımlarının incelenmesinde germe ve makaslama testlerinin yetersiz kaldığı bildirilmiştir. Bu nedenle klinik koşulları daha iyi taklit edebildiğinden push-out testi tercih edilmektedir (Belli ve diğerleri, 2001; DeLong ve diğerleri, 2015; Pane ve diğerleri, 2013).

Günümüzde kullanılmakta olan kanal dolgu maddeleri veya doldurma teknikleri kök kanal sistemini tamamen sızdırmaz olarak doldurma özelliğine sahip olmamaktadır. Bu yüzden kök kanallarında sızıntıya neden olmayacak ve dentine bağlanmayı sağlayabilecek ideal materyal ve teknikleri geliştirilmeye yönelik araştırmalar devam etmektedir (Clark-Holke ve diğerleri, 2003).

Çalışmamızda şekillendirilmesi tamamlanan kök kanallarının AH Plus ve Endosequence BC Sealer kanal dolgu patları ve soğuk lateral kompaksiyon ile termoplastik enjeksiyon (ısıtılmış güta-perkanın enjeksiyonu) yöntemleri ile doldurularak, koronal sızıntı, dentine bağlanma ve dentin adaptasyonu

zerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kök kanal dentinine baēlanma dayanımları ve dentin adaptasyonu push-out testi ve tarayıcı elektron mikroskop (SEM) analizi ile, koronal sızıntı deēerlendirilmesi ise bakteriyel infiltrasyon tekniēi ile incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanal Dolgusunun Önemi

Başarılı bir kök kanal tedavisinin amacı; ideal preparasyon ve şekillendirmenin ardından, foramen apikalede dentin-sement birleşiminden koronal giriş kavitesinin kanal ağızlarına kadar kök kanal sisteminin biyouyumlu ve boyutsal stabilitesi olan bir materyalle 3 boyutlu sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır (Pinheiro ve diğerleri, 2009).

Alaçam (2012), aşağıda belirttiği nedenlerle kök kanal boşluğunun sızdırmaz bir şekilde doldurulması gerektiğini bildirmiştir:

- Kök kanal sistemi içerisinde doldurulmayan boş olarak kalmış bölümlere periapikal eksuda ve hücre sızıntısı olabilir ve bu proteinli materyalin parçalanmış ürünleri periapikal dokularda irritasyona, dolayısı ile iltihabi tepkinin devamına veya alevlenmesine neden olabilir.
- Boş kalmış veya tamamen doldurulmamış bölümlerdeki rezidüel mikroorganizmalar periodontal dokulara geçerek geçici bakteriyemi yapabilir veya periodontal dokuları irrite edebilir.
- Kanalların üç boyutlu bir şekilde doldurulmasıyla, radiküler dentin duvarı - sement arasında kalan mikroorganizmaların yaşaması önlenmiş olur.
- Kök kanallarındaki boşluklarda kalan hava veya gaz basıncı aerodentaljiye neden olabilir.
- Geride kalan diş yapılarına destek sağlanmış olur.
- Kök kanalının biyomekanik preparasyonu sonucunda lateral kanallarda kalabilecek bakteri veya artıklarının, kanal içinde üreyip periapikal dokulara geçişleri engellenerek periapikal doku iyileşmesi ve biyolojik iyileşme için uygun koşullar elde edilmiş olur.

2.2. Kök Kanal Dolgusunda Kullanılan Materyaller

Kök kanal tedavisindeki başarısızlıkların ortalama % 60'ı eksik kanal dolumundan kaynaklanmaktadır. Bu durum, kök kanal dolum tekniklerine ek olarak kullanılan kanal dolgu maddelerinin de önemini göstermektedir (Almeida ve diğerleri, 2007; Chailertvanitkul ve diğerleri, 1997; Davalou ve diğerleri, 1999; LaCombe ve diğerleri, 1988).

Kanal dolgusu, merkezde katı kor materyalin yarı katı halde olan bir kanal patı ile kombinasyonu şeklinde tanımlanır. Kök kanal patlarının kanal dolgu maddeleri ile birlikte kullanılmasının 4 amacı vardır:

1. Kanal dolgu patları, katı kor materyal ile radiküler dentin duvarları arasındaki boşluğu doldurarak kanalın tamamen dolmasını ve apikal tıkanmayı sağlamaktadır. Ayrıca böyle yaparak yan ve aksesuar kanalların da tıkanması sağlanacaktır.
2. Kanal dolgu patları kanala yerleştirildikten sonra sertleşip dentin duvarları ile kor materyalini birbirine bağlamaktadır.
3. Kayganlaştırıcı etkileri ile kor materyalinin kanala kolayca uygulanmasını sağlamaktadır.
4. İçerdikleri antibakteriyel ajanlar sayesinde, kanala yerleştirildikten sonra antibakteriyel etki göstermektedir (Leonardo ve diğerleri, 2000).

2.2.1. Kök Kanal Dolgu Patları

Grossman (1958), ideal kök kanal patında olması gereken özellikleri şu şekilde tanımlamıştır:

- Adezyon özelliği iyi olmalıdır (kanal duvarı ve dolgu maddesine).
- 3 boyutlu tıkama yapabilmelidir.
- Radyoopasitesi iyi olmalıdır.

- Partikül boyutu küçük olmalı ve kolayca hazırlanabilmelidir.
- Boyutsal stabilitesi olmalıdır.
- Dışları renklendirmemelidir.
- Bakteriyostatik olmalıdır.
- Hekime yeterli çalışma zamanı tanınmalıdır.
- Doku sıvılarından etkilenmemelidir.
- Toksik olmamalıdır (periapikal dokuları irrite etmemelidir).
- Gerektiğinde geri sökümü kolay olmalıdır.
- Periradiküler dokularda immun yanıtı neden olmamalıdır.
- Mutajenik veya karsinojenik özellikte olmamalıdır.

Günümüzde çok sayıda kök kanal patı bulunmaktadır (Tablo 2.1.). Farklı araştırmacılar kanal patlarını farklı şekillerde sınıflandırmışlardır. Grossman (1958), kanal dolgu patlarını fiziksel özellikleri, sertleşme süreleri, kompozisyonları, rezorbe olabilme özelliklerine göre sınıflandırmışken, Ørstavik (2005) kök kanal patlarını **kimyasal kompozisyonlarına göre** aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

1. İyodoform içerikli,
2. Çinko oksit öjenol içerikli,
3. Paraformaldehit içerikli,
4. Cam iyonomer esaslı,
5. Kalsiyum hidroksit esaslı,
6. Rezin esaslı,
7. Silikon esaslı.

Kompozisyonlarına göre yapılan bir diğ er sınıflama ise aşağıdaki gibidir

(Alaçam, 2012, s: 769-826):

1. Çinko oksit esaslılar
 - Çinko oksit öjenol
 - İlaçlı olanlar (Paraformaldehit içeren/içermeyen)
 -  jenols z çinko oksit
2. Kalsiyum hidroksit esaslılar
3. Cam iyonomer esaslılar
4. Polimerler
 - Epoksi rezin
 - Metakrilat rezin
 - Poliketon (polivinil) polimer
 - Silikon polimer
5. Biyoseramik esaslılar
 - Kalsiyum silikat fosfat esaslılar
 - Mineral trioksit agregat (MTA) esaslılar

Tablo 2.1. Bazı kök kanal patları ve çeşitli özellikleri (Ørstavik, 1988)

Preparat İsmi	İmalatçı	Ana Bileşenler	Donma Mekanizması	Antibakteriyel Olarak Aktif Bileşenler
Ah 26	De Trey AG. Zürih, İsviçre	Ag, Bi ₂ O ₃ , urotropin: Epoksi- bis-fenol rezin	Epoksi Polimer	Urotropin
Biocalex	SPAD, Quetigny, Fransa	CaO, ZnO; etilen glikol	Donmaz	CaO
CRCS	Hygienic, Acron, OH, A.B.D.	ZnO, Ca(OH) ₂ ; öjenol	ZOE	Ca(OH) ₂ , öjenol
Diaket	3M/ESPE Dental Prod, St. Paul, MN, A.B.D.	ZnO, propionil asetofenon	Poliketon- metal kompleksi	Diklorofen heksaklorofen
Endomethasone	Septodont, Paris, Fransa	ZnO, timol iyodür, öjenol	ZOE	Timol iyodür, paraformaldehi t öjenol
Kerr pulp canal sealer	Kerr, Romulus, MI, A.B.D.	Ag, ZnO; öjenol	ZOE	Timol iyodür

Kloroperka n-ø	N- Ø Therapeutics, Oslo, Norveç	ZnO, güta- perka, Kanada balsamı, rosin	Buharlaşıma	Kloroform
Kri 1 paste	Parmachemin e, Zürih, İsviçre	Iodoform (CHI ₃)	Donmaz	Iodoform, p- chlorophenol, kafur
Mynol c-t	Mynol, Broomall, PA, A.B.D.	ZnO; öjenol	ZOE	Iodoform, timol, öjenol
N₂ normal	Indrag agsa, Locarno, İsviçre	TiO, Pb ₂ O ₄ , ZnO; öjenol	ZOE	Paraformaldehi t, öjenol
Procosol	Star Dental, Conshohocke n, PA, A.B.D.	ZnO; öjenol	ZOE	Öjenol
Sealapex	Kerr, Romulus, MI, A.B.D.	CaO, BaSO ₄ , salisilat rezin	Sulfonamid- salisilat polimeri	CaO

2.2.1.1. İyodoform İçerikli Kök Kanal Patları

Endodontide uzun yıllar kullanılan iyodoform, periapikal dokulara taşırıldığında rezorbe olabilme özelliğindedir. Nekrotik süt dişlerinin tedavisinde de kullanılan iyodoform, hasta takibinin zor olduğu durumlarda çinko oksit öjenol içerikli patlara oranla daha güvenilirdir (Mortazavi ve Mesbahi, 2004).

Manisalı ve diğerleri (1989), yaptıkları bir çalışmada, klinik ve radyografik olarak yapılan takiplerde 3 - 16 ay arasındaki kontrollerde en yüksek başarıyı iyodoform patıyla elde ettiklerini bildirmiştir.

2.2.1.2. Paraformaldehit İçerikli Kök Kanal Patları

Paraformaldehitin antimikrobiyal etkisinin yanında mumyalaştırma etkisinde mevcuttur. Bu etkiyi vital dokuyu fikse ederek semptomları geçici bir süre ortadan kaldırarak gerçekleştirir. Ancak zaman içerisinde paraformaldehit, formaldehit salınımı ile periapikal dokularda allerjik reaksiyonlara neden olabilir (Koch ve diğerleri, 2001; Lewis ve Chestner, 1981). Formaldehit salınımı 2. günde maksimum seviyeye ulaşırken, 2 hafta içerisinde bu seviye yavaşça azalmaktadır. Endometazon, Spad ve N2 paraformaldehit içeren patlardır (Athanassiadis ve diğerleri, 2015).

Almeida ve diğerleri (2007), AH Plus, Epiphany, Endometazon, Pulp Canal Sealer (EWT) ve Sealapex'i yan kanal doldurma, mikrosızıntı ve akışkanlık açısından değerlendirip, en kötü sonuçları Endometazon ile elde etmişlerdir.

AH 26, endometazon, AH Plus ve Top Seal kök kanal patlarının sertleştikten sonra formaldehit salım miktarlarının değerlendirildiği bir çalışmada, AH 26 ve endometazonun formaldehit açığa çıkardıkları, AH Plus ve

Top Seal'in çok az miktarda formaldehit açığa çıkardıklarını tespit etmişlerdir (Leonardo ve diğerleri, 1999).

2.2.1.3. Cam İyonomer İçerikli Kök Kanal Patları

Cam iyonomer siman, ilk kez 1972 yılında Wilson ve Kent tarafından tanıtılmıştır. Kompozisyonlarında alümino-silikat cam ve poliakrilik asit bulunur. Bu kombinasyon, materyalin dişe (hidroksiapatit yapıya) kimyasal olarak bağlanabilme özelliğini kazandırır. Oldukça biyouyumlu bir materyal olup, flor salınımı yapabilme kapasitesine sahiptir (Friedman ve diğerleri, 1995; Saunders ve diğerleri, 1992; Weiger ve diğerleri, 1995).

Cam iyonomer esaslı simanların dezavantajları ise; sertleşme reaksiyonlarının uzun sürmesi (Pereira ve diğerleri, 2014), sertleşme esnasında ortamdaki sıvılardan etkilenmeleri sonucu düşük bağlanma dayanımı göstermesi (Pommel ve diğerleri, 2003), sertleşme sonrası % 0.5 -% 1.5 büzülme göstermeleri ve yeri geldiğinde patın kanaldan geri sökülebilmesinin oldukça zor olmasıdır. Cam iyonomer içerikli kök kanal patlarına örnek olarak Ketac-Endo, Activ GP ve Endion gösterilebilir (Dalat ve Önal, 1998).

Oliver ve Abbott (1998), lateral kompaksiyon tekniği ve Ketac-Endo ile AH 26 kullanılarak doldurulan kök kanallarında apikal ve koronal mikrosızıntıyı değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda gruplar arası istatistiksel olarak belirgin bir fark tespit etmemişlerdir.

Cam iyonomer içerikli kök kanal patları, güta-perkaya kimyasal olarak bağlanabilme kapasitesine sahiptirler. Bunu, simanın içeriğindeki polikarboksilik asitin güta-perkanın içeriğindeki çinko ile reaksiyona girmesi ile gerçekleştirmektedirler (McComb ve Smith, 1975).

Ketac-Endo ve Endion kanal patlarının sitotoksitelerinin değerlendirildiği bir çalışmada, Endion'un oldukça sitotoksik bir kanal dolum materyali olduğu, ancak Ketac-Endo'nun ise biyouyumlu bir materyal olduğunu tespit edilmiştir (Beltes ve diğerleri, 1997).

2.2.1.4. Kalsiyum Hidroksit İçerikli Kök Kanal Patları

Kalsiyum hidroksit, biyouyumluluğundan dolayı endodontinin her alanında uzun yıllardır kullanılmaktadır. Endodontide kullanım alanları:

- Eksternal kök rezorpsiyon tedavisi,
- Apeksogenezis,
- Periapikal lezyonlu dişlerin tedavisi,
- Kök kırıkları tedavisi,
- Direkt / İndirekt kuafaj tedavisi,
- Vital amputasyon,
- İntrakanal medikamen (Gutmann ve Fava, 1991; Saad, 1989; Siqueira ve diğerleri, 1999).

Sitotoksitesinin düşük olması ve antimikrobiyal etkinliğinin yüksek olması, bu patların yaygın olarak kullanılmasının diğer nedenlerindendir (Allan ve diğerleri, 2001). Antimikrobiyal etkiyi hidroksil iyonlarını serbestleştirerek, dolayısı ile ortamın pH'ını artırarak gösterir. Aynı zamanda osteoklast aktivitesini inhibe ederek, periradiküler bölgede mineralizasyonu uyardığı, böylece doku onarımına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Desai ve Chandler, 2009).

Kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal patları, kalsiyum hidroksitin terapötik etkisinden yararlanmak amacı ile geliştirilmiştir. Bu etkiyi, Ca^{++} ile OH^- iyonlarına ayrılma ile gerçekleştirir. Bu nedenle bu tip patların etkilerini gösterebilmesi için çözünmesi gerekmektedir. Meydana gelen çözünme ile kanal

dolgununda boşluklar oluşur ve bu durum kalsiyum hidroksit içerikli patların en büyük dezavantajını oluşturur. Sealapex (kerr), Biocalex (SPAD), CRCS (Hygenic) ve Apexit (Vivadent) kalsiyum hidroksit içerikli kök kanal patlarıdır (Tagger ve diğerleri, 1988).

2.2.1.5. Epoksi Rezin İçerikli Kök Kanal Patları

Rezin içerikli kök kanal patları, endodonti pratiğinde son yıllarda çokca kullanılan materyallerdir. Diaket, piyasaya sunulan ilk rezin içerikli kök kanal patı olup, poliketon taşıyıcıda polivinil reçine içerir. Yapısal olarak yapışkan bir materyal olup, su emebilme özelliği ile sertleşme sırasında meydana gelebilecek boyutsal değişimleri önler (Lloyd ve diğerleri, 1997). Avantajları arasında; dentin ve gütaperkaya bağlanmasının iyi olması, periradiküler dokularda iyileştirici etkisinin olması, retrograd dolgu olarak iyi bir tıkaç özelliğinin bulunması şeklindedir (Wennberg ve Ørstavik, 1990; Wu ve Wesselink, 1993).

Yapılan bir çalışmada, AH 26, Diaket ve EndoREZ patları sızdırmazlık yönünden karşılaştırılıp istatistiksel olarak belirgin bir fark bulunamamıştır. Ancak çinko oksit öjenol içerikli kök kanal patları ile kıyaslandığında sızdırmazlık özelliklerinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Adanır ve diğerleri, 2006).

AH 26, 1957 yılında Schröder tarafından piyasaya sunulup, likitinde bisfenol-A-diglisidileter; tozunda ise hekzametilen tetramin, bizmut oksit, gümüş, titanyum dioksit bulunmaktadır. Reaktif epoksit halkası ile karakterizedir. Halkada meydana gelen parçalanma ile polimerizasyon başlar ve formaldehit açığa çıkarak patın antiseptik özelliği daha uzun süreli olur. Salınan formaldehit, başta oldukça toksik olup, 24 saatin sonunda seviyesi azalarak patlar arasında en az toksisiteyi gösteren materyal olur (Mamootil ve Messer, 2007).

Patın avantajları; yüksek radyoopasitesinin olması, düşük çözünürlüğünün olması, düşük büzülme özelliğinin olması, biyouyumlu olması, adezyon özelliğinin iyi olması şeklindedir. Dezavantajları ise; formaldehit salımı yapması, sertleşme süresinin uzun olması, gümüş içeriğinden dolayı dişlerde renklenmeye sebep olması şeklindedir (Christensen, 1998; Ørstavik ve diğerleri, 2001).

AH 26'nın göstermiş olduğu dezavantajlardan dolayı AH Plus (DeTrey Dentsply, Konstanz, Almanya) geliştirilmiştir. İki pat şeklinde olan AH Plus, bisfenol-A-diglisideter, kalsiyum tungstat, demir oksit, zirkonyum dioksit, adamantan amin, diaminler ve silikon yağı içermektedir (Ørstavik ve diğerleri, 2001). Sertleşme zamanı oldukça uzun olup, 37 °C ve % 100 nemli ortamda 500 dk., çalışma zamanı ise 23 °C ve % 50 nemli ortamda 120 dk. şeklindedir (McMichen ve diğerleri, 2003). Çözünürlüğü AH 26'nın yarısı kadardır. Epoksi rezin içerikli kök kanal patların, adezyon özelliklerine ek olarak, mekanik özellikleri de oldukça iyidir. Sertleşme esnasında başta bir miktar hacimsel genişleme gösterirlerken daha sonra büzülme göstermektedirler. Yapılan *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda, uzun süreli takiplerde bu patların örtücülük özelliklerinin diğer materyallere oranla daha iyi olduğu bildirilmiştir (Kontakiotis ve diğerleri, 1997).

Eldeniz ve diğerleri (2005), yaptıkları bir çalışmada, rezin esaslı 3 farklı kök kanal dolgu materyalinin dentine bağlanma dayanımlarını incelemişlerdir. EDTA ve NaOCl irrigasyon ajanlarının bağlanma dayanımı üzerinde etkili olduklarını ve AH Plus'ın Diaket ve EndoREZ materyallerine oranla smear tabakası varlığında veya yokluğunda daha yüksek bağlanma dayanımı değeri verdiği tespit edilmiştir.

Lee ve diğerkleri (2002), epoksi rezin içerikli kök kanal patlarının iyi adezyon göstermelerini; kollajende açığa ıkmiş amino grupları ile patın tepkimeye girerek epoksit halkalar parçalandığında rezin ve kollajen arasında güçlü kovalent bağların oluşturmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Saleh ve diğerkleri (2002), Grossman patı, Apexit, Ketac-Endo, Roekoseal ve AH Plus kök kanal patlarının dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlar ve AH Plus'ın diğerk patlara oranla en yüksek değerleri verdiğini tespit etmişlerdir.

Epiphany, ift yönlü (dual-cure) sertleşme özelliğinde olan rezin kompozit içerikli kök kanal patıdır. Kompozisyonunda BisGMA, etoksilat Bis GMA, retan dimetakrilat, hidrofilik difonksiyonel metakrilat içerir. Ayrıca silan ile muamele edilmiş baryum borosilikat camlar, kalsiyum hidroksit, silika, baryum sülfat, peroksit, bizmut oksiklorit stabilizatörler, pigment ve silika gibi doldurucular içerir (Teixeira ve diğerkleri, 2004).

2.2.1.6. Silikon İçerikli Kök Kanal Patları

Polidimetilsiloksan, diş hekimliğinde, özellikle protez dalında uzun yıllar yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşük boyutsal değişim gösterdikleri ve su emebilme kapasitelerinden dolayı ölçü maddesi olarak kullanılırlar. Roekoseal, silikon içerikli kök kanal materyali olup içeriğinde polidimetilsiloksan, silikon yağı, parafin bazlı yağ, katalizör olarak heksakloroplatinik asit ve radyoopasite için zirkonyum dioksit bulunur (obankara ve diğerkleri, 2002).

Gutta-Flow, silikon esaslı bir diğerk kök kanal patı olup, Roekoseal'ın geliştirilmiş formudur. İçeriğinde Roekoseal'ınkilere ek olarak platinyum katalizörü, nano-silver ve güta-perka tozları bulunmaktadır. Gutta-Flow,

ısıtılmayan, akışkan güta-perka içeren ilk self-curing kök kanal dolum materyalidir (De-Deus ve diğerleri, 2007; Elayouti ve diğerleri, 2005).

Oda sıcaklığında akışkan özellikte olup, tiksotropik, yani basınç altında vizkositesi azalarak yan ve aksesuar kanalları doldurabilme özelliği gösterir. Kapsül formunda olup, 15 dk. çalışma süresine sahiptir. Manipülasyonu oldukça kolaydır. Bunun sebebi, enjeksiyonlu sistem olmasından kaynaklanmaktadır. Sertleşme sırasında % 0.2'lik bir genleşme göstermektedir dolayısı ile daha iyi adaptasyon göstererek daha iyi bir sızdırmazlık oluşturmaktadır. Lateral kompaksiyon, System B ve Gutta-Flow kullanılarak doldurulan kanalların sızdırmazlık yönünden değerlendirildiği bir çalışmada, kısa dönemde gruplar arasında belirgin bir fark bulunamazken, uzun dönemde Gutta-Flow grubunda daha iyi değerler elde edilmiştir (Kontakiotis ve diğerleri, 2007).

2.2.1.7. Biyoseramik İçerikli Kök Kanal Patları

Organizmanın harap olmuş veya fonksiyonu kaybolmuş organlarının onarımı, yeniden yapılandırılması veya yerini alması amacı ile özel olarak tasarlanan seramiklere biyoseramik denir. Biyoseramikler uzun yıllar tıpta birçok alanda kullanıldığı gibi endodonti alanında da yakın zamanda kullanıma girmiştir. İçeriklerinde polikristalin yapılı seramik (alümina ve hidroksiapatit), biyoaktif cam, biyoaktif cam seramikler ve biyoaktif kompozitler (polietilen-hidroksiapatit) bulunmaktadır (Pasinli, 2004).

Biyoseramikler 2 alt gruba ayrılırlar:

2.2.1.7.1. Kalsiyum Silikat Fosfat İçerikli Biyoseramik Kök Kanal Patları

Bu materyaller, hidrolik kalsiyum silikat simanlar olarak da bilinmektedir. Demineralize dentini remineralize edebilme (biyomimetik remineralizasyon)

kapasitesine sahiptirler. Su veya su içeren sıvılar ile hidrasyon reaksiyonu göstererek sertleşirler. Sertleşme sonrasında kalsiyum silikat hidrat ve poröz kolloidal kalsiyum silikat hidrasyon jeli oluştururlar (Prati ve Gandolfi, 2015). Aynı zamanda çeşitli protein ve büyüme faktörlerinin ilgili bölgeye adezyonunu kolaylaştırarak doku onarımının gerçekleşmesine yardımcı olurlar (Niu ve diğerleri, 2014).

Kalsiyum silikat biyoaktif materyalleri, nem varlığında da sertleşebilme özelliğindedirler. Sertleşme sonrasında % 0.2 - 6 genleşme göstererek örtüleme kapasitelerini artırır. Sertleşme süreleri 120 - 170 dk. olup, proteinler (örn; vücut sıvıları) sertleşme sürelerini artırabilir. Aktif kalsiyum hidroksit salınımı yapmaları ile antibakteriyel özellik gösterirler. Hücre farklılaşmasına neden olarak (osteogenezis, sementogenezis) doku onarımına katkıda bulunurlar (Prati ve Gandolfi, 2015).

Kullanım alanları oldukça geniştir:

- Kök ucu tamiri,
- Kuafaj (Direkt / İndirekt) tedavileri,
- Süt dişlerinin endodontik tedavisi,
- Dentin hassasiyeti tedavisi,
- Kök kanal dolum materyali,
- Perforasyon tedavisi,
- Apeksogenezis, Apeksifikasyon tedavileri,
- Pulpa revaskülarizasyon tedavisi,
- Dentin mineralizasyonu (Niu ve diğerleri, 2014; Prati ve Gandolfi, 2015).

Bu gruba ait kök kanal patları: Bioseal, Endosequence BC Sealer, iRoot SP, Smartpaste Bio, Appetite kök kanal patıdır (Alaçam, 2012, s: 769-826).

Endosequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, Georgia, Amerika), önceden karıştırılmış ve kullanıma hazır şekilde üretilmiştir. Ana bileşenlerini kalsiyum hidroksit ve hidroksiapatit oluşturmaktadır. Hidrofilik yapısından dolayı dentin tübüllerindeki nem aracılığı ile sertleşme esnasında mekanik bağ oluşturarak diş yapısına tutunma sağlamaktadır. Çalışma ve sertleşme sürelerinin yaklaşık 4 saat olduğu ve sertleşme esnasında büzülme göstermediği üretici firma tarafından belirtilmektedir. Kullanımı kolay olup kök kanalına esnek bir enjektör ucu ile doğrudan uygulanmaktadır. Yüksek pH'ı (12.9) materyale antibakteriyel özellik kazandırmaktadır (Loushine ve diğerleri, 2011; Madfa ve diğerleri, 2014).

Loushine ve diğerleri (2011), yaptıkları çalışmada, Endosequence BC Sealer ve AH Plus kök kanal dolum materyallerinin sitotoksitelerini karşılaştırmışlar ve her 2 materyalin de ilk 24 saat içerisinde oldukça sitotoksik olduğu, ancak AH plus'ın 24 saatten sonra sitotoksite oranının gittikçe azalıp nötral duruma geldiği, Endosequence BC Sealer'ın ise 6 hafta boyunca sürdüğünü tespit etmişlerdir.

2.2.1.7.2. Mineral Trioksit Agregat (MTA) İçerikli Biyoseramik Kök Kanal Patları

MTA, 1993 yılında Dr. Mahmoud Torabinejad tarafından pulpa-oral kavite ve kök kanal sistemi-periodonsiyum arasındaki bağlantıları tıkama amacı ile geliştirilmiştir. İlk olarak gri formu üretilmiş, ancak dişlerde renklenme yapması ve estetiği bozması nedeni ile beyaz olanı üretilmiştir (Hauman ve Love, 2003). İçeriğinde trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, trikalsiyum oksit ve % 75 portland çimentosu ve radyoopasiteyi artırmak amacı ile % 20 bizmut oksit

bulunmaktadır (Madfa ve diğeri, 2014; Rao ve diğeri, 2009; Tunç ve Çetiner, 2006).

MTA'nın mükemmel biyouyumluluğu, düşük çözünürlüğü, sızdırmazlık özelliğinin oldukça iyi olması ve antibakteriyel / antifungal özelliğinin bulunması gibi avantajları mevcuttur (Schwartz ve diğeri, 1999; Tunç ve Çetiner, 2006). Materyalin pH düzeyi 11.94 - 11.99 arasında değişkenlik göstermektedir. İlk uygulandığında pH 10.2 olup, 3 saat içerisinde bu pH artmaktadır. Bu pH, kalsiyum hidroksit ile aynı olup, bunun nedeni içeriğindeki kalsiyum ve hidroksil iyonlarıdır. Kalsiyum hidroksit ile olan bu benzerliği, MTA'ya uyarma potansiyeli ve sert doku oluşturma özelliği vermektedir (Parirokh ve Torabinejad, 2010). Ancak materyalin sertleşme esnasındaki bu pH değişimi sonucunda dentin yapısında bulunan tip 1 kollajenlerde bozulma gerçekleşmekte, aynı zamanda dentin sertliğinde değişimler meydana gelebilmektedir (Girish ve diğeri, 2013).

Bu gruba ait kök kanal patları: ProRoot Endo Sealer, MTA Obtura, MTA Fillapex, Endo CPM Sealer (Alaçam, 2012, s: 769-826).

Hayashi ve diğeri (2004), yaptıkları çalışmada, apeksleri açık dişlerin kanallarını MTA ile doldurmuş ve uzun süreli takipte periapikal doku rejenerasyonunda bu materyalin oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Thakur ve diğeri (2013), MTA ve Epoksi rezin esaslı kök kanal dolum materyallerini, çinko oksit öjenol ile karşılaştırmışlar ancak klinik ve radyografik değerlendirmelerde 3 materyal arasında istatistiksel belirgin bir fark bulamamışlardır. Ancak MTA'nın kök kanal dolum materyali olarak karşılaştırılan diğer 2 materyal gibi rahatlıkla kullanılabileceğini savunmuşlardır.

2.2.2. Kor Materyalleri

Kök kanallarının doldurulması için bugüne kadar yüzden fazla teknik ve 270’den fazla materyal kullanılmıştır. Kanal dolgusu işlemi genelde düzensizlikler gösteren yaklaşık olarak konik şekilli bir boşluğun, enjeksiyonlu teknikler haricinde düzgün konik şekilli bir nesne ile sızdırmaz bir şekilde doldurulmaya çalışılmasıdır (Alaçam, 2012, s: 707).

2.2.2.1. Gümüş Konlar

1941 yılında Jasper tarafından tanıtılan bu konların, endodontik tedavide güta-perka gibi başarılı bir şekilde kullanılabileceği ve daha kolay uygulanabileceği bildirilmiştir (Jasper, 1941).

İçeriklerinde gümüş ve titanyum gibi değerli metallerin bulunduğu bu konlar, kanal aletlerinin numaralarına göre geliştirilmiştir. Tek kon kanal dolum tekniği ile uygulanmaları önerilmiştir. Sert bir yapıya sahip olmaları böylece kanala daha kolay uygulanmaları ve radyoopasitelerinin güta-perkadan daha yüksek olması gibi olumlu özellikleri bulunurken, kanal düzensizliklerine uyum sağlayamadıklarından dolayı sızıntı oluşumuna neden olabilme gibi olumsuz özellikleri bulunmaktadır. Sızıntı sonucu bu konlar, ağızdaki tükürük ile contağa geçerse korozyona neden olabilmektedirler. Korozyon sonucu açığa çıkan ürünler sitotoksik olup, periapikal bölgeyi irrite ederek periapikal iyileşmeyi engelleyebilir ve hastalıklara neden olabilir (Hargreaves ve Berman, 2016, s: 296-297; Seltzer ve diğerleri, 1972).

2.2.2.2. Güta-Perka Konlar

Günümüzde kök kanallarının doldurulmasında en yaygın olarak kullanılan kor materyalidir. Jose D’Almeida tarafından 1843 yılında tanıtılmıştır.

Bir tür ağaçtan (Sapontaceae familyası-Isonandra gutta ağacının özsuyu) geliştirilmiştir. Güta-perkanın bu isimle tabir edilmesi belki de yanıltıcı çünkü içeriğinde % 75 çinko oksit, % 25 güta-perka bulunur (Alaçam, 2012, s: 710) (Tablo 2.2.).

Tablo 2.2. Güta-perka konların kompozisyonu (Alaçam, 2012, s: 710)

Materyal	Yüzde (%)	Fonksiyonu
Güta-Perka	18 - 22	Matriks
Çinko Oksit	59 -76	Doldurucu
Mum / Rezin	1 - 4	Plastik Özellik Kazandırır
Metal Sülfatlar	1 - 18	Radyoopaklaştırıcı

Saf moleküler yapısında poliizoprenin trans-izomeridir ve yaklaşık % 60 kristal formdadır. 3 ayrı şekilde bulunmaktadır: α ve β olarak bilinen iki kristal form ve amorf şekli (Alaçam, 2012, s: 710; Goodman ve diğerleri, 1974).

Güta-perka temel olarak α fazındadır ve termoplastik kök kanal dolgusu yöntemlerinde kullanılmaktadır. Geleneksel güta-perka konları ise β fazındadır ve 42 – 49 °C arası ısılarda α fazına dönüşebilir. Isı daha da artarsa amorf yapıya geçerler. Pratik uygulama açısından bu 3 formun özellikleri mutlaka bilinmelidir (Schilder ve diğerleri, 1974) (Tablo 2.3.).

Tablo 2.3. α ve β -faz güta-perkanın zellikleri (Alaçam, 2012, s:710)

Isıtılmamış β -Faz	α -Faz
Katı, akışkan değil	Esnek, yapışkan
Kompakte edilebilir	Baskı uygulandığında akışkan
Kompaksiyon güta-perka ve kanal duvarına kuvvetlerin eşit dağılımına neden olur	Kanal düzensizliklerine adaptasyon
Aşırı kondensasyon kuvveti kök kırığına neden olabilir	Rutin soğumada beta faza rekristalize olur
	Donarken çekme gösterir 65 °C'nin üzerinde erir
	α -faz ısıtılıp soğutulduğunda daha az çekme gösterir
	Ebatsal olarak daha stabildir
	Yavaş olarak soğutulduğunda α -faz rekristalize olur

Diş hekimliğinde kullanılan güta-perkanın yumuşama derecesi 64 °C (Goodman ve diğerleri, 1981), erime derecesi 100 °C, parçalanma derecesi ise 150 °C'dir.

Güta-perka konları, genelde steril üretilmemektedir ancak kullanım öncesinde mutlaka steril edilmelidir. Kullanılabilecek dezenfektanlar materyalin mekanik yapısında değişimlere neden olabilir. Sterilizasyonda en iyi sonuç % 5.25 NaOCl solüsyonunda 1 dk. boyunca bekletip daha sonra etil alkol ile (% 70) yıkanma ile elde edilmiştir (Senia ve diğerleri, 1977).

Güta-perka, kolayca kompakte edilebilir bir yapıya sahiptir. Lateral ve vertikal kompaksiyonda kanal konfigürasyonuna ve eğri kanallara uyum gösterir. Kanalların tekrardan boşaltılması gerektiği durumlarda mekanik (ısı) ve kimyasal çözücülerle (ökaliptol, kloroform, ksilol) kolaylıkla sökülebilir (Boussetta ve diğerleri, 2003).

Güta-perkanın avantajları arasında; boyutsal stabilitesinin olması, biyouyumlu olması, toksisitesinin düşük olması, antibakteriyel olması, radyoopasitesinin iyi olması, termoplastik özelliğinde olması ve dişleri renklendirmemesi bulunmaktadır. Ancak rijit olmaması ve kolay deforme olabilmesi, adeviz özelliğinde olmaması ve kanal duvarlarına bağlanabilmesi için yarı katı bir materyale ihtiyaç duyması ve basınç altında apikalden taşabilmesi gibi dezavantajları vardır. Bunun için kanal preparasyonu esnasında apical stop noktasına dikkat edilmelidir (Alaçam, 2012, s: 709-710).

Güta-perka konları, firmalar tarafından çeşitli şekillerde ve açılarda geliştirilmiştir. Boyutları, eğe boyutları ve taper açılarıyla uyumludur. Ancak kon ve eğe arasında önemli bir fark bulunmaktadır; eğeler için boyut toleransı ± 0.02 mm iken, bu oran konlar için ± 0.05 'dir. Bu durum, eğe ve kon arasında uyumsuzluk oluşmasına neden olur (Senia ve diğerleri, 1977).

2.2.2.3. Resilon Konlar

Kök kanal dolumlarında mikrosızıntının minimum indirilmesi ve kök kanalının güçlendirilmesi için monoblok konseptinin kullanılması düşüncesiyle konvansiyonel güta-perkalara alternatif olarak dentine bağlanabilen Resilon geliştirilmiştir. Resilon; termoplastik, sentetik polimer esaslı bir kor materyalidir. Ana polimer içeriğini alifatik polyester polikaprolakton oluşturur. Polikaprolakton'un hacimsel yüzdesi $\% 57.6 \pm 0.2$ 'dir. Termoplastik özelliğini bu

material vermektedir (Armani ve Liu, 2000). Güta-perka gibi ısı ile yumuşatılabilir ve çözücülerle çözünebilir (Skidmore ve diğerleri, 2006; Tay ve diğerleri, 2005). Lateral kompaksiyon için ISO boyutlarında taper açısı artırılmış çeşitleri (Epiphany points; Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingfort, CT, Amerika) ve termoplastik vertikal kompaksiyon için pelet şekilli olanları (Epiphany Pellets Pentron Clinical Technologies LLC, Wallingfort, CT, Amerika) üretilmiştir (Shipper ve diğerleri, 2004).

Shipper ve diğerleri (2004), yaptıkları bir çalışmada, lateral kompaksiyon ve vertikal kompaksiyon tekniklerini kullanarak oluşturduğu AH 26 / güta-perka ve Epiphany / Resilon gruplarında *S. mutans* ve *E. faecalis* bakterileri ile koronal sızdırmazlık değerlendirmesi yapmış olup, çalışmanın sonucunda Epiphany / Resilon grubunda daha az sızıntı tespit etmişlerdir.

2.2.2.4. Rezin Kaplı Güta-Perka Konlar

Geleneksel güta-perka konlarının rezin siman ile bağlanmalarını sağlamak amacı ile rezin ile kaplanması şeklinde geliştirilmişlerdir. Bu tip konların modifiye edilmiş, hidrofilik esaslı dual sertleşen rezin pat (EndoREZ, Ultradent, UT, Amerika) ile kullanılmaları tavsiye edilmektedir (Alaçam, 2012, s: 713).

Al-Afifi ve diğerleri (2016), yaptıkları çalışmada, 2 farklı kanal dolum patı ve kor materyali ile doldurulan kök kanallarının dolum kalitesini değerlendirmişlerdir. Güta-perka/AH Plus ve Rezin kaplı GP/EndoREZ arasında yapılan bu değerlendirmede, Rezin kaplı GP/EndoREZ grubunun daha üstün olduğunu tespit edilmiştir.

2.2.2.5. Cam İyonomer Partikülleri ile Kaplı Güta-Perka Konlar (Activ GP)

Activ GP (Brasseler, Savannah, GA, Amerika), geleneksel güta-perka konlarının dış yüzeylerinin 2µm kalınlığında cam iyonomer partikülleri ile kaplanması şeklinde üretilmiştir. Geleneksel ve geliştirilmiş (Activ GP Plus) olarak 2 farklı formda üretilmiştir. Activ GP Plus, kanala daha kolay yerleştirilebilmesi için özel olarak tasarlanan sap bölümüne ve çalışma boyutu kontrolü için kalibrasyon halkalarına sahiptir (Alaçam, 2012, s: 713). Ayrıca kök kanal sistemine daha iyi uyum sağlamaları açısından .04 ve .06 taper açılarında olan formları bulunmaktadır (Hargreaves ve Berman, 2016, s: 299).

Süngür ve diğerleri (2016), yaptıkları çalışmada, geleneksel güta-perka konları ve kaplı güta-perka konları ile kullanılan kök kanal dolum patlarının dentine olan penetrasyonunu ve bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlar, dentin penetrasyonunun bağlanma dayanımına kısıtlı etki gösterdiğini ancak rezin ve cam iyonomer esaslı kök kanal patlarının, kaplı güta-perka ile birlikte kullanıldığında bağlanma dayanımının konvansiyonel güta-perkanın kullanıldığı gruplardan daha yüksek çıktığını tespit etmişlerdir.

Can ve diğerleri (2017), mikrokompüterize tomografi görüntüleme tekniği kullanarak, 3 farklı kanal dolum tekniğinin kök kanal sistemindeki hacmini ve radiküler dentin-dolum materyali arası boşluk miktarını değerlendirmişlerdir. EndoREZ, AH Plus/Activ GP ve AH Plus/Güta-perka ile doldurulan kök kanallarında boşluk miktarı Activ GP grubunda daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

2.3. Kök Kanal Dolum Teknikleri

Çeşitli preparasyon ve dolgu teknikleri olmasına rağmen, klinik başarı yönünden üstünlükleri henüz pek belirgin değildir. Bununla beraber zayıf apikal tıkama ile prognozun daha kötü olduğu iyi bilinmektedir. Uzun dönemde ve standart koşullarda klinik olarak ispanlanmadıkça, bir tekniğin diğerinden üstünlüğü tartışmalıdır. Günümüze kadar pekçok farklı kanal dolgu yöntemi sınıflaması yapılmıştır. Ancak güncel olarak kullanılan sınıflama aşağıdaki gibidir (Alaçam, 2012, s: 716-768):

1. Tek kon dolum tekniği
2. Soğuk güta-perkanın lateral kompaksiyonu
3. Soğuk güta-perkanın kimyasal ile yumuşatılması
4. Devamlı ısı ile dolum tekniği
5. Sıcak güta-perkanın lateral / vertikal kompaksiyonu
6. Güta-perkanın termomekanik kompaksiyonu
7. Termoplastik enjeksiyon teknikleri
8. Taşıyıcı esaslı güta-perka sistemleri

2.3.1. Tek Kon Dolum Tekniği

Kök kanal sisteminin genişletme ve şekillendirilmesinin ardından tek bir kon ve bir miktar kanal patı ile uygulanmasıdır. Uygulanması oldukça kolay ve hızlıdır (Kayahan ve diğerleri, 2017).

Tek kon tekniği:

- Kanal duvarları paralel olduğunda,
- Kanal çok geniş ise ve piyasadaki güta-perka konları kanala tam uyum sağlayamıyorsa,

- Döner aletlerle genişletilen kanallara son kullanılan aletin boyutuna uygun ve özel olarak tasarlanan güta-perka konlar ile,
- Cam iyonomer içerikli kanal patı kullanılacaksa ve bu patın çalışma zamanı oldukça kısa olduğundan bu tekniğin kullanımı önerilmektedir (Alaçam, 2012, s: 716-717).

Mokhtari ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada, AH Plus ve lateral kompaksiyon ile tek kon teknikleri ile doldurulan tek köklü dişlerde dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda tek kon tekniği ile doldurulan kök kanallarının bağlanma değerleri oldukça düşük çıkmış, bu tekniğin popüler olmasına rağmen adezyonunun çok iyi olmadığı bildirilmiştir.

2.3.2. Soğuk Güta-Perkanın Lateral Kompaksiyonu

Soğuk güta-perkanın lateral kompaksiyonu, diğer tekniklerle karşılaştırıldığında standart olarak kabul edilen ve diş hekimliği fakültelerinde öğrencilere ilk öğretilen teknik olarak bilinir. Kanallar çok eğri ve düzensiz olmadıkça tüm diş gruplarına kolaylıkla uygulanabilir. Güta-perkanın kontrollü bir şekilde uygulanması ve ekonomik bir teknik olması avantajlarıdır. Uygulama zamanının uzun olması ve kompaksiyon esnasında vertikal kök kırığı riskinin olması dezavantajlarıdır (Al-Afifi ve diğerleri, 2016; Çelikten ve diğerleri, 2015).

Bu teknik; kanal patının radiküler dentine uygulanmasından sonra uygun bir ana konun fizyolojik apikal forameni tıkayacak şekilde yerleştirilmesi, sonrasında spreader yardımı ile lateral yönde kompaksiyon yaparak oluşturulan boşluklara aksesuar konların yerleştirilmesi şeklinde uygulanır (Alaçam, 2012, s: 719-724).

Brosco ve diğerkleri (2008), yaptıkları çalışmada, 3 farklı kanal dolum tekniğinin bakteriyel sızıntı modeli ile koronal mikrosızıntı yönünden karşılaştırmışlardır. Soğuk gütaperkanın lateral kompaksiyonu, Tagger'in hibrit dolum tekniğı ve Microseal tekniklerinin değerkendirildiğı çalışmada, en fazla koronal mikrosızıntı değerkini Tagger'in hibrit dolum tekniğinin verdiğı tespit edilmiştir.

Naseri ve diğerkleri (2013), yaptıkları çalışmada, mikrokompüterize tomografi görüntüleme tekniğı ile 4 farklı kanal dolum tekniklerinin homojenitesini karşılaştırmışlardır. Soğuk gütaperkanın lateral kompaksiyon tekniğı, sıcak gütaperkanın vertikal kompaksiyonu yöntemi, Obtura II ve Gutta Flow sistemlerinin kullanıldığı çalışmada, tüm yöntemlerle yapılan dolumlarda boşluklara rastlanmıştır ancak en yüksek ve de en düşük değerkere Gutta Flow ile soğuk lateral kompaksiyon tekniklerinin kullanıldığı gruplarda rastlanmıştır.

Gade ve diğerkleri (2015), yaptıkları çalışmada, AH Plus ve Endosequence BC Sealer kanal dolum materyallerinin termoplastik enjeksiyon ve soğuk lateral kompaksiyon tekniğı ile dentine bağlanma dayanımını push-out testi ile *in vitro* olarak değerklendirmişler, AH Plus / Soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin kullanıldığı grupta en yüksek değerkleri tespit etmişlerdir. Aynı zamanda Endosequence BC Sealer / Termoplastik enjeksiyon tekniğinin kullanıldığı grupta ise AH Plus / Termoplastik enjeksiyon tekniğine oranla daha yüksek değerkleri elde ettiklerini bildirmişlerdir.

2.3.3. Sıcak Güta-Perkanın Vertikal Kompaksiyon Tekniği (Schilder Yöntemi)

Bu yöntemin çalışma prensibi, kanal dolum patının radiküler dentine uygulanması ardından, ana kon ile kanalın apikal bölgesini tıkamak ve bu ana konu ısıtılmış bir plugger ile dikey yönde kompakte etmektir (Schilder, 1974).

Lea ve diğerleri (2005), *in vitro* olarak yaptıkları çalışmada, soğuk güta-perkanın lateral kompaksiyonu ile sıcak güta-perkanın vertikal kompaksiyon tekniğini karşılaştırmış ve sıcak güta-perkanın vertikal kompaksiyon tekniği ile daha homojen dolumların elde edildiğini bildirmişlerdir.

Gopikrishna ve Parameswaren (2006), boya penetrayon mikrosızıntı yöntemi ile soğuk lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon tekniklerinin koronal sızıntılarını değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, soğuk lateral kompaksiyon ile doldurulan grupların diğer gruplara oranla koronal sızıntı değerlerinin daha yüksek çıktığı bildirilmiştir.

2.3.4. Devamlı Isı ile Dolum Tekniği (System B)

System B (SybronEndo, Orange, CA, Amerika), ilk defa 1987 yılında Analitik Teknoloji Firması tarafından geliştirilip, güta-perkanın ısıtılmış olarak kullanıldığı bir sistemdir (Jacobson ve diğerleri, 2002). Isı kaynağı olarak ucundaki plugger'a istenildiğinde ısı verebilen elektrikli bir cihaz kullanılmaktadır. Bu cihaz istenen ısı miktarını istenilen süre ile uygulanılmasına olanak verir. Isı ayarı ortalama 200 ± 10 °C olarak ayarlanır. Bu tekniğin avantajı; ısıtılan güta-perkanın düzensiz kök kanal anatomisine daha derin ve etkili bir biçimde kondanse olabilmesi ve deneyim kazanıldığında 12 saniyeden daha kısa bir sürede kanal dolumunun tamamlanabilmesidir (Perry ve diğerleri, 2013).

Uygulama şekli; ana konun kök kanalının apikalini tıkayacak biçimde kanala yerleştirilmesi, daha sonra sıcak plugger yardımı ile apikal sıkışma noktasına 3 mm'lik mesafeye kadar tek hareket ile baskı uygulanması şeklindedir. Bu işleme down-pack işlemi denmektedir. Sıkışma noktasından kısa olacak biçimde plugger durduktan sonra plugger'daki apikal baskı apikal güta-perka donuncaya kadar devam ettirilir. Böylece güta-perkanın olası çekilmesi önlenmiş olur. Geriye kalan kanal bölümü ise incremental backfill tekniği ile doldurulur. Bu teknikle lateral ve aksesuar kanalların dolma şansı artar, tek bir elektronik aygıt ve plugger ile işlem tamamlanır, down-pack tek bir harekette, backfill ise iki veya üç harekette tamamlanır, lateral ve vertikal kompaksiyona göre daha kısa sürede işlem tamamlanır. Ancak, bu teknikte ısı kontrolünün dikkatli yapılması gerektiği, 10 °C'lik artış ile periapikal dokularda hasara, 44 - 47 °C'lik artış ile doku nekrozuna neden olabildiği bildirilmiştir (Alaçam, 2012, s: 736-739; Eriksson ve Albrektsson, 1983).

Pitout ve diğerleri (2006), boya penetrasyon ve bakteriyel sızıntı testleri yaptıkları çalışmada, kök kanallarını güta-perka ve Roth kanal patı ile, Resilon ve Epiphany patını ise System B ve lateral kompaksiyon ile doldurmuşlardır. Lateral kompaksiyon ile doldurulan kanalların System B ile doldurulanlara oranla koronal sızdırmazlıklarının daha iyi olduklarını ancak anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişlerdir.

Ferreira ve diğerleri (2017), yaptıkları çalışmada, devamlı ısı ile dolum tekniğinin ve taşıyıcı sistemli güta-perka tekniklerinin örtücülük özelliklerini nükleer tıp (radyoaktif izotop) yöntemi ile karşılaştırmışlar, System B'nin apikal sızdırmazlık özelliğinin diğer gruplara göre daha iyi olduğunu ancak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Kytridou ve diğerkleri (1999), 2 farklı kanal dolum yönteminin (Termafil ve System B) kısa ve uzun dönemde örtücülük kapasitelerini boya penetrasyon yöntemi ve stereo-mikroskopik görüntüleme yöntemi ile karşılaştırmışlar ve Termafil'in uzun dönemde apikal taşma insidansının ve sızdırmasının daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

2.3.5. Termoplastik Enjeksiyon Teknikleri (Isıtılmış Gütta-Perkanın Enjeksiyonu Tekniğı)

Bu teknik, 1977 yılında Yee ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olup, gütta-perkanın ısıtılarak plastik hale getirilmesi ve basınç altında kanala gönderilmesi temeline dayanır (Yee ve diğerkleri, 1977). Obtura II / III, Calamus, Ultrafil, Elements ve HotShot bu tekniğı kullanan sistemlere örnek olarak verilebilir (Alaçam, 2012, s: 740-744).

2.3.5.1. Obtura II

Bu sistem, gütta-perka parçalarının yerleştirildiğı bir odacık ve bu odacığı çevreleyen ısıtıcı bir hazneden oluşmaktadır. Guta-perka yaklaşık 160 °C'de ısıtılmakta ve gümüş kanüller aracılığı ile (20, 23 ve 25 gauge kalınlıklarında) kanala gönderilmektedir (Lacombe ve diğerkleri, 1988). Cihaz tabancası ısıya dayanıklı plastikten üretilmiştir. Akıcılığın ve temizlenmenin daha kolay olabilmesi için aletin haznesi çok iyi parlatılmıştır (Alaçam, 2012, s: 740-741).

Uygulama pat yerleştirildikten sonra yapılır. Bu sistemde hızlı sertleşen pat kullanımı önerilmemektedir. Gümüş enjektör kanalın apikal 3 - 5 mm'ye kadar yerleştirilmeli ve materyal enjekte edilirken yavaşça kanalın koronaline doğru geri çekilmelidir. Enjektör kanal içerisinde sıkışmamalı ve kolayca hareket edebilmelidir. Kanal dolgusu tamamlandıktan sonra koronalde plugger ile

kompaksiyon yapılmalıdır (Hargreaves ve Berman, 2016, s: 309-310).

Sistemin avantajı; yan ve aksesuar kanalların ve düzensiz anatomik yapıya sahip kök kanal sisteminin daha homojen bir şekilde doldurulabilmesidir (Weller ve diğerleri, 1997). Ancak, yüksek ısılarda diş destek dokularına zarar verebilmesi, aşırı dar kanallarda kanüllerin apikal bölgeye istenilen miktarda yerleştirilememesi ve apikal sonlanım tam olarak elde edilmediğinde materyalin apikalden taşırılması gibi olumsuz yönleri de mevcuttur (Budd ve diğerleri, 1991).

Samson ve diğerleri (2013), yaptıkları *in vitro* çalışmada, 3 farklı kanal dolum yöntemini boya penetrasyon tekniği ile sızdırmazlık yönünden karşılaştırmışlardır. Çinko oksit öjenol ve soğuk lateral kompaksiyon, Obtura II ve Termafil kanal dolum teknikleri ile doldurulan örneklerde en az koronal sızdırmazlık değeri Termafil grubunda gözlenirken, soğuk lateral kompaksiyon ve Obtura gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Kumar ve diğerleri (2012), stereo-mikroskopik görüntüleme yöntemi ile 3 farklı kanal dolum tekniğinin örtüleme kapasitelerini değerlendirmişlerdir. Altmış adet çekilmiş diş üzerinde yapılan *in vitro* çalışmada, dolum materyali olarak AH Plus kullanılmış ve örneklerden kesitler alınarak x40 büyütmede boşluk olup olmadığına ve boşluk sayısına bakılmıştır. İncelemenin sonucunda, Obtura II sistemi ile uygulanan termoplastik enjeksiyon tekniği grubunun örtüleme kapasitesini değerlendirilen diğer 2 yöntemden (soğuk lateral kompaksiyon ve Gutta Flow) daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Weller ve diğerleri (1997), yaptıkları benzer çalışmada, Termafil, Obtura II ve soğuk lateral kompaksiyon yöntemlerini karşılaştırmışlar, radiküler dentine adaptasyonu en iyi olan kanal dolum yönteminin termoplastik enjeksiyon

tekniki, en kötü olan ise soğuk lateral kompaksiyon tekniği olduğunu bildirmişlerdir.

2.3.5.2. Ultrafil

Düşük ısıli termoplastik güta-perka enjeksiyon tekniği olup, 1984 yılında Michanowics ve Czonstkowsky tarafından geliştirilmiştir (Michanowics ve Czonstkowsky, 1984). Bu sistemde ısı ayarı 70 °C olup, kanül apikal sonlanmadan 6 mm uzaklıkta olacak şekilde kanala yerleştirilir. Kanal dolgusu sırasında hekim kanülü geri çekmemeli, basınç hissettikçe kanülün kendisini itmesine izin vermelidir. Bu sistemde düşük ısı kullanıldığından, güta-perka hızlı soğuyabilir dolayısı ile kondensasyon zayıf olabilir (Budd ve diğerleri, 1991; Gutmann ve Rakusin, 1987).

Budd ve diğerleri (1991), yaptıkları çalışmada, 2 farklı termoplastik enjeksiyon tekniğini konvansiyonel soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile karşılaştırmışlardır. Ultrafil ve Obtura sistemlerinin kullanıldığı gruplarda daha homojen güta-perka dağılımı izlenirken, soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin uygulandığı gruplarda güta-perka dağılımının bazı bölgelerde eksik olduğu rapor edilmiştir.

2.3.5.3. Calamus Sistemi

Calamus Flow Obturation System (Dentsply Tulsa Dental Specialties), ısıtılmış güta-perkanın enjeksiyonu tekniğini kullanan bir sistem olup, ısı ayarını ve güta-perka akış hızını ayarlayan bir hazneye ve 2 ayrı uygulama koluna sahiptir. Kollardan birine her hasta için ayrı olarak hazırlanmış güta-perka kartuşları yerleştirilir. Bu kartuşlar, 20- ve 23- gauge kalınlıklarında olan kanüllerden ısıtılarak down-pack yöntemi ile kanal içerisine uygulanırlar. Diğer

kola ise ISO standartlarında geliştirilen 3 ayrı renk ve kalınlıktaki plugger'lar (siyah 40/03, sarı 50/05 ve mavi 60/06) yerleştirilir (Gupta ve diğerleri, 2015; Hargreaves ve Berman, 2016, s: 310-311).

Gupta ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada konik ışınli komputerize tomografi görüntüleme yöntemini kullanarak termafil, soğuk lateral kompaksiyon ve Calamus dolum tekniklerinin kalitesini karşılaştırmışlardır. Otuz adet çekilmiş santral diş üzerinde gerçekleştirilen çalışmada biyomekanik preparasyon Reciproc ile yapılmış ve örnekler 3 ayrı gruba bölünerek bahsedilen dolum teknikleri ile doldurulmuştur. Calamus ile doldurulan grupta en yüksek homojeniteye rastlanırken, soğuk lateral kompaksiyon ile doldurulan grupta boşluk gözlenmiştir.

Gade ve diğerleri (2015), yaptıkları *in vitro* çalışmada, Endosequence BC Sealer kanal dolum materyalinin push-out testi ile dentine bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. İki ayrı kanal dolum tekniğinin uygulandığı çalışmada, AH Plus, Endosequence BC Sealer ve Endomethasone N Sealer (Septodont) ile karşılaştırma yapılmıştır. AH Plus / Soğuk lateral kompaksiyon grubunda en yüksek bağlanma dayanımı değeri rapor edilirken, Endosequence BC Sealer / Calamus grubunda ise bağlanma dayanımı değerleri AH Plus / Calamus grubundan daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

2.3.6. Taşıyıcı Sistemli Güta-Perka Yöntemi

Etrafı güta-perka ile kaplı plastik bir taşıyıcının ısıtılıp yumuşatıldıktan sonra, kanal patı uygulanan kök kanalına yerleştirilmesi şeklinde uygulanan bir sistemdir. Güta-perkanın ısıtılmadan önce mutlaka çalışma uzunluğu kanal içerisinde denenmelidir. Termafil, Softcore, System GT, Simplifil ve Quickfil taşıyıcı sistemli güta-perka sistemlerinden bazılarıdır (Alaçam, 2012, s: 744-752).

2.3.6.1. Termafil

Taşıyıcılı sistemler arasında en çok tercih edilendir. Alfa-faz güta-perka kaplı paslanmaz çelik bir kor'un ısıdan geçirilerek yumuşatılması ve kanala yerleştirilmesi şeklinde uygulanır. Bu teknikte pat olarak Thermaseal, AH 26 ve Sealapex gibi patlar önerilmektedir. Isıyla çabuk sertleşen patlar (CRCS, Tubliseal) bu sistem için tercih edilmemektedir. Uygun çalışma boyu kontrol edildikten sonra açık alev üzerinde kor ısıtılarak pat yerleştirilen kanala kıvrılmadan yerleştirilmelidir. Taşıyıcı kısmın kesilmesinden önce güta-perkanın soğuması için 2 - 4 dk. beklenmelidir (Gambarini ve diğerleri, 2016).

Sistemin avantajı, uygulama kolaylığı ve ısıtılan güta-perkanın kanal düzensizliklerine adaptasyonunun iyi olmasıdır. Ancak tekrarlayan tedavilerde veya post core yapılacak dişlerde kanalın boşaltılması zor olabilmesi, materyalin apikalden taşırılabilmesi ve aşırı eğri kanallarda kor'un kırılarak kanal dolumunda eksikliklerin olması gibi olumsuz yönleri de mevcuttur (Alaçam, 2012, s: 744-748; Hargreaves ve Berman, 2016, s: 311-312; Gambarini ve diğerleri, 2016).

Faus-Llacer ve diğerleri (2015), yaptıkları *in vitro* çalışmada, Termafil, Beefil ve termoplastik enjeksiyon teknikleri ile doldurulan oval şekilli kanalların kanal dolum kalitelerini stereo-mikroskopik görüntüleme tekniği ile değerlendirmişlerdir. Çapraz kesitlerin alındığı örnekler görüntülendikten sonra AutoCad programı ile güta-perka yoğunluk ve olası boşluk yüzdeleri incelenmiştir. Termafil ve Beefil sistemleri ile doldurulan gruplarda oldukça yüksek güta-perka değeri ve düşük boşluk değeri rapor edilirken, 2 grup arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark bulunamamıştır.

Marciano ve diğerleri (2011), yaptıkları çalışmada, mandibuler molar dişlerin mezial kanallarına tek kon, soğuk lateral kompaksiyon, Termafil ve Sistem B kanal dolum teknikleri ile dolum yapılmıştır. Konfokal mikroskop ile yapılan değerlendirmede, Termafil ve System B gruplarında isthmus varlığında daha homojen dolum görüntüleri elde edilmiştir.

2.3.6.2. Softcore

Termafil'e benzeyen taşıyıcı bir sistem olup, universal taper kalınlığına ve daha ince bir kor yapıya sahiptir. İnce kor yapının amacı, özellikle kıvrımlı kanallarda daha esnek bir yapı oluşturmaktır (Gambarini ve diğerleri, 2016).

Monterde ve diğerleri (2014), yaptıkları çalışmada, 5 farklı kanal dolum yöntemini bakteriyel infiltrasyon testi ile apikal sızdırmazlık yönünden karşılaştırılmışlar ve Softcore ile doldurulan örneklerde daha çok apikal sızıntı değerleri tespit etmişlerdir.

2.3.7. Sıcak Güta-Perkanın Lateral Kompaksiyonu (Microseal)

Microseal Sistemi (Analytic, Glendora, CA, Amerika), soğuk lateral kompaksiyon ile meydana gelebilecek olası boşlukları kompanse edebilmek için geliştirilmiştir. Bu sistemde ana kon kanal patına bulanarak, önceden pat yerleştirilmiş kanal içerisine yerleştirilip spreader ile lateral yönde kompakte edilir. Açılan boşluğa daha sonra sisteme ait kartuşlardaki güta-perka ısıtılarak enjekte edilir ve kanal dolumu tamamlanır (Marciano ve diğerleri, 2010).

Gençoğlu ve diğerleri (2007), yaptıkları çalışmada, sıvı filtrasyon testi ile 6 farklı kanal dolum yöntemini değerlendirmişlerdir. Değerlendirmenin sonucunda Termafil, Softcore, Quickfil ve System B tekniklerinin kullanıldığı

gruplarda apikal sızıntı minimum derecede gözlenirken, Microseal ile soğuk lateral kompaksiyon gruplarında daha fazla apikal sızıntı rapor etmişlerdir.

2.3.8. Termomekanik Kompaksiyon Tekniği

1979 yılında McSpadden tarafından geliştirilen bir sistem olup, Hedström eğeye benzeyen 'McSpadden Kompaktörü' kullanarak, sürtünme ısı ile güta-perkanın ısıtılması ve kök kanalının doldurulması amaçlanmıştır. Alet kanal içinde minimum 8000 rpm hızında kullanılarak güta-perkanın yumuşamasına ve kanal duvarlarına (apikal ve lateral yönde) adapte olmasına böylece daha homojen bir dolumun oluşmasına neden olur (Carneiro ve diğerleri 2012; Leonardo ve diğerleri, 2009; Michelotto ve diğerleri, 2010).

Tekniğin avantajları arasında; kanal dolumunun daha kısa sürede bitmesi ve oluşan sürtünme ile homojen bir dolum meydana gelmesidir (Wong ve diğerleri, 1981). Ancak, kompaktörün kanal içerisinde kırılması, güta-perkanın apikalden taşırılması ve sürtünme ile oluşan ısının vital periodontal dokulara zarar verebilmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Hopkins ve diğerleri, 1986; Leonardo ve diğerleri, 2009).

Gilhooly ve diğerleri (2001), yaptıkları çalışmada, soğuk lateral kompaksiyon ile termomekanik kompaksiyon tekniklerinin sızdırmazlıklarını ve radyografik kalitelerini karşılaştırmışlar, radyografik kalite açısından soğuk lateral kompaksiyon tekniğini daha iyi, sızdırmazlık açısından ise 2 teknik arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını tespit etmişlerdir.

2.4. Endodontik Mikrosızıntı

Endodontide mikrosızıntı, dolgu materyali ve diş dokusu arasından kök kanalına sıvı, bakteri ve kimyasal maddelerin geçişi olarak tanımlanır (Timpawat ve diğerleri, 2001). Apikal sızıntı başarısız bir endodontik tedavinin ana nedeni olup, kök kanallarının anatomisindeki düzensizlikler, kök kanallarının genişletme miktarı, kullanılan irrigasyon solüsyonlarının çeşidi, kök kanalı doldurma teknikleri ve kanal dolgu patlarının çeşitleri, smear tabakasının varlığı ve yokluğu gibi değişkenler tarafından oluşabilir (Ghoddusi ve diğerleri, 2010; Pommel ve diğerleri, 2001; Rosales-Leal ve diğerleri, 2011; Torabinejad ve diğerleri, 1990; Verissimo ve Vale, 2006). Koronal sızıntıda ise; kök kanal tübüllerindeki bakteriler ile oral floranın etkileşimi söz konusudur. Çoğunlukla geçici restorasyon kaybı, restorasyonda veya diş yapısında kırık ya da çatlak varlığı, yetersiz kanal dolgusu, sekonder çürük ya da daimi restorasyonun uyumsuzluğu sonucu oluşur (Brosco ve diğerleri, 2008; Carratu ve diğerleri, 2002; Saunders ve Saunders, 1994).

2.4.1. *İn Vitro* Mikrosızıntı Test Yöntemleri

Farklı kanal dolum teknikleri ve materyallerinin tıkaçlama kapasitelerini incelemek, birbirleri ile karşılaştırmak için birtakım *in vitro* test yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, ağız içi (*in vivo*) durumu tam olarak kopyalayamamakla birlikte, teknik ve materyal karşılaştırmak için günümüzde kullanılan en uygun yöntemlerdir (Beatty ve Zakariasen, 1984). Genellikle doldurulmuş kanal boyunca izleyici materyalin penetrasyonunu ölçmeye yönelik geliştirilmişlerdir. Ancak günümüzde halen hangi yöntemin en iyi sonuçlar verdiği tam olarak bilinmemekle birlikte (Malik ve diğerleri, 2013), her yöntemin farklı skorlama sistemi olduğundan değerlendirmede standardizasyon

sağlanamamaktadır. Farklı mikrosızıntı test çalışmalarında farklı değerler elde edilebilmektedir (Alani ve Toh, 1997).

In vitro mikrosızıntı tespit yöntemleri:

1. Boya penetrasyon yöntemi,
2. Bakteriyel sızıntı yöntemi,
3. Sıvı filtrasyon yöntemi,
4. Radyoizotop yöntemi,
5. Nötron Aktivasyon yöntemi,
6. Kimyasal ajanların kullanılması,
7. Elektrokimyasal yöntem,
8. Basıncılı hava yöntemi (sıkıştırılmış hava tekniği),
9. Mikroskopik inceleme yöntemleri,
10. Glikoz analiz yöntemi,
11. Gaz kromatografi yöntemi
12. İnsan serumu sızıntısı yöntemi
13. Termal Siklus tekniği (Alani ve Toh, 1997; Ayyıldız ve diğerleri, 2009; Eldeniz ve Ørstavik, 2009; Erdemir ve Yaman, 2011; Taylor ve Lynch, 1992; Verissimo ve Vale, 2006).

2.4.1.1. Boya Penetrasyon Yöntemi

Bu yöntem ilk defa 1939 yılında Grossman tarafından geliştirilmiştir. Uygulaması diğer sızıntı yöntemlerinden daha kolay olduğu için en çok tercih edilen yöntem olarak bilinir. Dişlerin farklı organik boya tiplerine batırılması ve mikroskopta incelenmesi ile yapılan deney işlemidir (Tamse ve diğerleri, 1998; Verissimo ve Vale, 2006).

Kullanılan boyalar:

- Metilen mavisi (% 0.2-2)
- Bazik fuksin (% 0.5-2)
- Florosan (% 2-20)
- Kristal viyole (% 0.05)
- Anilin mavisi (% 2)
- Gümüş nitrat (% 50)
- Toloidin mavisi (% 0.25)
- Eritrosin (% 2)
- Rodamin B (% 0.2)
- Hint boyası (Ayyıldız ve diğerleri, 2009; Verissimo ve Vale, 2006).

Bunlar arasında kullanımı kolay ve ucuz olmasından dolayı en çok tercih edilen boya solüsyonu % 2'lik metilen mavisidir. Metilen mavisinin boyama etkinliği diğer boyalara oranla daha yüksektir. Bunun sebebi, boyanın moleküler boyutunun bazı bakteri toksinlerinden bile küçük olmasıdır (Camps ve Pashley, 2003, Kontakiotis ve diğerleri, 2001; Verissimo ve Vale, 2006).

Boya penetrasyon yönteminin çalışma prensibi, koronal-apikal yönden kök kanal boşluğuna boya verilip, boyanın dentin - kanal dolgusu arasından sızmasına ve olası boşlukları işaretleme esasına dayanır (Camps ve Pashley, 2003). Penetrasyon ölçümünden önce örnekler hazırlanarak, longitudinal olarak kesilir ve şeffaflaştırma işlemi veya uzun eksene dik kesitler alınarak uygulanır (Ahlberg ve diğerleri, 1995; Martin ve diğerleri, 2002; Zmener ve diğerleri, 2005).

Kesit alma yönteminde, dişler uzunlamasına ikiye ayrılarak veya kökün uzun aksına dik kesitler alınarak, stereomikroskop altında kök kanal dolgu

materyali ile kanal duvarları arasındaki boya penetrasyonu ihtimali açısından incelenir (Ahlberg ve diğerleri, 1995).

Şeffaflaştırma işlemi, 1927 yılında Okumura tarafından geliştirilmiş olup, boya solüsyonundan çıkarılan dişlerin, dehidratasyon / demineralizasyon için % 5'lik nitrik asit solüsyonunda 48 saat çözdürülmesi, daha sonra sırayla % 80'lik etil alkolde 24 saat, % 90'lık etil alkolde 2 saat ve % 100'lük etil alkolde 3 saat bekletilmesi ile uygulanır. Son olarak bu işlemlerin ardından metil salisilatta 24 saat bekletilip şeffaflaşma gerçekleştikten sonra spektrofotometre aleti ile ölçülür. Sızıntının hacmi ile kantitatif değerler elde edilir (Robertson ve diğerleri, 1980; Swanson ve Madison, 1987). Bu yöntemde diş yapısından herhangi bir kayıp olmaksızın kök kanal anatomisi 3 boyutlu olarak incelenebilir hale getirilir. Kullanılan materyaller toksik olmamakla birlikte, bu işlemlerin yapılabilmesi için kompleks ekipmanlara ihtiyaç duyulmaz (Robertson ve diğerleri, 1980; Schäfer ve Olthoff, 2002; Verissimo ve Vale, 2006).

Martin ve diğerleri (2002), yaptıkları çalışmada, apikal sızıntının değerlendirilmesinde şeffaflaştırma yönteminin kesit alma yöntemine oranla daha kesin sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Kesit alma yönteminde incelenen örneklerde sadece boya penetrasyonunun olup olmadığı tespit edilirken, şeffaflaştırma yönteminde boya penetrasyonunun miktarının da incelenebildiğini rapor etmişlerdir.

Yapılan boya penetrasyon çalışmalarında, kök kanalında sıkışan havanın boya penetrasyonunu etkilediği dolayısı ile tam ve doğru ölçümlerin yapılmasını engellediği bildirilmiştir (Spangberg ve diğerleri, 1989). Kanal boyunca boyanın ilerlemesi kapiller kuvvetle gerçekleşmekte ve boşluklardaki sıkışan hava kapiller hareketi engellemektedir. Bu nedenle araştırmacılar, bu yöntemin

kullanılacağı zaman dişlerin boya içerisinde bekletilmesi yerine, penetrasyonun istenildiği bölgeden boyayı iterek kapiller basıncın etkisini en aza indirmek amacı ile vakum yönteminin uygulanmasını önermişlerdir (Wu ve diğerleri, 1994).

Tekniğin avantajları:

- Boyaların ucuz ve kolay temin edilebilir olması.
- Hızlı, direkt ve hatasız ölçümlerin yapılabilmesi.
- Görülebilen ışık altında gözlem yapılabilmesi.
- Kimyasal herhangi bir reaksiyona ve radyasyona gerek duyulmaması.
- Suda çözünebilmesi.
- Diş ile herhangi bir tepkimeye girmemesi.
- Dentin matriksi veya apatit kristalleri tarafından yüzeyde tutulması (Alani ve Toh, 1997; Ayyıldız ve diğerleri, 2009; Erdemir ve Yaman, 2011).

Tekniğin dezavantajı ise, tekrarlayan ölçümlerin yapılamaması ve kök kanalı-periradiküler doku ilişkisini tam olarak yansıtamamasıdır (Oliver ve Abbott, 2001).

Oliver ve Abbott (2001), boya penetrasyon yönteminin kullanıldığı çalışmaların tekrardan değerlendirilmesini, bu tekniğin kullanılan materyalin veya tekniğin klinik başarısını değerlendirmede güçlü bir teknik olmadığını belirtmişlerdir.

2.4.1.2. Bakteriyel Sızıntı Testi

Bu yöntem, *in vitro* çalışmalarda diğer sızıntı yöntemlerine oranla daha kesin sonuçlar vermesi ve klinik şartları daha iyi taklit edebilmesinden dolayı en çok tercih edilen yöntem olarak bilinir (Mobarak ve diğerleri, 2015; Mozini ve diğerleri, 2009; Jafari ve diğerleri, 2016).

Yöntemin çalışma prensibi; dişlerin bakteri kültürüne daldırılması ve diş-dolgu materyali arasında bakteri üremesi olup olmadığı esasına dayanmaktadır (Erdemir ve Yaman, 2011). Kök kanal dolgusunu takiben dişlerin apikal ve koronal bölümleri dışında kalan tüm yüzeyleri kapatılarak iki hazneli bir sisteme yerleştirilmekte ve belirli bir bakteri türü inoküle edilmektedir (Şekil 2.1.). Sonrasında ekim yapılmakta ve inkübasyon döneminin sonunda besi yerinde bulunan özel işaretleyici solüsyonun renk değiştirip değiştirmemesine veya besi yerinin bulanıklaşp/bulanıklaşmamasına göre oluşan sızıntı değerlendirilmektedir (Carratu ve diğerleri, 2002; Torabinejad ve diğerleri, 1990).

Kullanılan bakteri türleri:

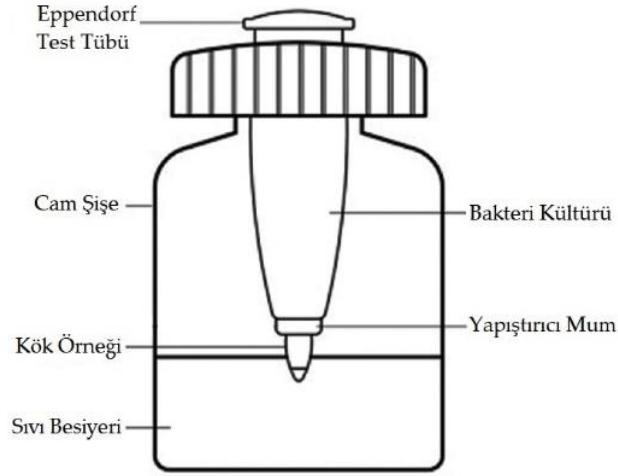
- *Enterococcus faecalis*,
- *Proteus mirabilis*,
- *Staphylococcus epidermidis*,
- *Streptococcus mutans*,
- *Streptococcus mitis*,
- *Streptococcus salivarius*,
- *Prevotella melaninogenica*,
- *Lactobacillus acidophilus*
- *Actinomyces odontolyticus*,
- *Pseudomonas fluorescens*,
- *Fusobacterium nucleatum* (Carratu ve diğerleri, 2002; Chailertvanitkul ve diğerleri, 1997; Maltezos ve diğerleri, 2006; Michaïlesco ve Boudeville, 2003; Miletić ve diğerleri, 2002; Timpawat et. al, 2001).

Yöntemin dezavantajları;

- Bakteriyel sızıntı çalışmalarında sterilizasyon büyük önem taşımaktadır. Örneklerin hazırlanması esnasında herhangi bir kontaminasyon hatalı sonuç alınmasına neden olabilmektedir (Carratu ve diğerleri, 2002).
- Bu teknikle sadece kalitatif sonuçlar elde edilmektedir; çünkü tek bir bakterinin doldurulmuş kanaldan geçişi besi yerinin bulanıklaşmasına veya işaretleyici solüsyonun renk değiştirmesine neden olabilmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011; Taylor ve Lynch, 1992).
- Bu teknikte farklı bakteri türleri kullanılabilir ve her bakteri ile elde edilen sonuçlar bakterinin cinsine ve uygulanan materyalin antimikrobiyal etkisine bağlı değişkenlik gösterebilir. (Maltezos ve diğerleri, 2006).
- Bakteri sızıntısı için kavite duvarı-restorasyon materyali arasındaki açıklık 0.5 - 1 µm olmalıdır. Daha küçük açıklıklarda bakteri toksinlerinin ve diğer bakteri türlerinin geçişi engellenebilir (Alani ve Toh, 1997).

E. faecalis, başarısız kök kanal tedavilerinde, sekonder enfeksiyon nedeni olarak kök kanal sisteminden en sıklıkla izole edilen bakteri türüdür (Brosco ve diğerleri, 2008; Jafari ve diğerleri, 2016; Love, 2001; Pinheiro ve diğerleri, 2003). Fakültatif anaerob, gram + bir bakteri türü olup, dentin tübüllerinin derinliklerine penetre olabilme ve 13 aya kadar canlı kalabilme kapasitesine sahiptir (Baumgartner ve diğerleri, 2007; Saleh ve diğerleri, 2004; Sedgley ve diğerleri, 2005; Stuart ve diğerleri, 2006).

Barthel ve diğerleri (1999), yaptıkları çalışmada, bakteriyel sızıntı testi ile boya penetrasyon tekniğini karşılaştırmışlar ve boya penetrasyon tekniğinin klinik şartları simule etmede bakteriyel sızıntı testi kadar başarılı olmadığını belirtmişlerdir.



Şekil 2.1. Bakteriyel infiltrasyon testi düzeneğinin şematik görüntüsü (Khademi ve Shekarchizade, 2016)

2.4.1.3. Sıvı Filtrasyon Tekniği

Sıvı filtrasyon tekniği, Derkson ve diğerleri (1986), tarafından restoratif dolgu materyallerinin sızıntısını test etmeye yönelik geliştirilmiş, daha sonra endodontide kullanılmak üzere Wu ve diğerleri (1993), tarafından modifiye edilmiştir. Tekniğin çalışma prensibi; kullanılacak sıvının, örneğin bir tarafından 0.1 atm basınç altında gönderilmesi ve kanal dolumundaki olası boşlukların arasından geçerek diğer tarafından çıkışının gözlenmesidir. Daha sonra 20 µm ve 170 mm uzunluğunda olan kapiller tüp içerisindeki hava kabarcığının yer değişikliği ölçülerek sıvının hareketi µl/dk şeklinde hesaplanmaktadır (Şekil 2.2.) (Pommel ve Camps, 2001; Wu ve diğerleri, 1994).

Tekniğin avantajları:

- Kantitatif değerler vermesi,
- Örneklerin tekrardan kullanılabilmesi,
- Uzun süreli örtücülük değerlendirilmesine olanak vermesi,

- Otomatik kaydetme ile operatör hatasının olmaması,
- Boya penetrasyon testine oranla daha sensitif olması ve kesin sonuçlar vermesi,
- Pozitif basınç nedeni ile hapsolmuş hava veya sıvının oluşturabileceği problemlerin önüne geçilmesi (Çobankara ve diğerleri, 2002; Miletic ve diğerleri, 1999; Wu ve diğerleri, 1994).

Tekniğin dezavantajları ise:

- Bu tekniğin klinik koşulları tam olarak taklit etmemesi,
- Ayrıntılı ekipmana ihtiyaç duyulması,
- Birçok parametrenin (ölçüm zamanı, uygulanan basınç, kapiller çap, hava kabarcığı boyutu gibi) sızıntı sonuçlarına etki edebilmesi ve standardizasyonun yapılamaması,
- Uygulanma zorluğu ve uzun süreli olması (Pommel ve Camps, 2001; Verissimo ve Vale, 2006).

Youngson ve diğerleri (1999), yaptıkları çalışmada, sıvı filtrasyon ve boya penetrasyon testlerini karşılaştırmışlar, daha sonra örneklerle termal siklus uygulamışlardır. Termal siklus, her iki sızıntı yönteminde de belirgin bir etki göstermezken, sıvı filtrasyon tekniğinin boya penetrasyon tekniğine oranla daha hassas ve kesin sonuçlar verdiği rapor edilmiştir.

Moradi ve diğerleri (2015), yaptıkları çalışmada, 2 farklı kök ucu dolgu materyalinin apikal sızdırmazlık özelliklerini sıvı filtrasyon ve bakteriyel sızıntı testleri ile değerlendirmişlerdir. Çekilmiş 34 adet tek köklü diş üzerinde uygulanan çalışmada, örneklerin kök uçları 3 mm olacak şekilde rezeke edilerek dolgu materyalleri ile kapatılmıştır. Çalışmanın sonucunda her iki teknik

Mikrosızıntı miktarının kantitatif olarak bu teknik ile kısa sürede saptanabilmesi, boya penetrasyon yönteminde kullanılan boyaların moleküler büyüklükleri ile karşılaştırıldığında ($120\ \mu\text{m}$), izotop moleküllerinin büyüklüklerinin daha küçük olması ($40\ \mu\text{m}$) ve dolayısı ile daha detaylı analiz yapılabilmesi, çekilen radyografilerin saklanabilir olması gibi avantajları bulunmaktadır (Crim ve diğerleri, 1985; Going, 1972).

Çalışma zorluğu, kullanılan maddelerin radyoaktif olması, dolayısı ile insan hayatı ve çevre için risk taşıması, diğer tekniklere oranla daha pahalı olması ve özel ekipmanlar gerektirmesi gibi dezavantajları mevcuttur (Alani ve Toh, 1997; Ayyıldız ve diğerleri, 2009; Taylor ve Lynch, 1992).

Callis ve Paterson (1988), yaptıkları çalışmada, termoplastik enjeksiyon ve soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum tekniklerinin sızdırmazlıklarını boya penetrasyon ve radyoaktif izotop teknikleri ile karşılaştırmışlardır. Boya penetrasyon tekniğinde soğuk lateral kompaksiyon ile doldurulan örneklerde daha fazla mikrosızıntı değerleri gözlenmişken, radyoaktif izotop tekniği ile değerlendirilen gruplarda her 2 kanal dolum yönteminde belirgin bir fark bulunamamıştır. Çalışmanın sonucunda her 2 mikrosızıntı tekniğinin, obturasyon değerlendirilmesinde benzer değerler verdiği rapor edilmiştir.

2.4.1.5. Nötron Aktivasyon Yöntemi

Bu teknikte; restorasyonun kenarına radyoaktif olmayan bir kimyasal işaretleyici (manganez gibi) yerleştirilerek emilmesi beklenir. Daha sonra işaretleyiciyi emen örnek nükleer reaktöre yerleştirilerek Mn^{56} bombardımana uğratılır ve aldığı mangan miktarına göre mikrosızıntı değeri kantitatif olarak tespit edilir (Douglas ve diğerleri, 1980). Ancak tekniğin pahalı ve karmaşık olması, hassas bir çalışma gerektirmesi, restorasyonun hangi noktada sızdırdığı

veya restorasyonun kenarı haricinde nereden manganez emilimi olduğunu göstermemesi gibi olumsuz yönleri de mevcuttur (Ayyıldız ve diğerleri, 2009; Erdemir ve Yaman, 2011).

2.4.1.6. Kimyasal Ajanların Kullanılması

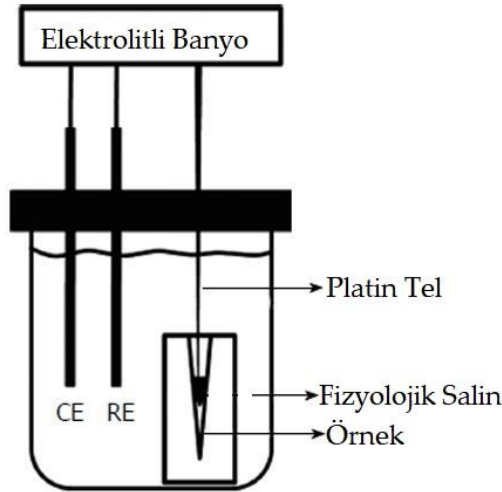
Radyoaktif olmayan kimyasal ajanların kullanımı ilk kez 1953 yılında Kornfield tarafından gerçekleştirilmiştir. Kornfield, bu tekniği; yapısına kurşun cam entegre edilen akrilik rezin blokları, baryum sülfid içeren solüsyona batırarak ve sonrasında oluşan siyah çökeltilerin (kurşun sülfid) miktarını ölçerek uygulamıştır (Taylor ve Lynch, 1992).

Bu teknik, 2 renksiz kimyasal ajanın birbirleri ile tepkimeye girmesi ve opak renkte çökeltilerin oluşmasıyla mikrosızının fotograflama yöntemi ile değerlendirilmesi esasına dayanır (Ayyıldız ve diğerleri, 2009). Kullanılan her kimyasal ajanın penetrasyon özelliğinin olması gerekmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011). Gümüş nitrat (% 50), kimyasal ajanlar içerisinde en çok tercih edilen işaretleyici olarak bilinir (Lacy et. al, 1992; Powis ve diğerleri, 1988). Aynı zamanda moleküler büyüklüğünün bakteri iyonlarından daha küçük olması (Gümüş nitrat 0.059 nm; Bakteri iyonu 0.5-1 μm), bu ajanın daha iyi penetre olabildiğini sağlamaktadır (Douglas ve diğerleri, 1989).

Kullanılan işaretleyicilerin radyoaktif olmamaları, kantitatif değerlerin elde edilebilmesi ve objektif ölçüm sağlayabilmesi, tekniğin avantajları olarak bilinmektedir (Alani ve Toh, 1997). Ancak, sonuçların subjektif olarak yorumlanması tekniğin en büyük dezavantajı olmaktadır (Erdemir ve Yaman, 2011).

2.4.1.7. Elektrokimyasal Yöntem

Jacobson ve Fraunhofer tarafından 1975 yılında tanıtılan bu yöntemde ana prensip; örnek dişin iki adet metal içeren elektrolitli banyo (fizyolojik salin) içerisine daldırılması ve elektrik akımının uygulanması ile içinden geçen alternatif akımdaki değişikliklerin özel cihazlarla ölçülerek aradaki boşluk hakkında verilerin elde edilmesi esasına dayanır (Şekil 2.3.). Elektrik akımındaki herhangi bir sapma, restorasyon-diş arasında bir aralık olduğunun göstergesi olarak bilinmektedir (Delivanis ve Chapman, 1982; Pradelle-Plasse ve diğerleri, 2004).



Şekil 2.3. Elektrokimyasal yöntemin şematik görüntüsü (Tang ve diğerleri, 2015)

Tekniğin avantajları arasında, tekrarlanabilir olması, örneklerle herhangi bir zarar gelmeden değerlendirme yapılabilmesi ve kantitatif ölçüm olanağı sağlaması bulunmaktadır. Ancak, yöntemin metalik restorasyonlar için uygun olmaması, özel cihazlar gerektirmesi ve akımdaki en ufak değişkenliğin bile

sonuçlara yansımaları gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Ayyıldız ve diğerleri, 2009; Erdemir ve Yaman, 2011; Taylor ve Lynch, 1992).

Mattison ve Fraunhofer (1983), yaptıkları çalışmada, 5 farklı kanal dolum materyalinin mikrosızdırmazlıklarını elektrokimyasal teknik ile karşılaştırmışlardır. Elli-dört adet tek köklü maksiller diş ile gerçekleştirilen çalışmada, kanal dolum materyali olarak; Diaket, Tubliseal, Nogenol, ProcoSol ve N2 kullanılmıştır. Örnekler 48 saatlik bekleme sürecinden sonra % 1'lik potasyum klorit solüsyonuna daldırılarak, örnekler yaklaşık 10 V'luk elektrik akımı uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda tüm gruplarda mikrosızıntı gözlenmişken (sırayla en az N2, ProcoSol, Nogenol, Tubliseal ve en fazla Diaket), Procosol grubunda çalışma süreci boyunca en stabil değerler elde edilmiştir. Procosol, kullanılan diğer materyallere kıyasla en az boyutsal değişim gösterdiğinden, mikrosızıntı değerleri de minimum olarak rapor edilmiştir.

Khedmat ve Rezaefar (2006), yaptıkları çalışmada, smear tabakasının kaldırılmasının, AH 26'nın apikal sızdırmazlığına olan etkisini değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede *in vitro* mikrosızıntı testi olarak elektrokimyasal teknikten yararlanılmıştır. 30 gün sonunda, smear tabakasının kaldırılmasının, AH 26'nın örtüleme kapasitesini artırdığı tespit edilmiştir.

2.4.1.8. Basınçlı Hava Yöntemi (Sıkıştırılmış Hava Tekniği)

Basınçlı havanın *in vitro* mikrosızıntı tespit yöntemlerinde kullanılması, ilk olarak 1912 yılında Harper tarafından sınıf 2 amalgam restorasyonlarda gerçekleştirilmiştir (Taylor ve Lynch, 1992). Bu yöntem, basınçlı havanın dişe, kök kanalına ve pulpa odasına gönderilmesi ve statik sistem içerisinde kaybolan basıncın ölçülmesi ile sızıntının saptanması esasına dayanır (Erdemir ve Yaman, 2011). Diğer bir teknik ise, su içerisine yerleştirilen örneğin, hava basıncının

uygulanması ile kenarından hava kabarcığının çıkması ve kenar uyumsuzluğunun saptanması şeklinde uygulanmaktadır (Üşümez ve diğerleri, 2004).

Tekniğin avantajları:

- Kantitatif verilerin elde edilmesi,
- Örneklerin herhangi bir zarar görmediklerinden dolayı tekrardan kullanılabilir olmalarıdır (Alani ve Toh, 1997).

Tekniğin dezavantajları:

- Kompleks ekipman gerektirmesi,
- Klinik şartları tam olarak yansıtmamasıdır (Ayyıldız ve diğerleri, 2009).

2.4.1.9. Mikroskopik İnceleme Yöntemleri

Araştırmacılar, restorasyon materyallerindeki mikrosızıntıyı farklı metodlarla değerlendirdikten sonra, kavite kenarlarında elde ettikleri bulguları değerlendirmek için mikroskopik inceleme yöntemine başvururlar (Erdemir ve Yaman, 2011).

2.4.1.9.1. Taramalı Elektron Mikroskop (Scanning Electron Microscope, SEM) İnceleme Yöntemi

Taramalı Elektron Mikroskobu, katı cisimlerin mikroyapılarını incelemek amacı ile kullanılan bir yöntem olarak bilinir. Hem düşük hem de yüksek enerjili elektronlarla küçük bir alanın odaklanarak topografik yapısının incelenmesi esasına dayanır. Çalışma prensibi kısaca; incelenecek numunenin enerji yüklü ışın partikülleri ile bombardımana uğratılması ve numune molekülleri ile elastik çarpışma sonucu yüzeyinden yayılan geri saçılmış elektronların (*backscattered electrons*) ve elastik olmayan çarpışma sonucu yayılan ikincil elektronların

(*secondary electrons*), elektrostatik lens tarafından tekrardan geri çekilerek floresan ekranına 45° açı ile çarpması ve sintilatörde (*photomultiplier tube*, PMT) toplanarak sinyale çevrilmesi ve numunenin yüzey topografik yapısının 3 boyutlu görüntüsünün elde edilmesi şeklindedir (Joy ve Joy, 1996; Pawley, 1997).

SEM analizi ile, iki yüzey arasında oluşan bağlantıda, yüzeyler arasındaki mevcut mesafeyi, var olan aralanmayı ve mikrosızıntıyı ölçmek, yüksek odaklama kapasitesi ve görüntüyü büyütme seçenekleri ile mümkün olabilmektedir (Alani ve Toh, 1997). Aynı zamanda diğer *in vitro* sızıntı tespit yöntemleri ile birlikte kullanıldığında sonuçların karşılaştırılmasında kısmi bir bağlantı kurulmasında yardımcı olabilmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011; Soares ve diğerleri, 2005).

Direkt ve replika olarak 2 farklı şekilde inceleme yapılabilmektedir:

- **Direkt teknikte;** restoratif materyal-diş arasındaki ilişki doğrudan incelenmektedir. Ancak örneklerin inceleme öncesi hazırlanması (dehidratasyon, altın ile kaplama vs.) gerekmektedir.
- **Replika tekniğinde;** elde edilen replikaların mikroskop altında incelenerek kenar aralıklarında oluşabilecek farklılıkların izlenmesi sağlanmaktadır. Böylece elde edilen replikalar ile tekrar tekrar değerlendirme yapılabilmektedir (Alani ve Toh, 1997).

Tekniğin dezavantajı; Özel cihaz gerektirmesi ve oldukça pahalı bir yöntem olmasıdır (Taylor ve Lynch, 1992).

Liu ve diğerleri (2012), yaptıkları çalışmada, boya penetrasyon tekniği ve SEM kullanarak, 4 farklı smear tabaka eliminasyon yönteminin koronal mikrosızdırmazlığa olan etkilerini karşılaştırmışlar ve smear tabakasının Nd: YAG laser ile kaldırılmasının oldukça etkili bir metod olduğunu ve koronal

mikrosızıntıyı kullanılan kanal dolum materyalinin radiküler dentini daha iyi örtüleyerek azalttığını rapor etmişlerdir.

2.4.1.9.2. Konfokal Lazer Tarama Elektron Mikroskop (Confocal laser Scanning Electron Microscope, CLSM) İnceleme Yöntemi

Floresan boyalar (Rhodamin) kullanarak işaretleme yapan, taramalı elektron mikroskobundan farklı olarak ıslak yapıdaki örneklerin de incelenmesine olanak veren mikroskop inceleme yöntemidir. Ayrıca bu yöntemde, 100 nm'den küçük yüzeyler tomografik olarak incelenebilmektedir (Pioch ve diğerleri, 1997; Watson, 1994).

Konfokal lazer tarama mikroskobu, yansıma (*reflection*) ve floresan (*fluorescence*) olarak 2 ayrı modda inceleme yapar. Yansıma modunda mine, dentin ve restoratif materyal gibi spesifik optik özelliklere sahip yapıların, floresan modunda ise işaretleyici ajanın dağılımı incelenebilmektedir (Erdemir ve Yaman, 2011).

2.4.1.10. Glikoz Analiz Tekniği

Xu ve diğerleri (2005) tarafından geliştirilen bir teknik olup, kök kanal dolgusu boyunca glikozun penetrasyon derecesini ölçme esasına dayanmaktadır. Glikozun, oldukça düşük moleküler ağırlığa sahip olması (180 Da), penetrasyonunun daha kolay olabilmesini sağlamaktadır. Oral kaviteden kanal içerisine girdiğinde, kanaldaki rezidüel bakterilerce parçalanarak periapikal enflamasyona neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, glikozun *in vitro* mikrosızıntı tespit yöntemlerinde kullanımı, diğer işaretleyici ajanlardan daha uygun olduğu düşünülmektedir. Bu teknikte, kök kanal dolumu tamamlanmış örneklerden sızarak apikal rezervuarda toplanan glikoz miktarı,

spektrofotometre cihazı ile ölçülerek sızıntı değerleri (kantitatif) elde edilmektedir. Mikrosızıntı değerlerinin uzun sürede elde edilmesi, tekniğin dezavantajı olarak bilinir (Jafari ve Jafari, 2017; Verissimo ve Vale, 2006).

2.4.1.11. Gaz Kromotografi Tekniği

Bu teknikte, düşük molekül ağırlığına sahip, bakteriyel bir metabolit olan bütirik asitin penetrasyonunun kantitatif olarak değerlendirilmesi esas alınmaktadır. Yöntemin çalışma prensibi; polietilen modellerde standart olarak hazırlanan kanal dolumu tamamlanmış yapay kanalların uçları açık iki deney tüpünün içerisine yerleştirilmesi ve tüpün kron kısmındaki rezervuarına % 0.5'lik bütirik asit solüsyonu ile % 0.1'lik valerik asit solüsyonunun doldurulması, daha sonra tüplerin uçlarının lastik bir örtüyle kapatılıp sıkıştırılmış nitrojen gazının basınçla enjekte edilmesi şeklindedir. Apikal kısımdaki rezervuardan alınan solüsyon örneği asit içerisinde çözündürülerek gaz kromotografi cihazında sızıntı değerleri ölçülmektedir (Kersten ve Moorer 1989). Elde edilen veriler, klinik şartlara yakın olduğundan bu yöntemin güvenilir bir metod olduğu bildirilmiştir (Kersten ve diğerleri, 1988; Kersten ve Moorer, 1989).

2.4.1.12. İnsan Serum Sızıntısı Yöntemi

Bu yöntemde, apikal 1 / 3'lük kısmı doldurulan kök kanallarına radyoaktif C insan serumu albumini enjekte edilmekte ve köklerin 3 - 4 mm'lik apikal kısımları fizyolojik insan serum albumini içerisine batırılmaktadır. Belirli bir zaman aralığından sonra solüsyonun 5 ml'si geri çekilerek β -spektrometresinde oluşan sızıntı miktarı değerlendirilmektedir (Haikel ve diğerleri, 2000).

2.4.1.13. Termal Siklus Tekniği (Isısal Döngü ile Yaşlandırma)

In vitro mikrosızıntı tespit yöntemleriyle değerdendirilen çalışmalarda, dış dokusu-restorasyon materyali marjinal adaptasyonunu değerdendirmek, yapılan tekniğın daha güvenilir sonuçlar verebilmesi ve ana yöntemi destekleyici amaçla örneklerin çeşitli ısı derecelerine tabii tutulması (önce sıcak, daha sonra soğuk) yöntemi olarak bilinmektedir. Oral kavite şartlarını oldukça iyi taklit edebilen bir teknik olduğundan, güvenilir bir metod olduğđ düşünölmektedir. Bu teknik, kullanılan restorasyon materyallerinin ısıya bağı farklı katsayılarında genleşme / büzüşme göstermesi ve dolayısı ile dış-materyal arasında meydana gelen çatlaklarda oral sıvıların içeri / dışarı hareketi ile birikmesi olarak yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Alani ve Toh, 1997; Ayaz ve diğderleri, 2011; Taylor ve Lynch, 1992).

Termal siklus yönteminde kullanılan ısı aralığı 0 °C – 68 °C, süre aralığı ise 10 - 120 saniye arasında olduğđ yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Darbyshire ve diğderleri, 1988; Fayyad ve Shortall, 1987; Mandras ve diğderleri, 1991; Momoi ve diğderleri, 1990; Moore ve Vann, 1988; Saunders ve diğderleri, 1990; Welsh ve Hembree, 1985).

2.5. Adezyon

Adezyon, moleküler yapısı farklı 2 materyal arasında görölen çekim kuvveti olarak tanımlanır. Bu kuvveti oluşturmak için ilave edilen materyale adeziv uygulandığı yüzeye ise aderent denir. Çekim kuvveti 2 şekilde oluşabilir; kimyasal (primer) ve fiziksel (sekonder). Kimyasal kuvvetler, intramoleküler kuvvetler olarak adlandırılır ve elektrovalent (iyonik), polar/non-polar kovalent ve metalik kuvvetler aracılığı ile oluşur. Fiziksel kuvvetler ise, intermoleküler kuvvetler olarak bilinmektedir. Van Der Waals ve Hidrojen kuvvetler fiziksel

kuvvetler olarak bilinmektedir (Marshall ve diğerleri, 2010; Retief, 1973). Endodontide kullanılan kanal dolum materyali adeziv, kök kanal dentini ise aderent olarak ifade edilebilir.

Adezyonda birbirine bağlanan yüzeyler arasında herhangi bir başarısızlık olursa adeziv başarısızlık, ara yüzeyde değilde yüzeylerin birinde meydana gelirse koheziv başarısızlık olarak adlandırılır. Her iki başarısızlık tipi aynı anda meydana gelirse karışık (mix) tip başarısızlık olarak tanımlanır (Tagger ve diğerleri, 2002; Timpawat ve diğerleri, 2001).

Kök kanal dolgu materyali-kök kanal dentini arasında meydana gelen adezyonun 2 temel avantajı vardır; Statik durumda, materyal-kanal duvarı arasında olası boşlukları elimine ederek ağız sıvıları ve mikroorganizmaların geçişine izin vermemesi; Dinamik durumda ise, manipülasyon sırasında dolgunun yer değiştirmesini önlemesi olarak tanımlanmaktadır (Ørstavik ve diğerleri, 1983; Stewart, 1958; Üngör ve diğerleri, 2006).

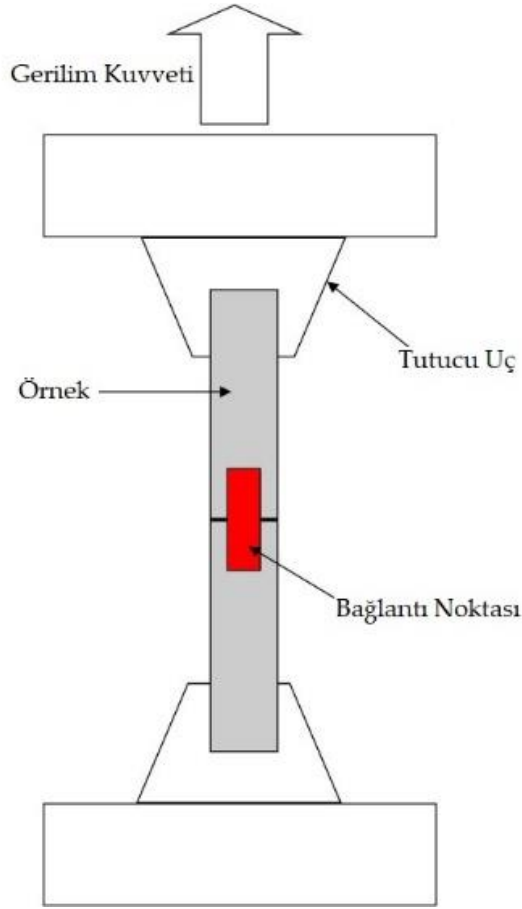
2.5.1. Adezyonun Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

İn vitro koşullarda dental malzemelerin diş dokularına olan bağlantı dayanıklılıklarının belirlenmesinde en çok makaslama (shear), mikromakaslama (microshear), çekme (tensile), mikroçekme (microtensile) ve itme (push-out) testleri kullanılmaktadır (Ayaz ve diğerleri, 2011). Tüm bu mekanik testler, 'Universal Test Cihazı' kullanılarak uygulanmaktadır.

2.5.1.1. Çekme (Gerilim) Testi

Bu test yöntemi, birbirine birleştirilen farklı materyallerin özel kalıplarda hazırlanarak test cihazının tabakasına yerleştirilmesi ve uygun konumda sabitlenerek bağlantı noktalarına cihazın kuvvet uygulayıcı ucu ile ters yönde ve

longitudinal olarak materyallerde ayrılma gerçekleşene kadar çift taraflı sabit bir gerilim kuvvetine maruz bırakılması şeklinde uygulanmaktadır (Şekil 2.4.). Uygulanmasının kolay olması ve hızlı sonuçlar vermesi gibi avantajları mevcuttur. Ancak oldukça hassasiyet gerektiren bu test yönteminde örnek geometrisi oldukça büyük bir rol oynamakta ve test düzeneğinde örneklerin yerleştirilmesindeki en ufak bir hata, istenmeyen kuvvet uygulanmasına ve materyallerde çentik (yuva) oluşumuna neden olarak homojen olmayan stres dağılımına bağlı olarak koheziv kırılmaların oluşması ve hatalı verilerin elde edilmesi gibi sonuçlara neden olabilmektedir (Al-Dohan ve diğerleri, 2004; Dünder ve diğerleri, 2007; Hammad ve Talic, 1996; Lin ve Davidson, 1992; Van Noort R ve diğerleri, 1991).



Şekil 2.4. Gerilim bağlanma dayanımı testi düzeneğinin şematik görüntüsü (Lauto ve diğerleri, 2010)

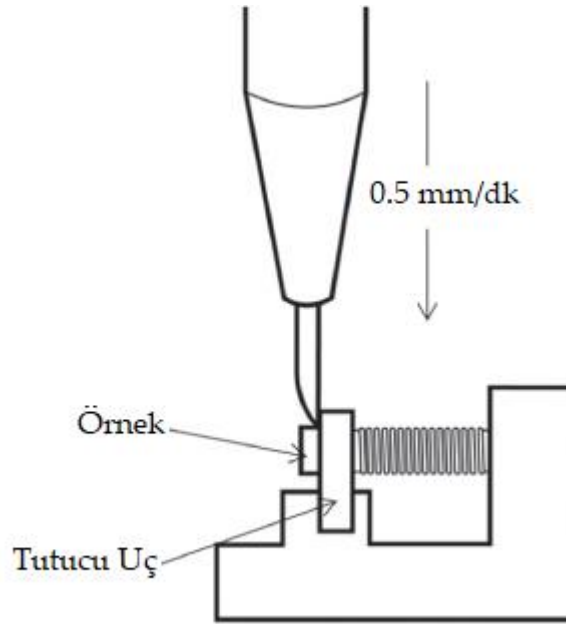
2.5.1.2. Mikrogerilim (Mikroçekme) Testi

İlk olarak 1994 yılında Sano ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olan bu yöntem (Sano ve diğerleri, 1994), çekme testinden farklı olarak 1 mm²'den daha küçük yüzey alanlarının bağlanma dayanımı ölçümlerinde kullanılmaktadır. Çalışma prensibinin çekme testi ile benzer olması ve çekme testine ek olarak her bir örnekten birçok mikro-örneğin elde edilebilmesi ile daha homojen stres dağılımına neden olarak koheziv kırılmaların önüne geçilmesi gibi avantajları

bulunmaktadır. Ancak daha dar ve küçük yüzey alanlarında ölçüm yapılacağından daha kompleks ve hassasiyet gerektiren bir işlem olması, en ufak bir yerleştirme hatasında yanlış sonuçların elde edilmesi, aynı zamanda örneklerin hazırlanmasında yaşanan zorluk ve özel ekipman gerektirmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca hazırlanan örneklerin çok küçük olması ve kolaylıkla su kaybına uğramasına neden olabilmektedir (Meerbeek ve diğerleri, 2010).

2.5.1.3. Makaslama Testi

Çekme testine benzer şekilde birbirine bağlanmış 2 materyalin özel kalıplarda hazırlanarak cihazın tabakasında sabitlenmesi ve kuvvet uygulayıcı uç vasıtası ile bağlantı noktasına 0.5 mm / dk. sabit hızda, materyallerde ayrılma meydana gelene kadar makaslama kuvvetinin uygulanması şeklinde gerçekleştirilir (Şekil 2.5.) (Al-Dohan ve diğerleri, 2004; Hammad ve diğerleri, 1987). Kolay uygulanabilmesi ve hızlı sonuç vermesi gibi avantajları bulunmaktadır. Ancak örnek geometrisi, elde edilen verileri önemli ölçüde etkilemektedir. Örnek bünyesinde oluşabilecek anormal bir stres, homojen olmayan stres dağılımına, dolayısı ile koheziv kırılmalara neden olarak hatalı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Saito ve diğerleri, 2010). Aynı zamanda örneğin yanlış konumlandırılması halinde, yükün yanlış noktaya uygulanması ile kırılma momenti oluşturma riski vardır (Onay ve diğerleri, 2009).



Şekil 2.5. Makaslama bağlanma dayanımı test düzeneği şematik görüntüsü (Lee ve diğerleri, 2015)

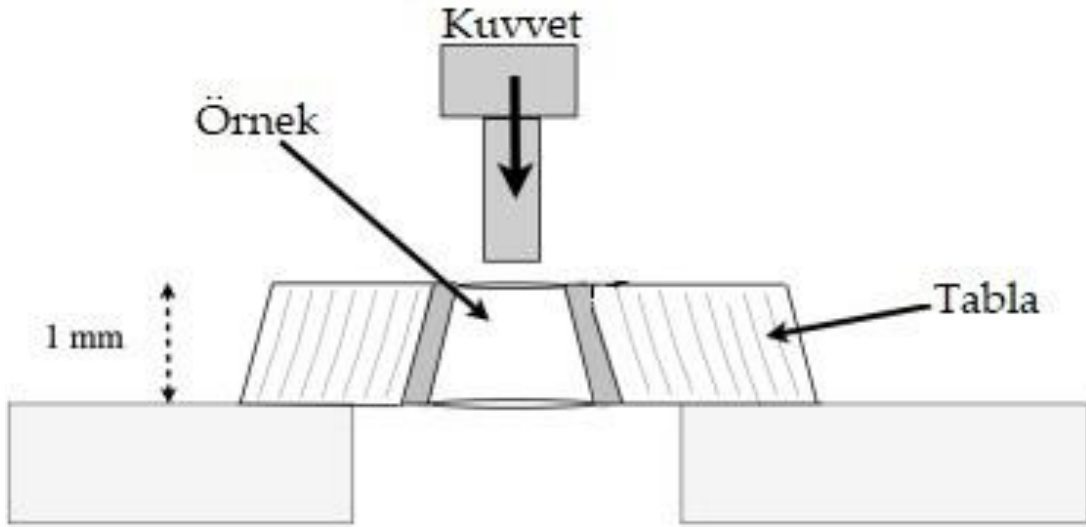
2.5.1.4. Mikromakaslama Testi

Bu yöntem, 2002 yılında geliştirilmiş olup, makaslama bağlanma dayanımı testinden farklı olarak, daha küçük yüzey alanlarının 0.7 mm / dk. hızındaki makaslama kuvveti ile bağlama dayanımlarının ölçülmesi şeklinde uygulanmaktadır. Ancak makaslama bağlanma dayanımından daha fazla homojen olmayan stres dağılımı riskine sahip olmasından dolayı, literatürde sık tercih edilen bir test yöntemi olmamaktadır (Meerbeek ve diğerleri, 2010).

2.5.1.5. İtme (Push-Out) Testi

Diğer yöntemlere göre klinik koşulları daha iyi taklit edebildiğinden bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde en sık tercih edilen *in vitro* test yöntemi olarak bilinmektedir. Bu teknikte; yaklaşık 1 mm kalınlığında disk

şeklinde hazırlanan örnekler test cihazı tablasına yerleştirilip sabitlendikten sonra, cihazın kuvvet uygulayan ucu yardımı ile direkt olarak kanal içerisindeki dolgu materyaline sabit bir hızda kuvvet uygulanmakta ve kök dentinine olan bağlanması değerlendirilmektedir (Şekil 2.6.) (Pane ve diğerleri, 2013). Kuvvetin dentin tübüllerine dik olarak uygulanması ve dolayısı ile klinik koşulları daha iyi simule edebilmesi ve disk şeklinde örnek hazırlanması ile deneyde standardizasyon elde edilmesi gibi avantajları bulunmaktadır (Sousa-Neto ve diğerleri, 2005).



Şekil 2.6. İtme bağlanma dayanımı test düzeneği şematik görüntüsü (Baldea ve diğerleri, 2013)

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin Seçilmesi

Çalışmamızda, 108 adet periodontal, protetik ve ortodontik sebeplerle çekilmiş, herhangi bir restoratif ve/veya endodontik işlem bulunmayan, kron/köklerinde kırık ve/veya çatlak olmayan, çürüksüz, kalsifiye, internal ve/veya eksternal kök rezorpsiyonu bulunmayan ve kök gelişimini tamamlamış tek köklü ve tek kanallı alt premolar dişler kullanılmıştır. Dişler Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi bölümünde hastaların aydınlatılmış onamları alınarak çekilmiş ve çalışmada kullanılmaları için Yakın Doğu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme Etik Kurulu'ndan gerekli izinler alınmıştır (Karar no: 2016/37-286). Dişlerin tek kök kanalına sahip olduğunu teyit etme amacı ile işlemlerden önce bukkal-lingual ve mesio-distal periapikal radyograflar alınmıştır. Dişlerin ait olduğu hastalara dair cinsiyet ve yaş faktörleri göz önünde bulundurulmamıştır. Dişlerin üzerindeki kalkulus, organik debris ve sert-yumuşak dokular bistüri yardımı ile köklere herhangi bir zarar verilmeden dikkatlice temizlenip, yüzey dezenfeksiyonu açısından 2 saat süre ile % 5.25'lik konsantrasyondaki sodyum hipoklorit (NaOCl) (*Cerkamed, Stalowa Wola, Polonya*) solüsyonunda bekletilmiş, daha sonra musluk suyu altında yıkandıktan sonra çalışmada kullanılıncaya kadar oda sıcaklığında distile suda bekletilmiştir.

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada standardizasyonu sağlamak amacı ile su soğutması altında elmas separe yardımı ile dişler mine-sement bileşimi (MSB)'nden kesilerek

yaklaşık 15-16 mm boyutunda kök örnekleri elde edilmiştir (Şekil 3.1.). Elde edilen örneklerin uzunlukları manuel kumpas yardımı ile ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Mine-sement bileşiminden kesilmiş dişlere örnek

Köklere giriş kavitesi açıldıktan sonra 10 numaralı K-tipi eğe (*Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre*) ile kanal boyunca ilerletilerek apikal bölgede herhangi bir tıkanıklık olup olmadığı (*apical patency*) kontrol edilip, apikal bölgesi tıkalı olan örnekler çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışma boyutu, 10 numaralı K-tipi eğenin ucunun, foramen apikaleden gözükmemesinin ardından 1 mm eksiltilerek tespit edilmiştir. Tüm kanallar Protaper Universal eğeleri (*Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre*) ile 250 rpm sabit hızda 16:1 motor ayarındaki (*gear reduction*) endodontik mikromotor (*X-smart; Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre*) kullanılarak üretici firma talimatları doğrultusunda crown-down preparasyon tekniği ile genişletilip şekillendirilmiştir. Preparasyon esnasında kanal aletlerinin kanal içerisinde daha rahat hareket edebilmeleri için kayganlaştırıcı olarak % 2'lik

konsantrasyonda Gluco-CheX jel (*Cerkamed, Stalowa Wola, Polonya*) kullanılmıştır. Örneklerle sırasıyla SX, S1, S2, F1, F2, F3 ve F4 eğeleri kullanılarak tüm kanalların genişliklerinin aynı taper'da olması sağlanmıştır. Kök kanalları her eğe değişiminden sonra % 5.25'lik NaOCl ile, preparasyon işlemi tamamlandıktan sonra kök kanallarındaki smear tabakasını ve artık debrisleri uzaklaştırmak için % 17'lik konsantrasyonda etilen diamintetraasetik asit (EDTA) (*Cerkamed, Stalowa Wola, Polonya*) ile 1 dakika boyunca yıkanmıştır. Son olarak kullanılan irrigasyon solüsyonlarının kanal içerisindeki artıklarını temizlemek için kanallar 10 ml'lik steril distile su ile yıkanıp, steril paper pointlerle (*Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre*) kurutulmuştur.

3.3. Deneysel ve Kontrol Grupların Oluşturulması

Hazırlanan tüm örnekler, hem mikrosızıntı hem de bağlanma dayanımı testi için kullanılacak kanal dolum materyali ve kanal dolum yöntemine göre rastgele olarak her biri 22 diş içeren 4 farklı deneysel gruba, sadece mikrosızıntı testi için de kullanılmak üzere 10 diş içeren 2 kontrol grubuna aşağıdaki şekilde ayrılmıştır:

1. Deneysel gruplar:

- **Grup 1 (SLK/AH)** [Soğuk lateral kompaksiyon - AH Plus (*De Trey/Dentsply, Konstanz, Almanya*) grubu] (n = 22)
- **Grup 2 (SLK/ES)** [Soğuk lateral kompaksiyon - Endosequence Biyoseramik (BC) (*Brasseler Amerika, Savannah, GA*) grubu] (n = 22)
- **Grup 3 (C/AH)** [Termoplastik enjeksiyon - AH Plus grubu] (n = 22)
- **Grup 4 (C/ES)** [Termoplastik enjeksiyon - Endosequence Biyoseramik grubu] (n = 22)

2. Kontrol grupları:

- **Grup 5 (Pozitif Kontrol)** (n = 10)
- **Grup 6 (Negatif Kontrol)** (n = 10)

3.4. Örneklerin Doldurulması

Grup 1: Bu gruptaki örnekler, AH Plus kanal dolum patı ve soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum yöntemi ile doldurulmuştur. Kök kanallarına apikalde sıkışma gösteren uygun ana kon (#40, *Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre*) seçilerek, AH Plus üretici firma talimatları doğrultusunda steril siman camı üzerinde hazırlanmıştır. Ana kon pata bulanarak çalışma boyutunda yerleştirilmiştir. Daha sonra seçilen uygun bir spreader (#20, *Thomas, Bourges, Fransa*) ile ana konun yanından, apikal yönde hafif lateral basınç uygulayarak kanal içerisinde ilerlenmiştir. Spreader uygun derinliğe ulaşıncaya, saat yönünün tersine dönüş yaptırılarak kanaldan çıkartılıp, oluşturulan boşluğa pata bulanmış aksesuar kon (#20, *Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre*) yerleştirilmiştir. Bu işleme, spreader kanal ağzından 1-2 mm'den fazla giremeyinceye kadar devam edilmiştir. Güta-perka konların fazla kısmı, ısıtılmış bir el aleti ile kanal ağzı hizasından 0.5 mm apikalde olacak şekilde kesilerek uygun bir plugger (#8, *0.8 mm çapında, Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre*) yardımı ile vertikal yönde hafif basınç uygulanarak koronal yönde kondanse edilmiştir.

Grup 2: Bu gruptaki örnekler, Endosequence BC Sealer kanal dolum patı ve soğuk lateral kompaksiyon yöntemi ile doldurulmuştur. Endosequence BC Sealer, önceden karıştırılmış enjektör formunda olduğundan, kanal içerisine tek kullanımlık uç yardımı ile orta üçlüyü geçmeyecek şekilde yerleştirilip enjekte edilmiştir. Seçilen ana kon (#40), apikalde sıkışma gösterene kadar çalışma

boyunda ilerletilmiştir. Daha sonra uygun spreader (#20) ve aksesuar konlar (#20) ile grup 1'deki gibi kanal dolumu tamamlanmıştır.

Grup 3: Bu gruptaki örnekler, AH Plus kanal dolum patı ve Calamus Flow Delivery System (*Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa, OK, Amerika*) cihazı ile termoplastik enjeksiyon kanal dolum yöntemi ile doldurulmuştur. AH Plus uygun bir biçimde hazırlandıktan sonra lentülo (*Mani Paste Carriers, Tochigi, Japonya*) yardımı ile kanal içerisine yerleştirilmiştir. Seçilen ana kon (#40), apikalde sıkışma hissedilene kadar çalışma boyunda ilerletilip, daha sonra Calamus Flow Delivery System'in elektrikli sıcak plugger ucu (büyük, taper .06) ile ilk olarak kanal ağzı hizasından ısıtılarak kesilip, uzaklaştırılmıştır. Güta-perka daha sonra 11 numaralı plugger (1.1 mm çapında) yardımı ile vertikal yönde hafif basınç uygulanarak koronal yönde kondanse edilmiştir. Bu işlem, apikalde 3 - 4 mm güta-perka kalana kadar 2 kez tekrarlanmıştır. İlk olarak, kanal ağzından 3 - 4 mm daha derine elektrikli sıcak plugger uç (orta, taper .05) ile güta-perka eritilip, uzaklaştırılmış ve 8 numaralı plugger (0.8 mm çapında) ile vertikal yönde kondanse edilmiştir. İkincil olarak, apikalde yaklaşık 3 - 4 mm güta-perka kalana dek ısıtılıp uzaklaştırılmış ve 7 numaralı plugger (0.7 mm çapında) ile kondanse edilmiştir. Tüm bu işlemin amacı, kanalın apikal kısmında yoğun bir tıkaç oluşturabilmektir. Geriye kalan kanal boşluğu ise Calamus Flow Delivery System'in elektrikli güta-perka kartuşu (20G) ile 180 °C'de ısıtılarak tabakalar halinde backfill yöntemi ile doldurulup, 8 numaralı plugger ile vertikal yönde kondanse edilmiştir.

Grup 4: Bu gruptaki örnekler, Endosequence BC Sealer kanal dolum patı ve Calamus Flow Delivery System yardımı ile termoplastik enjeksiyon kanal dolum yöntemi ile grup 3'teki gibi doldurulmuştur.

Grup 5 (Pozitif kontrol): Bu gruptaki örneklerin yarısı, herhangi bir kanal dolum patı kullanılmadan soğuk lateral kompaksiyon yöntemi ile, diğer yarısı ise termoplastik enjeksiyon yöntemi ile doldurulmuştur.

Grup 6 (Negatif kontrol): Örnekler, grup 5'te olduğu gibi herhangi bir pat kullanılmadan soğuk lateral kompaksiyon ve termoplastik enjeksiyon yöntemi ile aynı şekilde doldurulmuştur. Daha sonra köklerin tüm yüzeyleri (kanal ağızları da dahil) yapışkan mum (*Sticky Wax, Kerr Corporation, Orange, CA, Amerika*) ile kaplanmıştır.

Kanal dolum kalitesinin değerlendirilmesi amacı ile her bir örneğe periapikal radyografi alınmış, eksik olan örneklerin dolumu tekrarlanmıştır. Kanal doluları tamamlanan örneklerin üzerine herhangi bir kalıcı / geçici restorasyon yerleştirilmemiştir. Örneklerin yüzeylerinde bulunan fazla pat, steril bisturi yardımı ile uzaklaştırılıp, etanollü gazlı bez ile silinmiştir. Kök kanal patlarının tam olarak sertleşmelerini sağlamak ve örnekleri nemli tutmak amacı ile steril distile su ile nemlendirilmiş gazlı beze sarılarak örnekler 37 °C'de ve % 100 nemli ortamda 7 gün süre ile etüvde bekletilmiştir. (Üretici firmalar talimatları doğrultusunda patların sertleşme süreleri – AH Plus: 8 saat 25 dakika, Endosequence BC Sealer: 168 saat).

3.5. Bakteriyel Sızıntı Testi

3.5.1. Düzenegın Hazırlanması

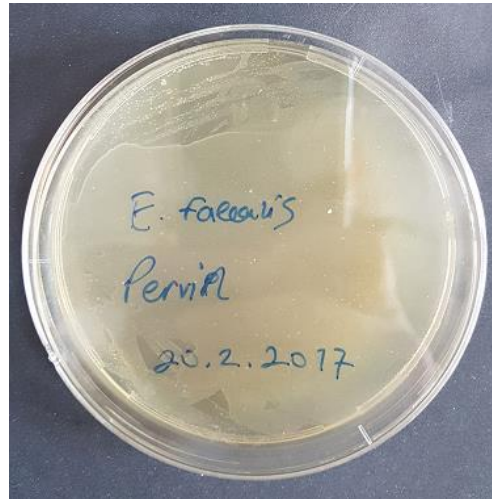
Bakteriyel sızıntı testi, Konya Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Merkezi bünyesinde gerçekleştirildi. Bu test için, hazırlanan örneklerin 80 adedi kullanılmıştır (deneysel gruplar n = 15, kontrol grupları n = 10). Test düzenegi olarak, Torabinejad ve diğerleri (1990)'nin geliştirmiş olduğu, üst ve alt olmak üzere 2 hazneden oluşan modifiye bakteriyel sızıntı modeli kullanılmıştır.

Üst hazne olarak 10 ml'lik konik tabanlı ve vida kapaklı şeffaf steril plastik test tüpleri kullanılmıştır. Özel kesici cihaz yardımı ile alt uçları kesilerek küçük delikler oluşturulan tüplere kök örnekleri yerleştirilerek deliklerin ucundan yaklaşık 2 mm apikal kök kısmı çıkacak şekilde nazıkçe itilmiştir. Daha sonra ependorf tüp ve kök arasında kalan boşluklar ise sızıntı olmayacak şekilde ispirto ocağında ısıtılıp eritilen yapışkan mum ile kapatılmıştır. Alt hazne olarak içlerinde 2 mg ml⁻¹ streptomisin (*AppliChem BioChemica, Almanya*) eklenen 10 ml steril Triptik soya besi yeri (*Tryptic Soy Broth - TSB; Merck, Darmstadt, Almanya*) içeren 20 ml'lik şeffaf steril cam sintilasyon şişeleri kullanılmıştır. Daha sonra ependorf tüpler içerisinde bulunan kökler, sıvı besi yeri ile temas edecek şekilde cam şişelerin içerisine yerleştirilip, tüp ile şişe arasındaki bağlantı yeri yine yapışkan mum ile sızıntı olmayacak şekilde kapatılmıştır. Tüm test düzenekleri steril olması bakımından laminar flow cihazında (kabinet) hazırlanmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan laminar flow cihazı

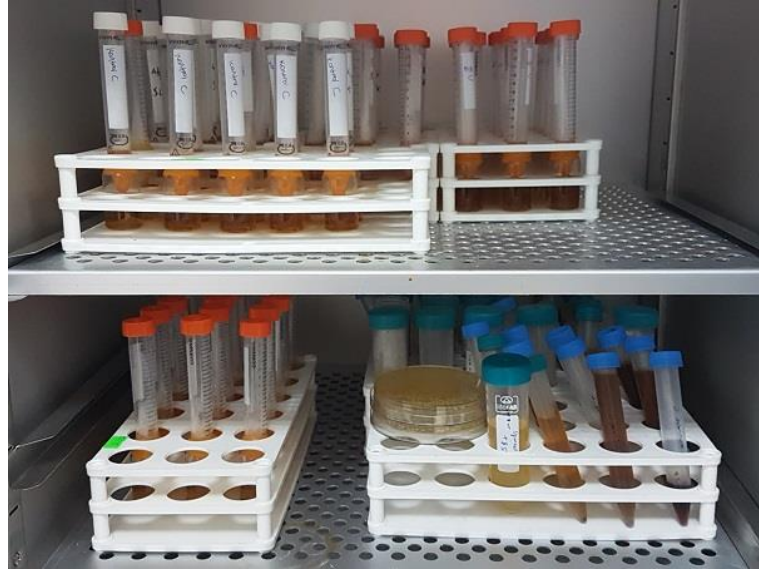
Enterococcus faecalis suşu Triptik soya agarına (*Tryptic Soy Agar - TSA*; Merck, Darmstadt, Almanya) ilave edilerek 1 gün boyunca 37 °C’de etüvde aktifleştirildi (Şekil 3.3.). Aktif *E. faecalis* suşu daha sonra 10⁷ CFU/ml olacak şekilde spektrofotometrede (*µQuant, BioTek Instruments Inc, Amerika*) ayarlandı (Şekil 3.4.). Sterilitesi kontrol edilen test düzeneklerinin üst haznelerine steril mikropipet yardımı ile içinde 50 µl *E. faecalis*’in bulunduğu 2 mg ml⁻¹ streptomisin ile karıştırılmış 4 ml steril TSB inokulumu yapıldı. Düzenekler etüvde 37 °C’de 90 gün boyunca inkübasyona bırakılmış (Şekil 3.5.), inkübasyon süresince tüplerdeki *E. faecalis* inokulumu gün aşırı 1.9 ml yenilenmiştir. Her gün cam şişeler kontrol edilerek sıvı besi yerinin bulanıklaşması sızıntı günü olarak kaydedilmiştir. Cam şişelerdeki sıvı besi yerinin bulanıklaşması bakteri sızıntısı ve de üremesi olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirilen cam şişelerden TSA’na ekimler yapıldı ve 24 saat inkübasyona bırakılarak *E. faecalis*’in varlığı doğrulandı.



Şekil 3.3. Triptik katı besi yerinde aktifleştirilen *E. faecalis*



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan spektrofotometre cihazı



Şekil 3.5. Köklerin apikal 2 mm'lik kısımlarının sıvı besiyeri ile temasta olacak şekilde, laminar flow cihazında steril olarak hazırlanan test düzeneklerinin etüv içine yerleştirilmiş şekli

3.6. İtme (Push-Out) Testi

3.6.1. Örneklerin İtme (Push-Out) Testi İçin Hazırlanması

Bu test için, hazırlanan örneklerin 20 adedi kullanılmıştır (deneysel gruplar; $n = 5$). Örnekler, daha önceden hazırlanmış ve 2 cm x 2 cm boyutundaki soğuk akril modellere yapıştırılarak, her bir örneğin koronal, orta ve apikal üçlüsünden düşük hızda (100 - 150 rpm), su soğutması ile çalışan hassas mikro kesme cihazı (*IsoMet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, Amerika*) ile yaklaşık 1 mm kalınlığında koronal, orta ve apikal üçlüden olmak üzere toplamda 60 adet (1 örnekten 3 adet kesit olacak şekilde) horizontal disk şeklinde kesitler elde edildi ($n = 15$ / grup) (Şekil 3.6.). Bu şekilde elde edilen örneklerin kalınlıkları manuel kumpas ile ölçülerek koronal yüzleri işaretlendi.



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan hassas mikro kesme cihazı

3.6.2. İtme (Push-Out) Testi

Bağlanma dayanımı testi, Yakın Doğu Üniversitesi İnovasyon ve Bilişim Teknolojileri Merkezi bünyesindeki Universal Testing Makinesi (EZ 50, Shimadzu, Kyoto, Japonya) kullanılarak gerçekleştirildi (Şekil 3.7.). Deneysel gruplardaki her örnek, bu test için özel olarak hazırlanmış ve 0.5 mm (apikal bölge örnekleri için), 0.8 mm (orta bölge örnekleri için) ve 1 mm (koronal bölge örnekleri için) çapında ucu olan paslanmaz çelik mil kullanılarak (Şekil 3.8.), piston başı hızı 0.5 mm / dakika olacak şekilde baskı kuvvetine maruz bırakıldı (Şekil 3.9.). Milin ucu sadece dolgu maddesi ile temasta olacak şekilde konumlandırıldı ve kuvvet apiko - koronal yönde uygulandı. Test cihazına bağlı bilgisayar ekranında görülen yük / zaman eğrisindeki ani düşüş görülene kadar işleme devam edildi.



Şekil 3.7. İtme testinin uygulandığı Universal test cihazı



Şekil 3.8. İtme testi için özel olarak hazırlanan bağlantı parçaları



Şekil 3.9. İtme testinin hazırlanan disk örneklerine uygulanması

3.6.3. Bağlanma Dayanımının Hesaplanması

Maksimum kırılma kuvveti Newton (N) olarak kaydedildi ve Formül 3.1. kullanılarak değerler Megapaskal (MPa) olarak elde edildi:

$$A=2\pi r \times h \quad (3.1.)$$

Bu formülde π , sabit değer 3.14, r , kök kanal çapı ve h ise diskin yüksekliğini temsil etmektedir.

3.7. Kanal Dolgu Patlarının ve Kanal Dolgu Tekniklerinin Dentin ile Adaptasyonunun Değerlendirilmesi

3.7.1. Tarayıcı Elektron Mikroskop (Scanning Electron Microscope, SEM) İncelemesi

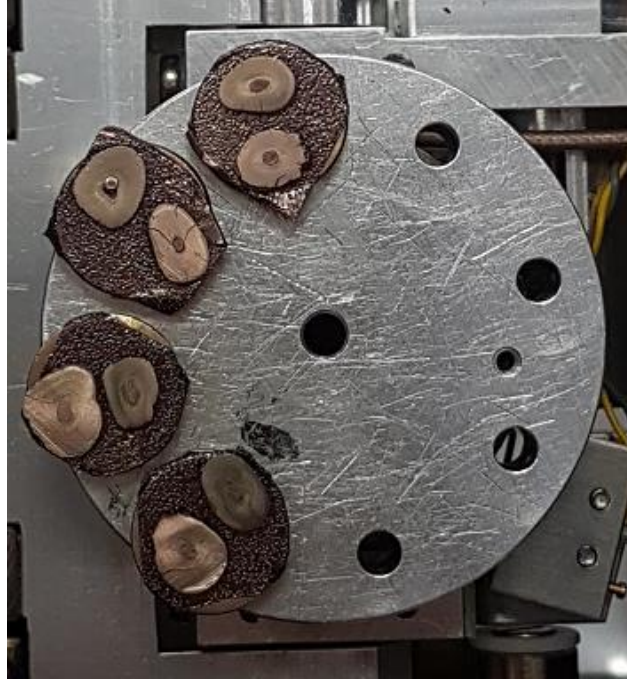
SEM analizi için toplamda 8 adet diş kullanıldı. Örneklerden bağlanma dayanımı testinde yapıldığı gibi mikro kesme cihazı ile 1 mm kalınlığında horizontal disk kesitler elde edildi. Kesitlerin her 2 yüzeyine de distile su ile ıslatılmış zımpara kağıdı ile zımparalanma yapıldı. Zımparalanma sonucu kesitlerin üzerinde oluşan artıkları uzaklaştırmak için örnekler 10 dk boyunca ultrasonik banyo cihazında (*Bandelin, Sonorex Digitec, Almanya*) işlem gördü. Daha sonra örnekler organik artıkları uzaklaştırmak amacı ile 5 mol hidroklorik asitte (HCl) 45 saniye bekletilip, distile su ile yıkandı. Rezin uzantılarını (tag) açığa çıkarmak için % 2.5'lik NaOCl'de 10 dakika bekletilip ardından yine distile su ile yıkandı. Son olarak örnekler % 50'lik etil alkol içerisinde bekletilerek dehidrate edildi. Daha sonra havasız ortamda kurutularak altın ile kaplanıp SEM (*EVO, LS10, Zeiss, Almanya*) altında dolgu materyallerinin ve kanal dolum tekniklerinin dentin ile olan ilişkisi X 50 - X 2000 büyütme arasında incelenerek mikrograflar alındı (Şekil 3.10., Şekil 3.11., Şekil 3.12.).



Şekil 3.10. Çalışmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu



Şekil 3.11. Taramalı elektron mikroskobunda incelenecek örneklerin havasız ortamda altın ile kaplanması



Şekil 3.12. Altın ile kaplanmış disk şeklindeki örnekler

3.8. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için SPSS programı kullanıldı. Bakteriyel sızıntı testinde elde edilen veriler değerlendirilirken niceliksel verilerin karşılaştırılmasında parametrelerin normal dağılıma uygunluğu nonparametrik Kaplan-Meier sağkalım (survival) analizi ile tespit edilirken, parametrelerin gruplar arası karşılaştırılmalarında Long-rank (Mantel Cox) testi kullanıldı. Bağlanma dayanımı testinde ise elde edilen bulgular nonparametrik Kruskal-Wallis analizi ile değerlendirilirken, ikili karşılaştırmalar ise Mann-Whitney analizi ile değerlendirilmiştir. Uygulanan tüm testler için sonuçlar % 95 güven aralığında hesaplanmış olup, anlamlılık derecesi bakteriyel sızıntı testi için % 5 olarak ayarlandı. Long-rank testi neticesinde, $P < 0.05$ olması durumunda gruplar arası anlamlı bir fark olduğu, $P > 0.05$ olması durumunda ise gruplar arası anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir. Anlamlılık derecesi bağlanma dayanımı testi için $P < 0.001$ olarak ayarlanmış olup, Mann-Whitney testi neticesinde $P < 0.001$ olması durumunda gruplar arası anlamlı bir fark olduğu, $P > 0.001$ olması durumunda ise gruplar arası anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışma sonucunda elde edilen veriler 4 ana başlık altında incelenmiştir:

1. Bakteriyel sızıntı testi verilerinin değerlendirilmesi.
2. Radiküler dentin ve kanal dolum materyali arası bağlanma dayanımı verilerinin değerlendirilmesi
3. Sızıntı ve bağlanma arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi
4. SEM verilerinin değerlendirilmesi

4.1. Bakteriyel Sızıntı Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Pozitif kontrol grubunda inokülasyon sonrası ilk 2-6 gün içerisinde tüm örneklerde hızlı bir şekilde koronal bakteriyel sızıntı gözlenirken, negatif kontrol grubunda ise tüm deney süresi boyunca herhangi bir sızıntıya rastlanmamıştır. Pozitif kontrol grubunda herhangi bir kanal dolum patı kullanılmadığından, tüm gruplara oranla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha fazla bakteriyel sızıntı gözlenmiştir ($p < 0.05$). Test düzeneğinin hazırlanması esnasında grup 3'teki 1 adet örnek, kontamine olduğundan çalışmadan çıkarılmıştır.

Tüm deneysel gruplarda 2. ve 90. günler arasında koronal bakteriyel sızıntı olduğu gözlenmiştir. Deneysel gruplardaki 90 günlük gözlem süresince sıvı besi yerinde kontaminasyon gözlenen örnek sayısı ve günleri Tablo 4.1., Tablo 4.2., Tablo 4.3., Tablo 4.4.'de izlenmektedir.

Tablo 4.1. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri

Örnek No	Bakteri Yükleme Tarihi 25.02.2017 (Başlangıç)	Bitiş	Toplam süre
1	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
2	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
3	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
4	25.02.2017	15.03.2017	18 gün
5	25.02.2017	31.03.2017	34 gün
6	25.02.2017	17.04.2017	51 gün
7	25.02.2017	29.04.2017	63 gün
8	25.02.2017	-	sızmadı
9	25.02.2017	-	sızmadı
10	25.02.2017	-	sızmadı
11	25.02.2017	-	sızmadı
12	25.02.2017	-	sızmadı
13	25.02.2017	-	sızmadı
14	25.02.2017	-	sızmadı
15	25.02.2017	-	sızmadı

Tablo 4.2. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri

Örnek No	Bakteri Yükleme Tarihi 25.02.2017 (Başlangıç)	Bitiş	Toplam süre
1	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
2	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
3	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
4	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
5	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
6	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
7	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
8	25.02.2017	03.03.2017	5 gün
9	25.02.2017	10.04.2017	44 gün
10	25.02.2017	10.04.2017	44 gün
11	25.02.2017	12.05.2017	76 gün
12	25.02.2017	17.05.2017	81 gün
13	25.02.2017	26.05.2017	90 gün
14	25.02.2017	-	sızmadı
15	25.02.2017	-	sızmadı

Tablo 4.3. AH Plus-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri

Örnek No	Bakteri Yükleme Tarihi 25.02.2017 (Başlangıç)	Bitiş	Toplam süre
1	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
2	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
3	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
4	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
5	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
6	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
7	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
8	25.02.2017	29.03.2017	30 gün
9	25.02.2017	03.04.2017	35 gün
10	25.02.2017	06.05.2017	70 gün
11	25.02.2017	-	sızmadı
12	25.02.2017	-	sızmadı
13	25.02.2017	-	sızmadı
14	25.02.2017	-	sızmadı

Tablo 4.4. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perka enjeksiyon yöntemi grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve süreleri

Örnek No	Bakteri Yükleme Tarihi 25.02.2017 (Başlangıç)	Bitiş	Toplam süre
1	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
2	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
3	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
4	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
5	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
6	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
7	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
8	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
9	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
10	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
11	25.02.2017	14.03.2017	17 gün
12	25.02.2017	17.04.2017	20 gün
13	25.02.2017	25.04.2017	28 gün
14	25.02.2017	02.05.2017	67 gün
15	25.02.2017	-	sızmadı

Grup 1’de 15 örneğin 7’sinde, grup 2’de 15 örneğin 13’ünde, grup 3’te 14 örneğin 10’unda ve grup 4’te 15 örneğin 14’ünde koronal bakteriyel sızıntı gözlenmiştir. Kontrol gruplarındaki kontaminasyon gözlenen örnek sayısı ve günleri ise Tablo 4.5., Tablo 4.6.’da izlenmektedir.

Tablo 4.5. Pozitif kontrol grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve günleri

Örnek No	Bakteri Yükleme Tarihi 25.02.2017 (Başlangıç)	Bitiş	Toplam süre
1	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
2	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
3	25.02.2017	27.02.2017	2 gün
4	25.02.2017	28.02.2017	3 gün
5	25.02.2017	28.02.2017	3 gün
6	25.02.2017	02.03.2017	5 gün
7	25.02.2017	02.03.2017	5 gün
8	25.02.2017	03.03.2017	6 gün
9	25.02.2017	03.03.2017	6 gün
10	25.02.2017	03.03.2017	6 gün

Tablo 4.6. Negatif kontrol grubunda kontaminasyon gösteren örnek sayıları ve günleri

Örnek No	Bakteri Yükleme Tarihi 25.02.2017 (Başlangıç)	Bitiş	Toplam süre
1	25.02.2017	-	sızmadı
2	25.02.2017	-	sızmadı
3	25.02.2017	-	sızmadı
4	25.02.2017	-	sızmadı
5	25.02.2017	-	sızmadı
6	25.02.2017	-	sızmadı
7	25.02.2017	-	sızmadı
8	25.02.2017	-	sızmadı
9	25.02.2017	-	sızmadı
10	25.02.2017	-	sızmadı

Her bir deney grubu için yapılan istatistiksel değerlendirmede ortalama sızdırma zamanları % 95 güven aralığında hesaplanmış olup, buna göre grup 1'in ortalama sızdırma zamanının 24.7 gün, grup 2'nin 27.5 gün, grup 3'ün 14.9 gün ve grup 4'ün 10.9 gün olduğu hesaplanmıştır.

Gruplara ait çoklu karşılaştırmada, mikrosızıntı testi sonucunda test edilen 6 grubun sızıntı düzeyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmektedir ($p < 0.05$). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğu, yapılan

Kaplan-Meier sağkalım (survival) ve Long-rank (Mantel Cox) test analizi sonucu Tablo 4.7.'de ve Şekil 4.1.'de görülmektedir.

Tablo 4.7. Tüm deneysel grupların Kaplan-Meier sağkalım ve Long-rank (Mantel-Cox) test analiz sonuçları

Grup	n	P	N	p	m	D
1 (SLK/AH)	15	7	8	46.7	18.00	a
2 (SLK/ES)	15	13	2	86.7	2.00	a,b
3 (C/AH)	14	10	4	71.4	2.00	a,b
4 (C/ES)	15	14	1	93.3	2.00	b
Pozitif	10	10	0	100	0	
Negatif	10	0	10	0	90+	

n, örnek sayısı.

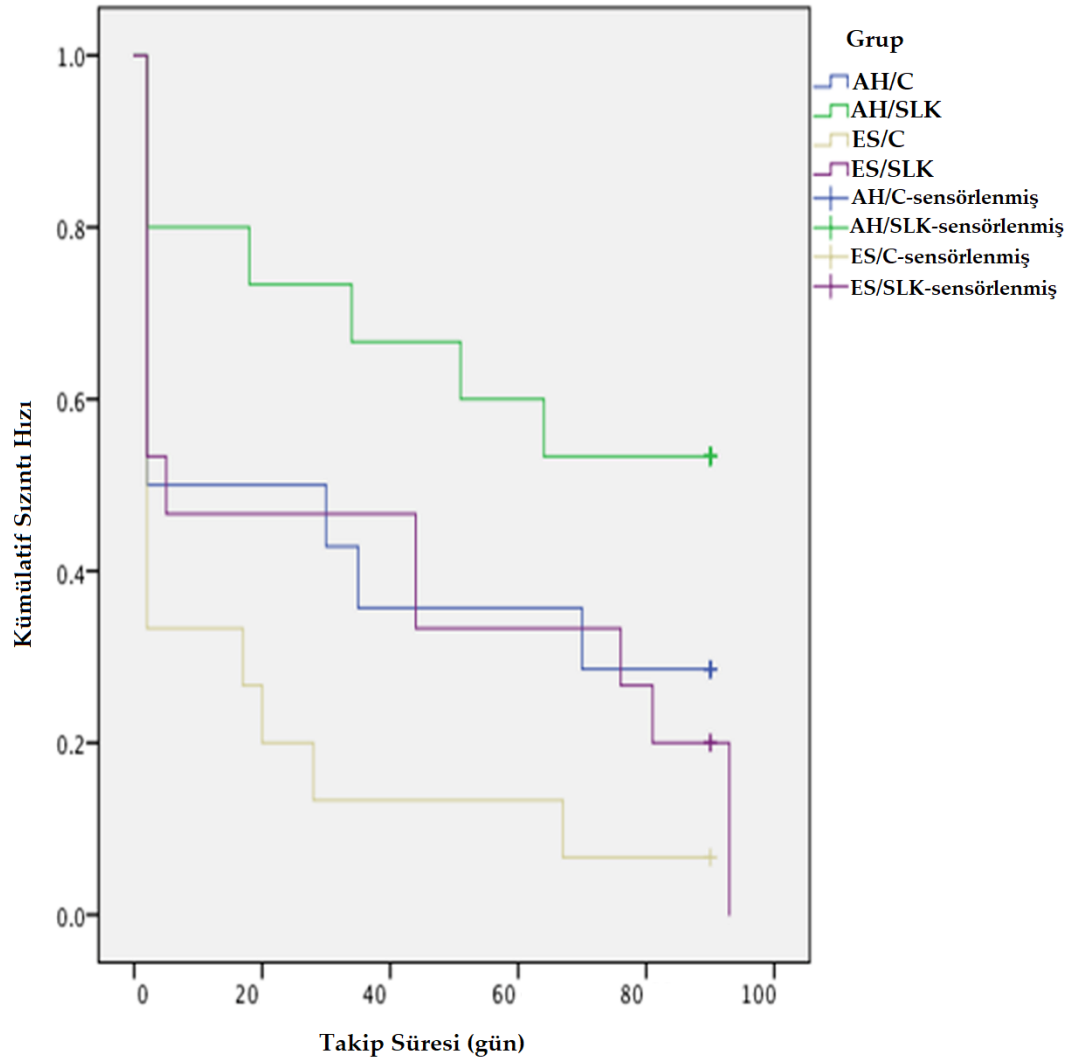
P, sızıntı gösteren örnek oranı.

N, sızıntı göstermeyen örnek oranı.

p, sızıntı gösteren örnek yüzdeliği.

m, sızıntının gün olarak ortanca hesaplaması.

D, Long-rank testi ($p < 0.05$); farklı harf ile gösterilen deneysel gruplar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır



Şekil 4.1. 90 günün sonunda tüm deneysel grupların kümülatif sızıntı hızlarını gösteren Kaplan-Meier eğrileri

90 günlük gözlem süresi sonunda grup 1’de % 46.7, grup 2’de % 86.7, grup 3’te % 71.4, grup 4’te % 93.3 oranında koronal bakteriyel sızıntı olduğu tespit edilmiştir. Kanal dolum patı olarak AH Plus ve kanal dolum tekniği olarak soğuk lateral kompaksiyonun kullanıldığı 1. grupta, diğer gruplara oranla istatistiksel

olarak anlamlı derecede daha yüksek sızdırmazlık yüzdesi bulunmuştur (% 53.3) ($p < 0.05$). Bunun yanında, Endosequence BC Sealer ve soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin kullanıldığı grup 2 ile AH Plus ve termoplastik enjeksiyon tekniğinin kullanıldığı grup 3 arasında sızıntı yüzdeleri arasında istatistiksel olarak belirgin bir farklılık bulunmamaktadır ($p > 0.05$). Aynı zamanda Endosequence BC Sealer ve termoplastik enjeksiyon tekniğinin kullanıldığı grup 4'te ise, diğer gruplara oranla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla sızıntı yüzdesi bulunmuştur (% 93.3) ($p < 0.05$).

Çalışmada kullanılan kanal dolum patlarının göz önünde bulundurulmadan sadece kanal dolum tekniklerinin karşılaştırıldığı ikili istatistiksel analizde ise, Calamus Flow Delivery Sistem'in kullanıldığı termoplastik enjeksiyon örneklerinde, soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin kullanıldığı örneklere oranla daha fazla mikrosızıntı olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla sızıntının görüldüğü ve daha başarısız sonuçlar verdiği Tablo 4.8.'de görülmektedir ($p < 0.05$).

Tablo 4.8. Kanal dolum patlarından bağımsız, sadece kanal dolum tekniklerinin ikili karşılaştırılma değerleri

Grup	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	Ortanca	Minimum-Maksimum
SLK	47.66	39.79	7.26	47.5	2-90
C	25.89	34.9	6.48	2	2-90

SLK, soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum tekniği, C, termoplastik enjeksiyon kanal dolum tekniği.

Aynı zamanda kanal dolum tekniklerinin göz ardı edilip sadece kanal dolum patlarının değerlendirildiği ikili karşılaştırmada ise Endosequence BC Sealer'in kullanıldığı örneklerde, AH Plus'ın kullanıldığı örneklere oranla fazla mikrosızıntı olduğu ve istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük sonuçlar verdiği Tablo 4.9.'de görülmektedir ($p < 0.05$).

Tablo 4.9. Kanal dolum tekniklerinden bağımsız, sadece kanal dolum patlarının ikili karşılaştırma değerleri

Grup	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	Ortanca	Minimum-Maksimum
AH	48.34	39.93	7.41	51	2-90
ES	25.96	34.73	6.34	2	2-90

AH, AH Plus kanal dolum materyali, ES, Endosequence BC Sealer kanal dolum materyali

4.2. Radiküler Dentin ve Kanal Dolum Materyali Arası Bağlanma Dayanımı Verilerinin Değerlendirilmesi

Çalışmada oluşturulan deneysel gruplardaki tüm örneklerin itme (push-out) testine ait ortalama MPa değerleri Tablo 4.10., Tablo 4.11., Tablo 4.12., Tablo 4.13.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış gütâ-perka enjeksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri

Örnek No	Kuvvet	Guta Çap (mm)	Diş Çap (mm)	Kopma Değeri (N)	Bağlanma Dayanımı (MPa)
1	0.5N/s	0,10	0,35	3,6	5,7
2	0.5N/s	0,10	0,40	0,8	1,3
3	0.5N/s	0,10	0,40	4,5	7,2
4	0.5N/s	0,10	0,41	0,4	0,6
5	0.5N/s	0,11	0,43	1,7	2,5
6	0.5N/s	0,12	0,49	3,4	4,5
7	0.5N/s	0,12	0,51	1,5	2,0
8	0.5N/s	0,10	0,40	1,4	2,2
9	0.5N/s	0,10	0,40	5,1	8,1
10	0.5N/s	0,12	0,49	2,1	2,8
11	0.5N/s	0,12	0,50	2,5	3,3
12	0.5N/s	0,10	0,41	1,3	2,1
13	0.5N/s	0,11	0,45	0,4	0,6
14	0.5N/s	0,10	0,50	1,7	2,7
15	0.5N/s	0,10	0,41	0,8	1,3

Tablo 4.11. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri

Örnek No	Kuvvet	Guta Çap (mm)	Diş Çap (mm)	Kopma Değeri (N)	Bağlanma Dayanımı (MPa)
1	0.5N/s	0,11	0,40	16,0	23,0
2	0.5N/s	0,12	0,40	19,6	26,0
3	0.5N/s	0,12	0,46	5,3	7,0
4	0.5N/s	0,12	0,42	11,4	15,1
5	0.5N/s	0,13	0,50	16,8	20,6
6	0.5N/s	0,14	0,50	8,4	9,6
7	0.5N/s	0,11	0,49	12,4	18,0
8	0.5N/s	0,11	0,51	12,0	17,3
9	0.5N/s	0,12	0,61	7,1	9,4
10	0.5N/s	0,15	0,65	24,2	25,7
11	0.5N/s	0,20	0,46	14,1	11,2
12	0.5N/s	0,25	0,50	32,8	20,9
13	0.5N/s	0,10	0,39	10,9	17,3
14	0.5N/s	0,12	0,56	7,6	10,1
15	0.5N/s	0,11	0,39	21,4	31,0

Tablo 4.12. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri

Örnek No	Kuvvet	Guta Çap (mm)	Diş Çap (mm)	Kopma Değeri (N)	Bağlanma Dayanımı (MPa)
1	0.5N/s	0,10	0,36	2,5	4,0
2	0.5N/s	0,10	0,40	0,6	1,0
3	0.5N/s	0,10	0,40	2,5	4,0
4	0.5N/s	0,10	0,41	0,8	1,3
5	0.5N/s	0,11	0,42	2,1	3,0
6	0.5N/s	0,10	36,0	2,5	4,0
7	0.5N/s	0,10	0,39	3,1	5,0
8	0.5N/s	0,12	0,49	1,5	2,0
9	0.5N/s	0,20	0,50	3,8	3,0
10	0.5N/s	0,11	0,47	2,1	3,6
11	0.5N/s	0,12	0,45	0,6	0,8
12	0.5N/s	0,10	0,40	2,9	4,7
13	0.5N/s	0,11	0,41	3,4	5,0
14	0.5N/s	0,12	0,43	4,8	6,4
15	0.5N/s	0,13	0,46	4,6	5,6

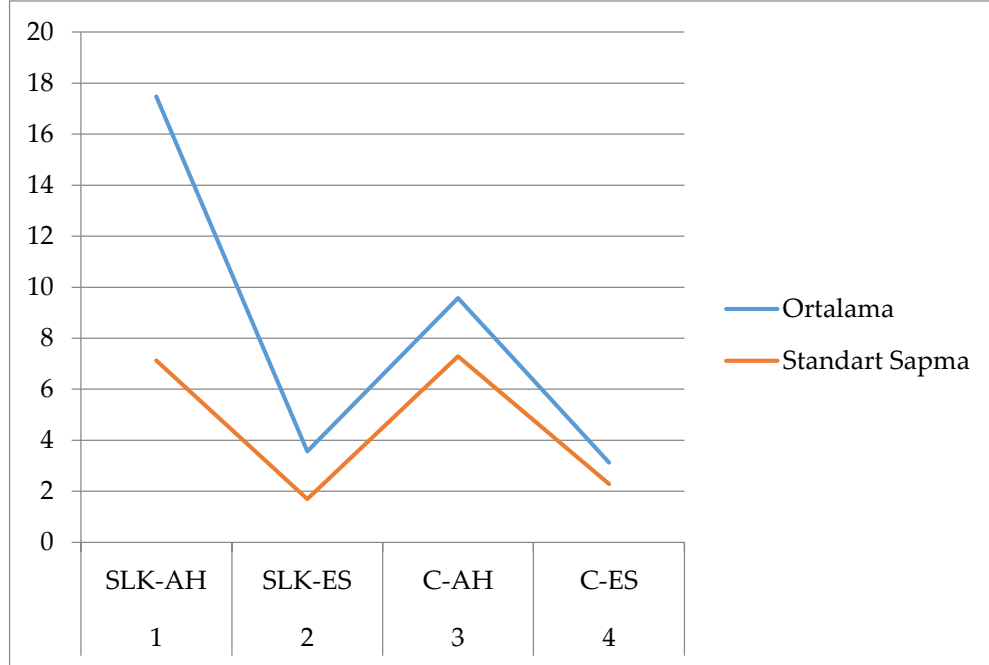
Tablo 4.13. AH Plus-Isıtılmış gütâ-perka enjeksiyon yöntemi grubundaki örneklerin bağlanma dayanımı verileri

Örnek No	Kuvvet	Guta Çap (mm)	Diş Çap (mm)	Kopma Değeri (N)	Bağlanma Dayanımı (MPa)
1	0.5N/s	0,11	0,42	7,2	10,4
2	0.5N/s	0,11	0,31	11,3	16,4
3	0.5N/s	0,11	0,40	4,0	5,8
4	0.5N/s	0,16	0,45	1,7	1,7
5	0.5N/s	0,11	0,42	6,5	9,4
6	0.5N/s	0,13	0,47	6,7	8,2
7	0.5N/s	0,18	0,50	4,8	4,2
8	0.5N/s	0,18	0,51	7,4	6,5
9	0.5N/s	0,15	0,40	9,5	10,1
11	0.5N/s	0,18	0,48	2,1	1,9
11	0.5N/s	0,10	0,37	6,7	10,7
12	0.5N/s	0,10	0,37	3,2	5,1
13	0.5N/s	0,10	0,41	20,0	31,8
14	0.5N/s	0,11	0,40	6,5	9,4
15	0.5N/s	0,12	0,35	9,0	12,0

Yapılan çoklu karşılaştırmalar sonucunda, deneysel grupların bağlanma dayanımı verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmektedir ($p < 0.001$). Bu farklılığın hangi gruplar arasında olduğu, yapılan Kruskal-Wallis analizi sonucu Tablo 4.14.'de ve Şekil 4.2.'de görülmektedir.

Tablo 4.14. Tüm deneysel grupların çoklu karşılaştırmalı test analizi sonuçları

Grup	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma
1	SLK/AH	17.48	7.13
2	SLK/ES	3.56	1.70
3	C/AH	9.57	7.29
4	C-ES	3.12	2.28



Şekil 4.2. Tüm deneysel grupların bağlanma dayanımı düzeylerinin ve standart sapmalarının dağılımı

Tablo 4.14. ve Şekil 4.2.'de görüldüğü üzere, AH Plus ve soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin kullanıldığı 1. grupta ve AH Plus ve termoplastik enjeksiyon tekniğinin kullanıldığı 3. grupta istatistiksel olarak belirgin derecede yüksek bağlanma dayanımı verileri elde edilmiştir ($p < 0.001$). Bununla birlikte istatistiksel olarak en yüksek ortalama bağlanma dayanımı değeri AH Plus - soğuk lateral kompaksiyon grubunda görülmekte iken (ort. 17.48), daha sonra ortalama bağlanma değerleri sırasıyla; AH Plus - termoplastik enjeksiyon grubu (grup 3) (ort. 9.57), Endosequence BC Sealer - soğuk lateral kompaksiyon grubu (grup 2) (ort. 3.56) ve Endosequence BC Sealer - termoplastik enjeksiyon grubunda (grup 4) (ort. 3.12) en düşük olduğu bildirilmektedir.

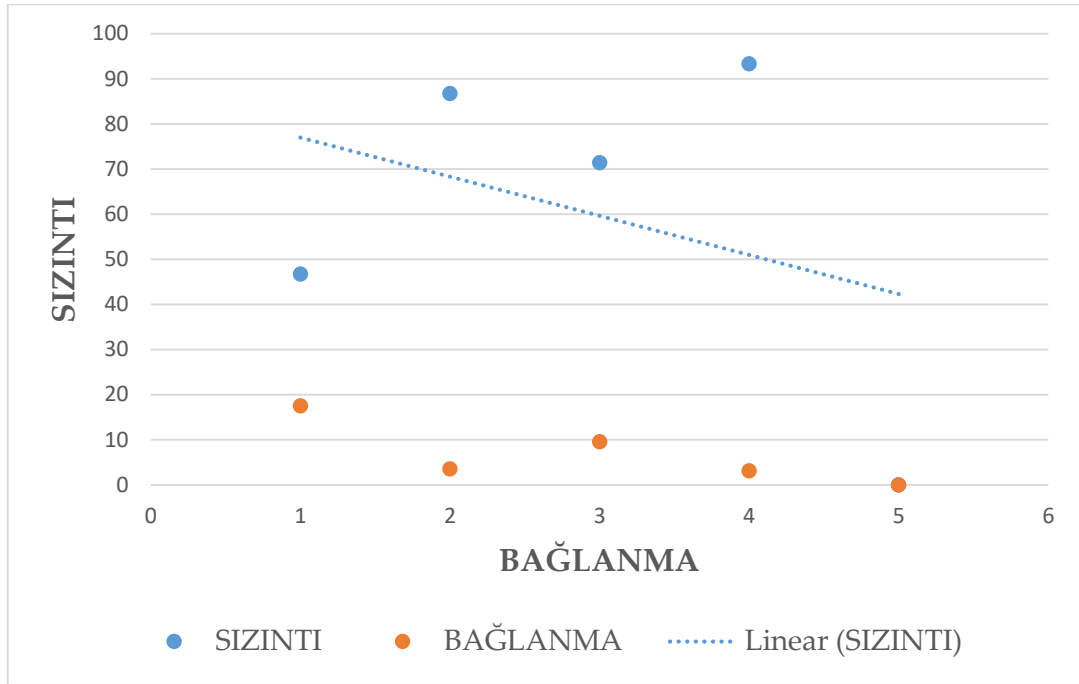
Mann – Whitney testi ile gerçekleştirilen ikili karşılaştırmalar sonucunda, 3 farklı bölgeden de elde edilen örneklerin bağlanma dayanımı verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık izlenmektedir ($p < 0.001$). Tüm deneysel gruplardaki koronal disk örnekleri en yüksek bağlanma dayanımı verileri göstermiştir. Grup 2 ve grup 4 arasında, tüm seviyelerde, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmezken, grup 1 örnekleri, istatistiksel olarak belirgin derecede yüksek bağlanma dayanımı sergilemiştir ($p < 0.001$) (Tablo 4.15.).

Tablo 4.15. Tüm deneysel grupların ikili karşılaştırmalı test analizi sonuçları

Grup	Seviye	Ortalama	Standart Sapma
1 (SLK/AH)	Koronal	20.50	2.12
	Orta	19.46	10.61
	Apikal	15.48	6.07
2 (SLK/ES)	Koronal	4.35	1.97
	Orta	3.25	1.768
	Apikal	2.88	1.03
3 (C/AH)	Koronal	13.80	10.39
	Orta	13.40	4.24
	Apikal	5.97	3.20
4 (C/ES)	Koronal	3.46	2.86
	Orta	3.18	1.50
	Apikal	2.50	0.70

4.3. Sızıntı ve Bağlanma Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi

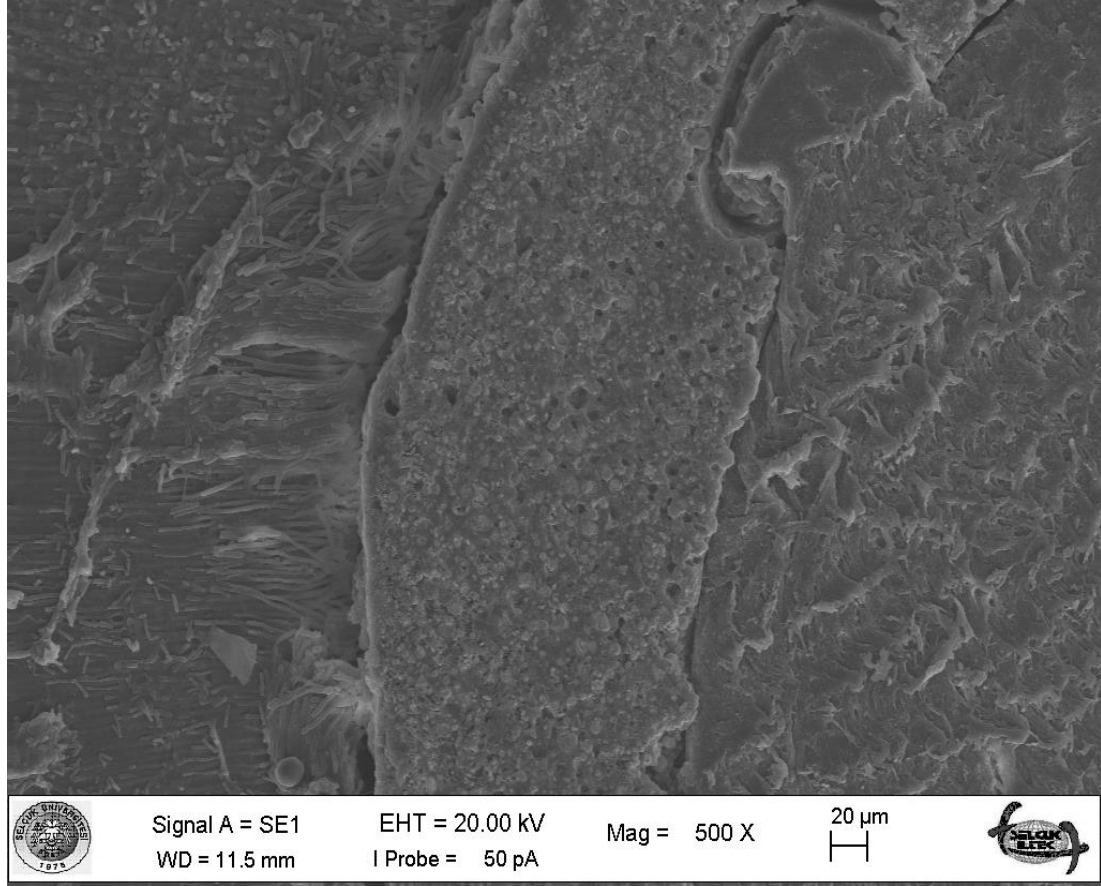
Tüm gruplarda, sızıntı ile bağlanma düzeyleri arasında istatistiksel olarak ileri düzeyde (-r: -0,99451; r: Pearson Korelasyon katsayısı) anlamlı bir negatif korelasyon bulunmaktadır ($p < 0.01$) (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Tüm deneysel gruplarda sızıntı ile bağlanma arasındaki korelasyon düzeyi grafiği

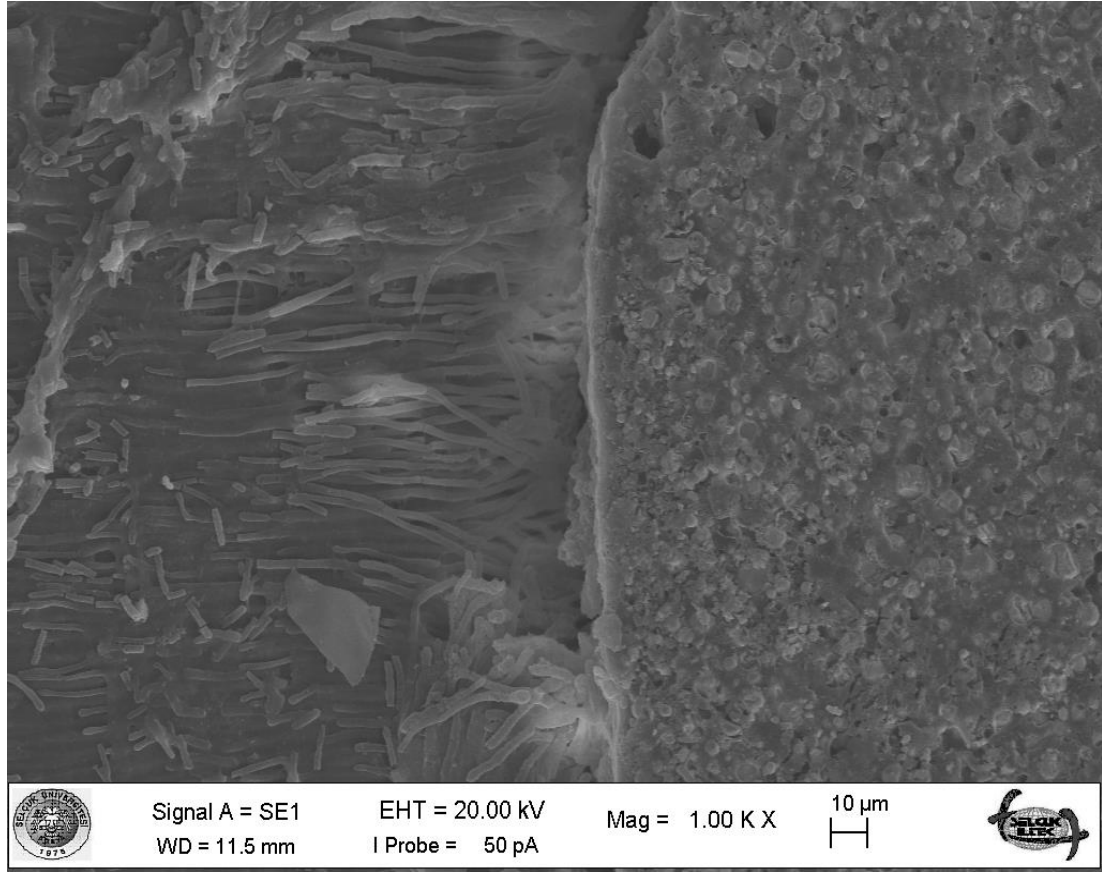
Elde edilen negatif Pearson Korelasyon katsayısı, bağlanma dayanımının azalması ile negatif yönde orantılı olarak sızıntı miktarının da arttığını göstermektedir.

4.4. SEM Verilerinin Değerlendirilmesi



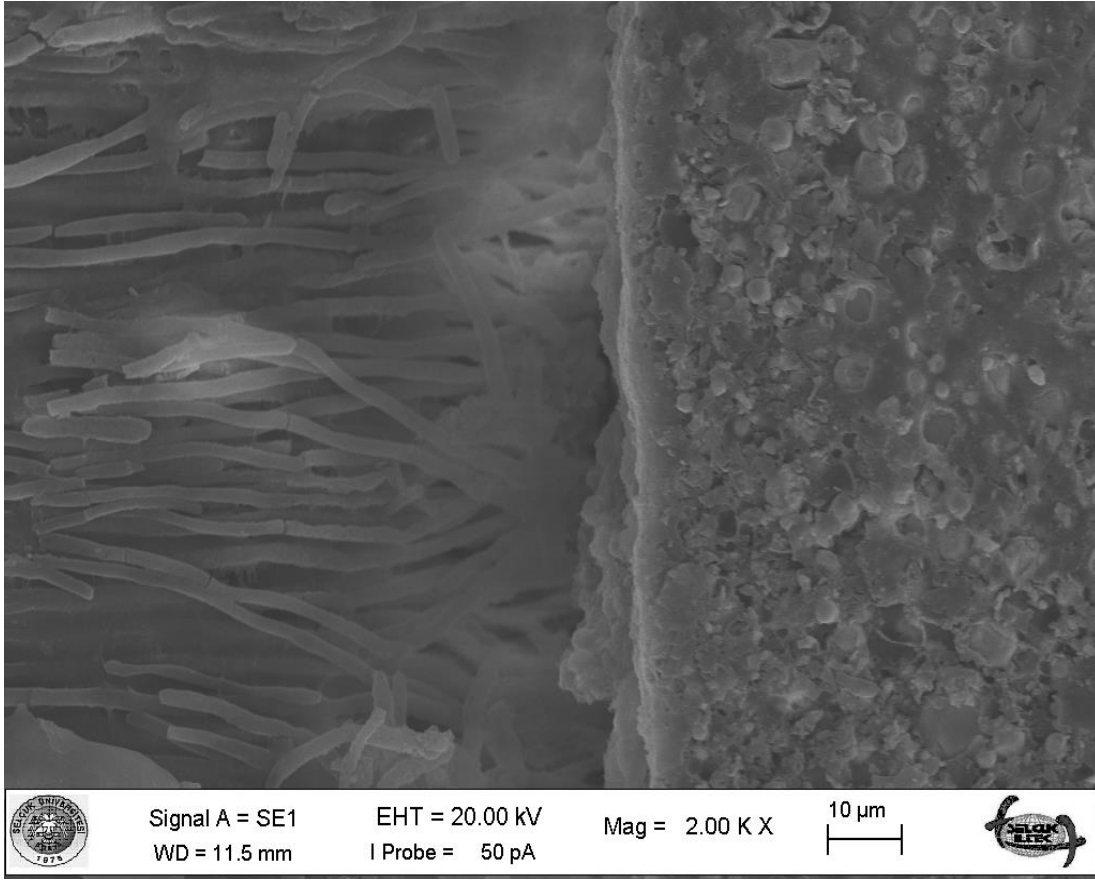
Şekil 4.4. AH Plus-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x500)

AH Plus ve radiküler dentin duvarı arasında Calamus Flow Delivery System cihazı ile yapılan termoplastik enjeksiyon yöntemi ile bazı bölgelerde iyi bir adaptasyon, dolayısı ile dentin tübüllerine yoğun miktarda rezin uzantıları oluşturduğu görülmekte, ancak bazı bölgelerde de oluşturmadığı gözlenmektedir (Şekil 4.4.).



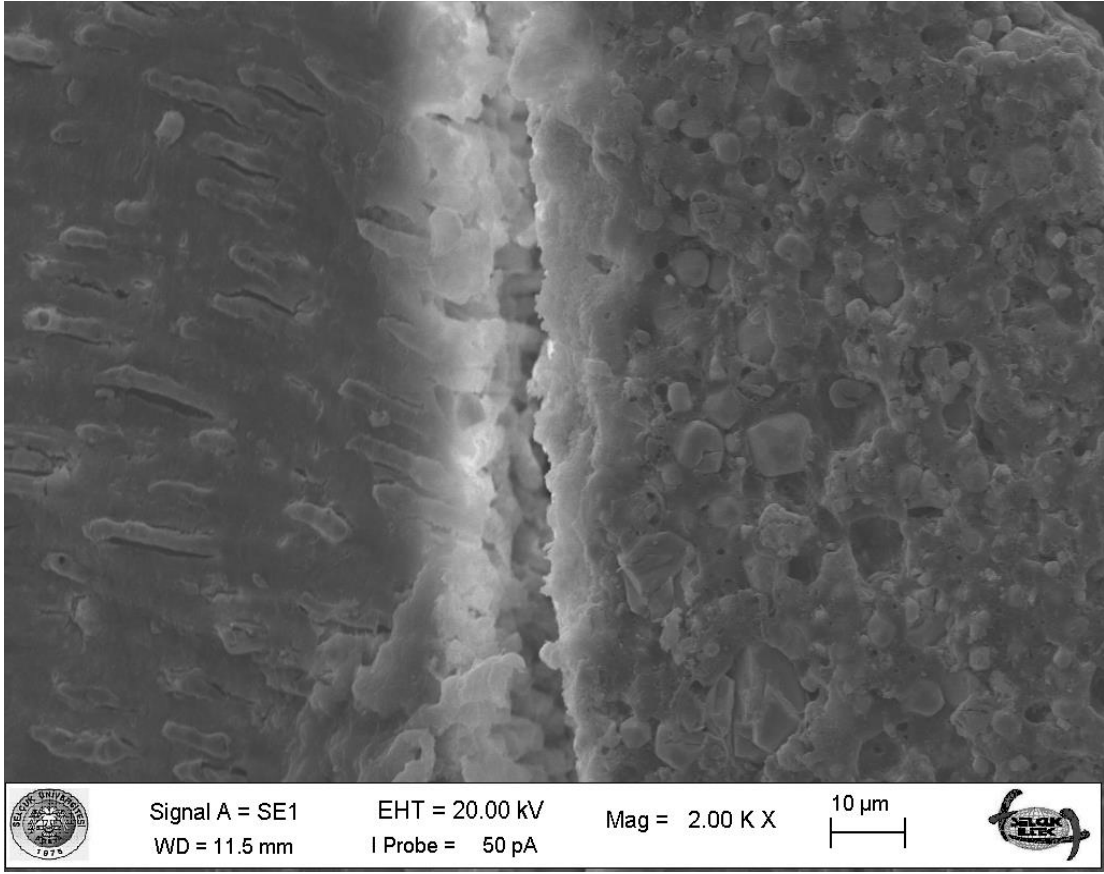
Şekil 4.5. AH Plus-Isitılmış gütaperkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrofrafisi (x1000)

AH Plus kanal dolum patının aynı yöntem ile radiküler dentin duvarına adaptasyonunun yeterli olduğu ve dentin tübüllerine yoğun rezin uzantıları oluşturduğunu izlenmektedir (Şekil 4.5.).



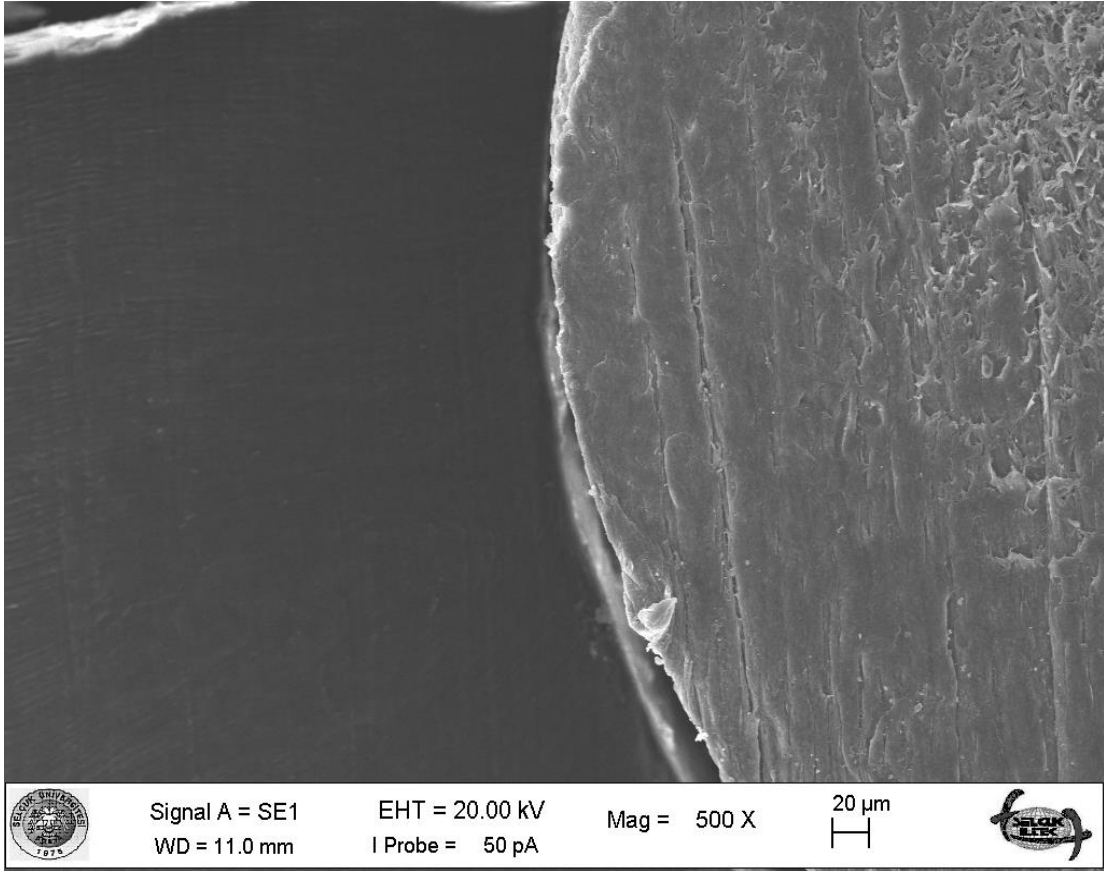
Şekil 4.6. AH Plus-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir rneğin SEM mikrografisi (x2000)

Kanal patı ve radiküler dentin duvarı adaptasyonunun iyi olduğu bölgeden alınan mikrograf (Şekil 4.6.).



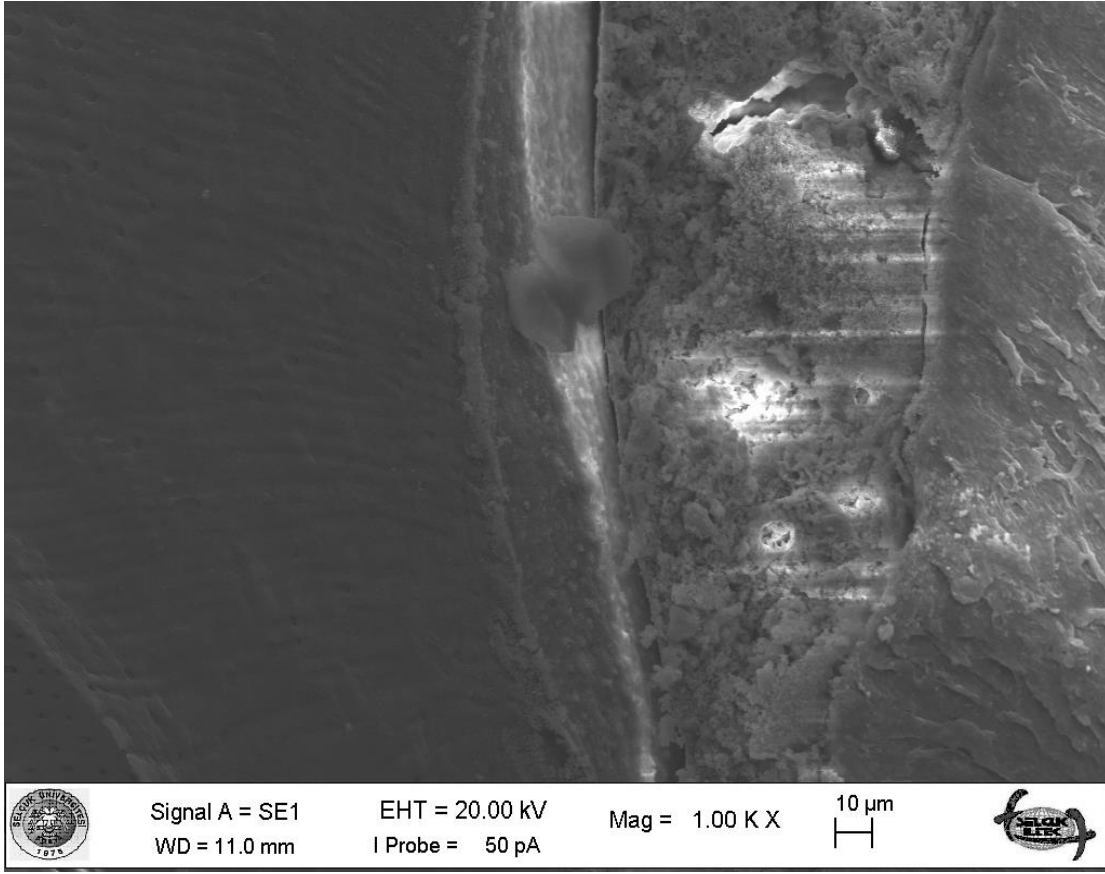
Şekil 4.7. AH Plus-Isitılmış gütaperkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)

Kanal patı ve radiküler dentin duvarı adaptasyonunun yeterli olmadığı, dolayısı ile dentin tübüllerine rezin uzantısı penetrasyonunun izlenmediği bölgeden alınan mikrograf (Şekil 4.7.).



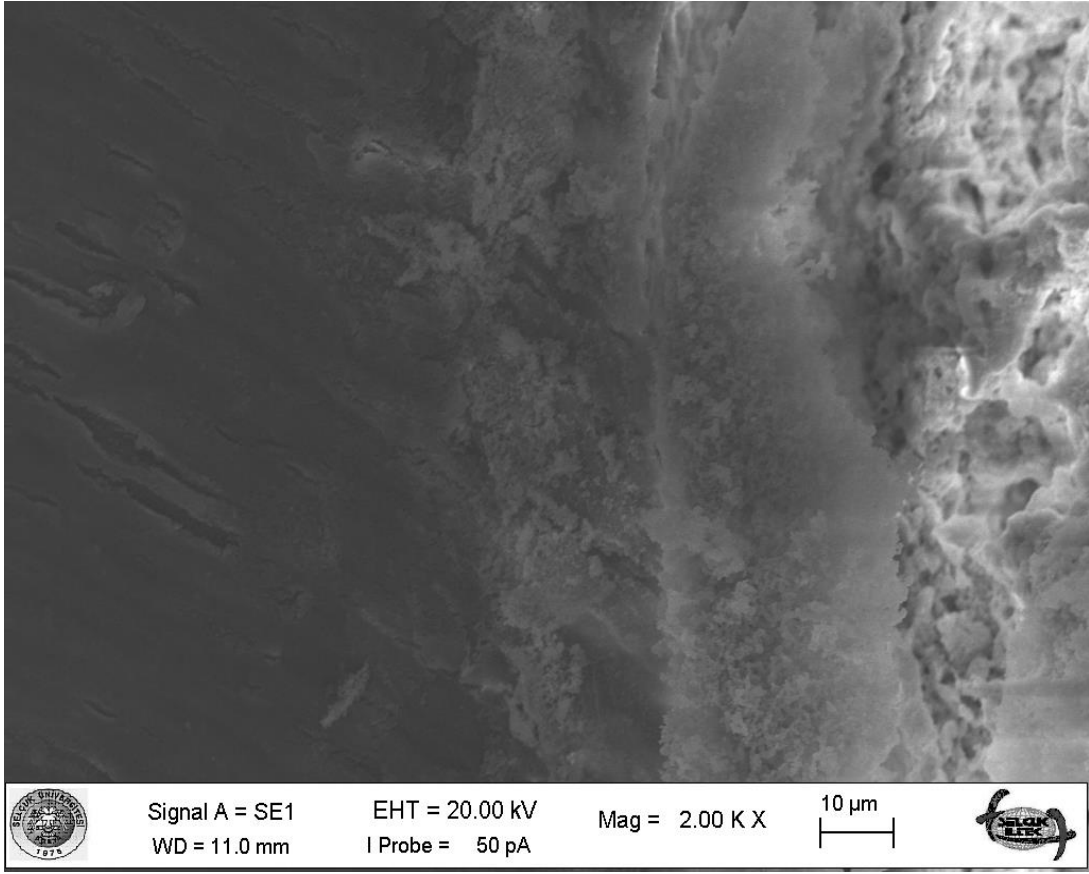
Şekil 4.8. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrofisi (x500)

Endosequence BC Sealer kanal dolum patı ve radiküler dentin duvarı arasında soğuk lateral kompaksiyon yöntemi sonrasında bazı bölgelerde iyi bir adaptasyon olduğu ancak dentin tübüllerine herhangi bir uzantı yapmadığı, bazı bölgelerde ise iyi bir adaptasyon olmadığı görülmektedir (Şekil 4.8.).



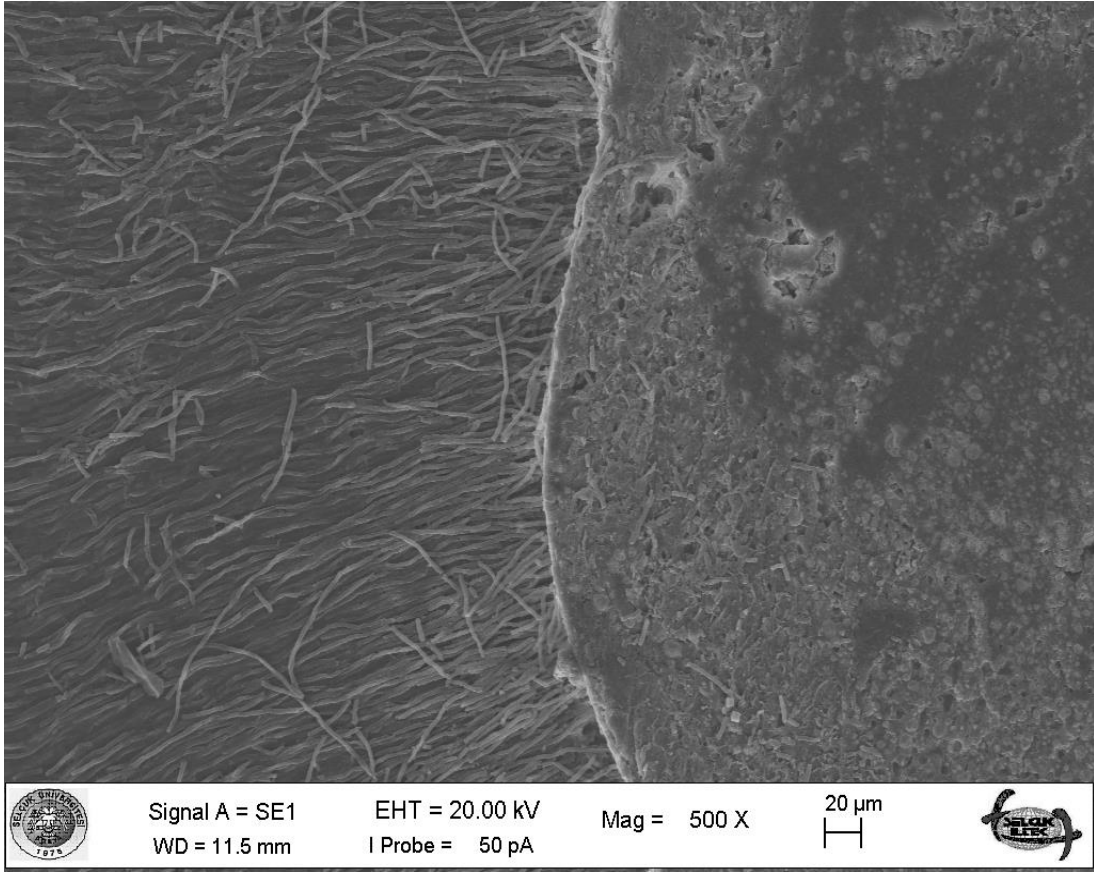
Şekil 4.9. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrofrafisi (x1000)

Kanal patı ve radiküler dentin duvarı arasında yer yer adaptasyon izlenmekte ancak pat uzantıları izlenmemekte, yer yer ise adaptasyon eksikliği izlenmektedir (Şekil 4.9.).



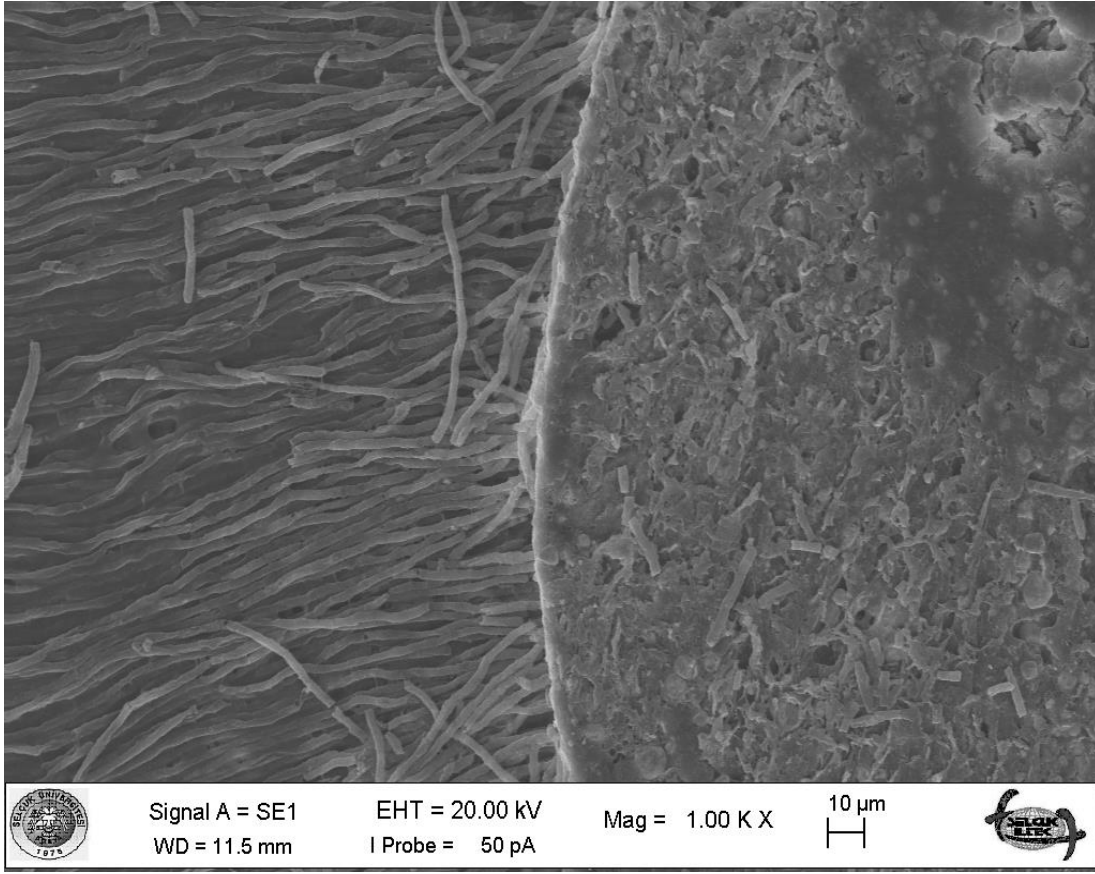
Şekil 4.10. Endosequence BC Sealer-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrofrafisi (x2000)

Kanal patı ve radiküler dentin duvarı arasında adaptasyonun iyi olduğu görülmektedir (Şekil 4.10.).



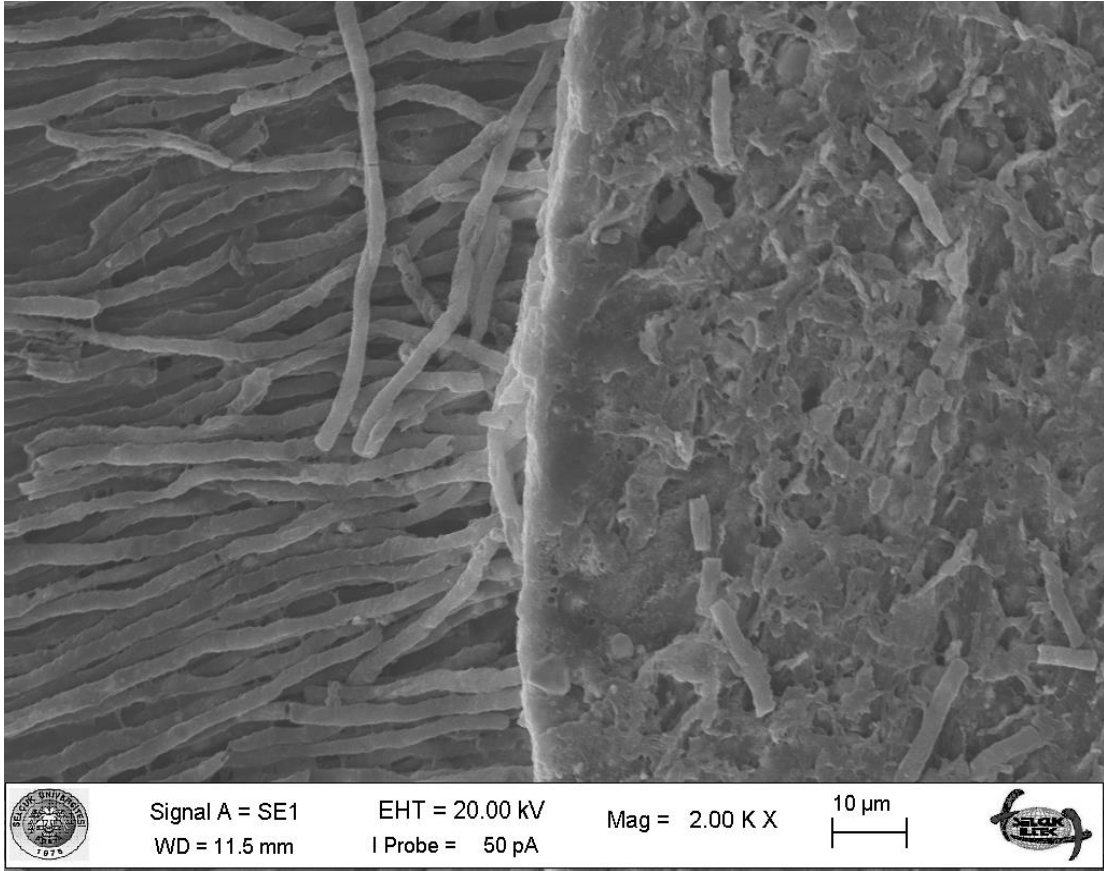
Şekil 4.11. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrofisi (x500)

AH Plus kanal dolum patı ve radiküler dentin duvarı arasında soğuk lateral kompaksiyon yöntemi ile oldukça iyi adaptasyon olduğu, dentin tübüllerine yoğun miktarda rezin uzantıları oluşturduğu izlenmektedir (Şekil 4.11.).



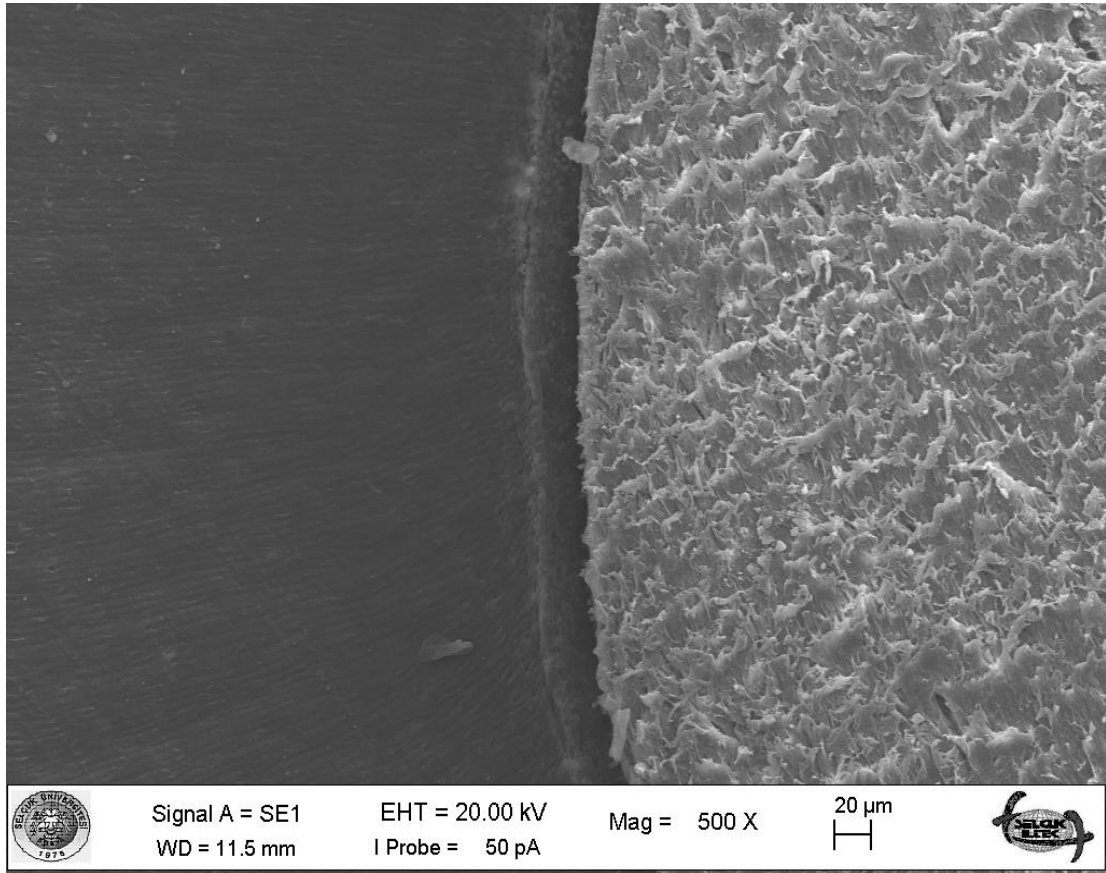
Şekil 4.12. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrofrafisi (x1000)

Aynı görüntünün daha büyütülmüş halinde kanal patının radiküler dentin duvarının tüm bölgelerine homojen bir şekilde güçlü bir adaptasyon gösterdiği ve dentin tübüllerine yoğun derecede rezin uzantısı penetrasyonu oluşturduğu izlenmektedir (Şekil 4.12.).



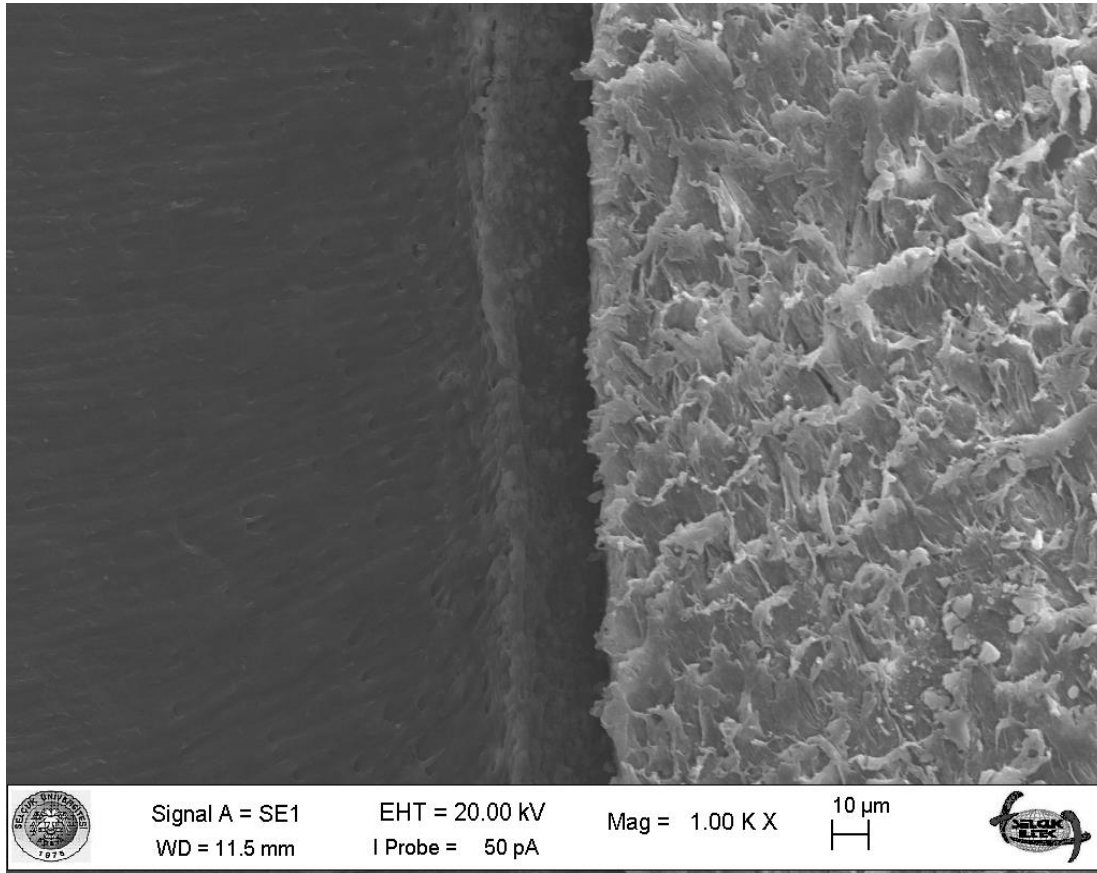
Şekil 4.13. AH Plus-Soğuk lateral kompaksiyon grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)

Kanal patının radiküler dentin duvarına adaptasyonunun iyi olduğu bölgeden alınan mikrograf görüntüsü (Şekil 4.13.).



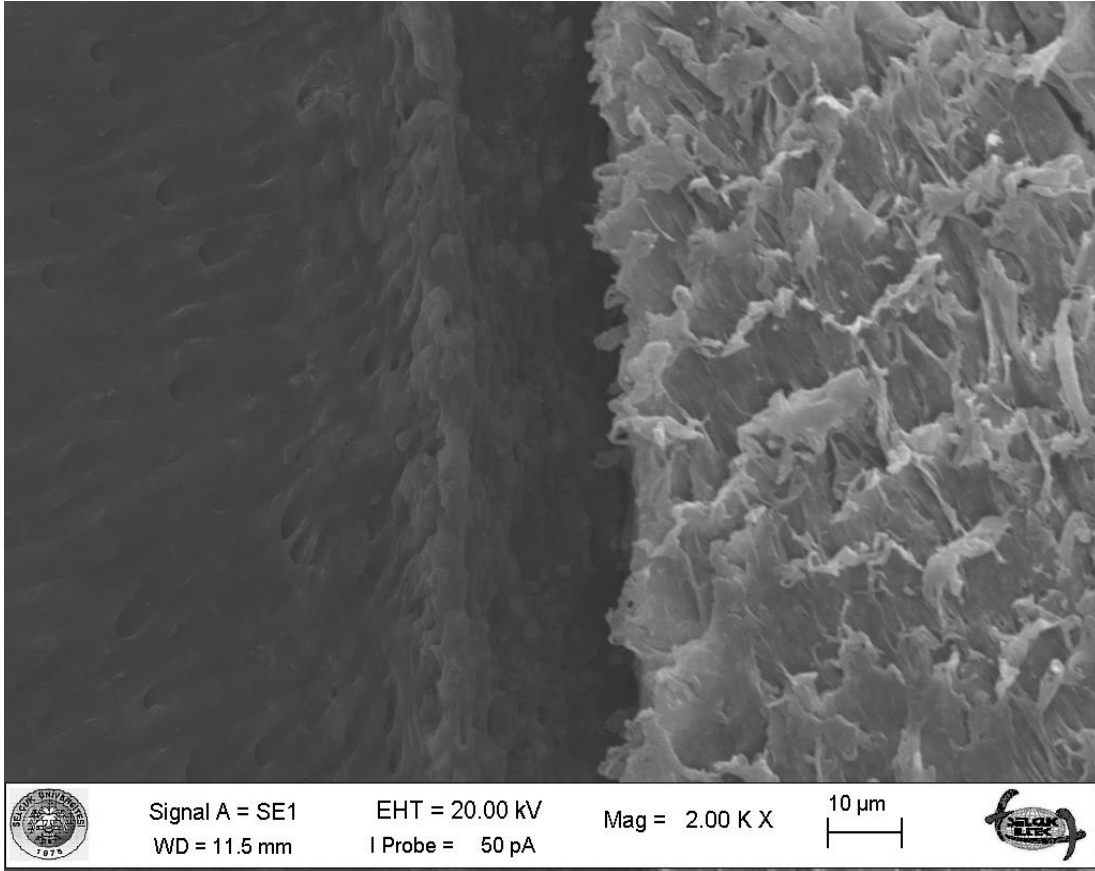
Şekil 4.14. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrofisi (x500)

Endosequence BC Sealer kanal dolum patının radiküler dentin duvarına termoplastik enjeksiyon yöntemi ile iyi bir adaptasyon yapmadığı ve ayrılma gösterdiği izlenmektedir (Şekil 4.14.). Bu ayrılmanın sebebinin, ısıtılmış güta-perkanın soğuma esnasında göstermiş olduğu büzülmeden kaynaklandığını öne sürebiliriz.



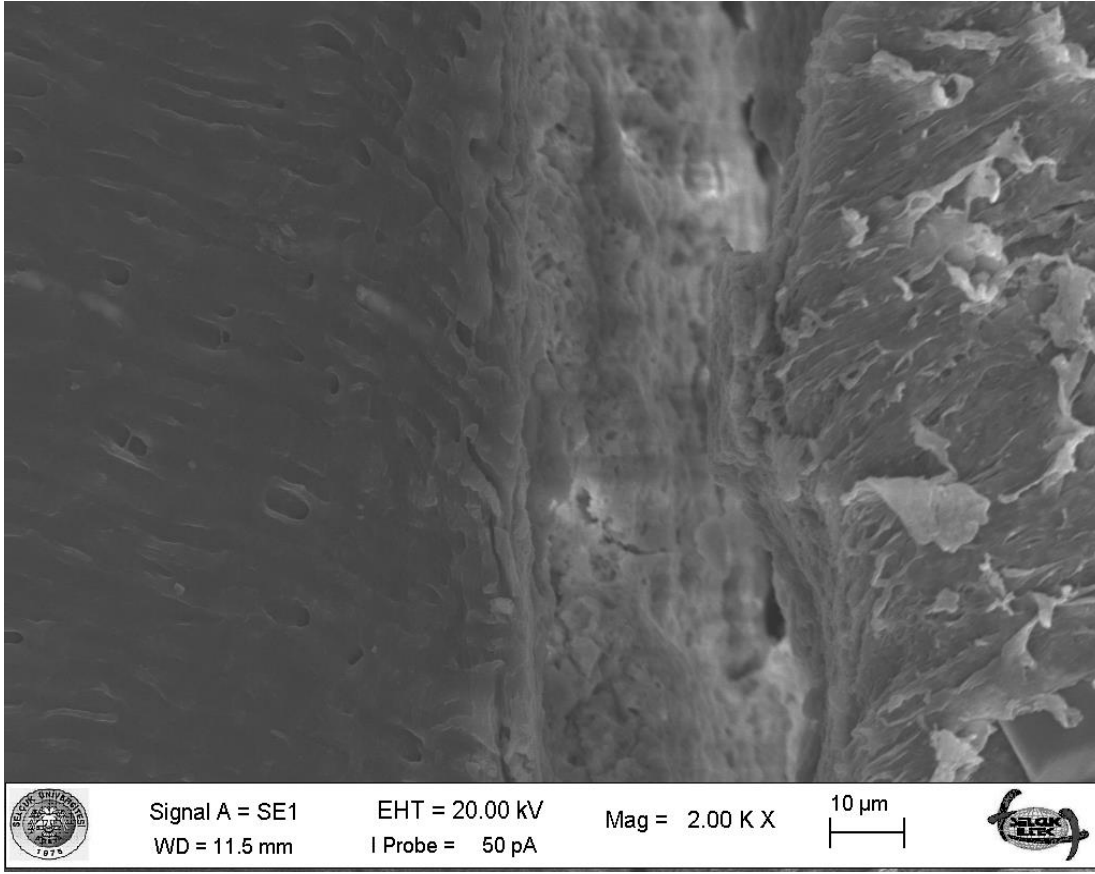
Şekil 4.15. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x1000)

Aynı görüntünün büyütülmüş şeklinde meydana gelen ayrılmanın oldukça bariz olduğu izlenmektedir (Şekil 4.15.). Aynı zamanda bu ayrılmanın bir diğer nedeni olarak, kullanılan kalsiyum-silikat bazlı kanal dolum patının termoplastik enjeksiyon yöntemi sonucunda azalmış polimerizasyon süresi nedeni ile kısa sürede sertleştiği ve azalan akışkanlık sonucu radiküler dentin duvarlarını tam olarak ıslatamadığından eksik adaptasyon gösterdiğini öne sürebiliriz.



Şekil 4.16. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış gütaperkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)

Kanal patı ve radiküler dentin duvarı adaptasyonunun iyi olmadığı gölgeden alınan mikrografi görüntüsü (Şekil 4.16.).



Şekil 4.17. Endosequence BC Sealer-Isıtılmış güta-perkanın enjeksiyon yöntemi grubuna ait bir örneğin SEM mikrografisi (x2000)

Endosequence BC Sealer kanal dolum patının dentin tübüllerine herhangi bir penetrasyon göstermediği fakat radiküler dentin duvarına adaptasyonunun daha iyi olduğu bölgeden alınan mikrograf görüntüsü (Şekil 4.17.).

5. TARTIŞMA

Pulpa ve periapikal hastalıkların birçoğu bakteri ve bakteri ürünlerinden kaynaklanmaktadır. Uzun dönemde başarılı bir kök kanal tedavisi için, kemomekanik preparasyon ile kök kanal boşluğu bakteri ve bakteri ürünlerinden arındırılmalı ve periapikal bölgeye ulaşmalarını engelleyerek 3 boyutlu sızdırmaz bir şekilde doldurulmalıdır. Bu amaçla, değişik kök kanal dolgu materyalleri ve / veya dolgu teknikleri yapılan çalışmalarla geliştirilmektedir (Eldeniz ve Ørstavik, 2009; Mobarak ve diğerleri, 2015).

Kök kanal dolgu patları ve güta-perka, birlikte veya tek başlarına kullanıldıklarında bile bakteri ve bakteri ürünlerinin oral kaviteden periapikal dokulara geçişini tam olarak engelleyememekte, dolayısı ile kök kanal sistemi boyunca sızıntı meydana gelerek kısa bir süre içerisinde periapikal doku hastalıklarına neden olabilmektedirler (Er ve diğerleri, 2008; Fisher ve diğerleri, 2007; Shokouhinejad ve diğerleri, 2012). Bu amaçla yapılan birçok laboratuvar çalışmada farklı kanal dolgu ve kor materyalleri kullanılmış ve dolum aşamasında değişik teknikler uygulanarak daha iyi sızdırmazlık amaçlanmıştır (Üngör ve diğerleri, 2006). Ancak günümüzde henüz hermetik bir dolum gerçekleştirebilen materyal / teknik bulunmamakta ve apikal / koronal sızdırma endodontik tedavide önemli bir başarısızlık nedeni olmaya devam etmektedir (Emami ve diğerleri, 2015; Timpawat ve diğerleri, 2001).

Kök kanal dolgu teknikleri, kullanılan kanal dolgu materyallerinin farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri, kanal patlarının çözünürlüklerindeki farklılıklar, farklı sertleşme ve büzülme katsayıları ve smear tabakası gibi faktörler sızıntıyı etkileyen parametrelerdir (Çobankara ve diğerleri, 2004; Verissimo ve Vale, 2006).

Yapılan birçok çalışmada, kök yüzeyinde oluşabilecek kırık ve çatlakların, aynı zamanda diş dokularındaki farklılıkların (yaşlı dişlerdeki yoğun dentin depozisyonu gibi) elde edilen deney sonuçlarını etkileyebileceği ve standart sapmalara neden olabileceği öne sürülmüştür. Bu durumu önlemek amacı ile çalışmamızda yapısındaki nemi kaybetmemiş ve kırılğan hale gelmemiş yeni çekilmiş gerçek insan dişleri kullanılmıştır. Ayrıca yeni çekilmiş dişlerin, akrilik modellere oranla klinik şartları daha iyi yansıttığı belirtilmiştir (Bailon-Sanchez ve diğerleri, 2011; Nagas ve diğerleri, 2010; Onay ve diğerleri, 2009). Wu ve Wesselink (1993), varyasyonları en aza indirmek ve standardizasyonu sağlayabilmek için, çalışmalarda benzer grup dişlerin kullanılmasını ve bu dişlerin boyutlarının, uzunluklarının, kanal çaplarının, apikal foramen çaplarının ve kanal anatomilerinin birbirine benzer olmasının gerektiğini bildirmişlerdir. Bu sebeplerden dolayı çalışmamızda, arka grup dişlerin anatomilerinin değişkenlik göstermesinden dolayı, standardizasyonu daha iyi sağlayabilmek amacı ile yeni çekilmiş, tek köklü, olabildiğince düz ve oval kanallı, çürüksüz ve herhangi bir restorasyonu bulunmayan alt premolar dişlerin kullanımı tercih edilmiştir. Tüm dişlerin bukkal-lingual ve mesio-distal boyut ve çapları alınan bir seri periapikal radyografların görsel olarak incelenmesi ile standardize edilmeye çalışılmış, ayrıca uzunlukları ise hassas kesim cihazı ile ortalama 15 - 16 mm olacak şekilde (mine-sement sınırından) kesilerek ayarlanmıştır. Kök kanalları ise prosedürlere uygun olacak şekilde genişletilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen köklere endodontik giriş kavitelerini taklit eden kaviteler açılarak nikel - titanyum döner eğe sistemi ve crown-down preparasyon tekniği ile kök kanallarının genişletilmesi ve şekillendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda, nikel-titanyum döner eğe sistemlerin, konvansiyonel

tekniklerle karşılaştırıldığında, kök kanallarında daha etkin bir şekillendirme gerçekleştirmesi, dar ve eğri kanallarda daha güvenilir olması, aynı zamanda transportasyon riskini azaltması, çalışma süresini kısaltması ve hekim / hasta açısından çalışma kolaylığı sağlaması gibi avantajlarının bulunduğu rapor edilmiştir (Elayouti ve diğerleri, 2008; Short ve diğerleri, 1997; Taşdemir ve diğerleri, 2009). Crown-down preparasyon tekniği ise, kök kanallarından debris uzaklaştırmada ve apikal bölgeye daha rahat ve kolay ulaşılması yönünden konvansiyonel step-back tekniğine oranla daha avantajlı olmakta, ayrıca step-back tekniğine göre daha eşit ve homojen sonuçlar vermektedir (Ahlquist ve diğerleri, 2001; Mikrogeorgis ve diğerleri, 2006).

Kök kanallarının genişletilmesi ve şekillendirilmesi esnasında kullanılan aletlerin kök kanal duvarına sürtünmesi sonucunda radiküler dentin duvarını örten, çıplak göz ile görülemeyen ve sadece tarayıcı elektron mikroskop ile incelenebilen 1 - 5 μ m kalınlığında amorf, düzensiz ve granüler yapıda bir tabaka meydana gelmektedir. Smear tabakası olarak adlandırılan bu yapı içeriğinde primer olarak inorganik kalsifiye elemanlar (dentin talaşları ve predentin), aynı zamanda doku (pulpa) debrisleri, odontoblastik artıklar, tükürük, kan hücreleri, irrigasyon solüsyonları ve mikrobiyal hücreler gibi organik elemanlar da içermektedir (Goldman ve diğerleri, 1982; Mader ve diğerleri, 1984; McComb ve Smith, 1975; Mobarak ve diğerleri, 2015). Preparasyon esnasında oluşan bu tabakanın yapılan tedavi üzerindeki etkisi, kaldırılıp / kaldırılmaması yönündeki tartışmalar günümüzde hala daha devam etmektedir (Shokouhinejad ve diğerleri, 2013). Bazı araştırmacılar, smear tabakasının radiküler dentin tübüllerini tıkayarak bakteri metabolitlerine karşı bir bariyer görevi gördüğünü ve penetrasyonlarını engelleyerek/azaltarak çoğalmalarını azalttığını

savunmaktadır (Gettleman ve diğeri, 1991; Micheliç ve diğeri, 1980; Williams ve Goldman, 1985). Ayrıca bu tabakanın kaldırılmasının dentin geçirgenliğini arttıracak ve kök kanal patlarının örtücülük özelliklerini bozacağını ileri süren araştırmalar da literatürde mevcuttur (Drake ve diğeri, 1994; Galvan ve diğeri, 1994). Bununla birlikte, smear tabakasının içerdiği nemden dolayı özellikle hidrofilik yapıdaki kanal dolgu materyallerine bağlayıcı görevi gördüğü ve kök kanal dentin duvarlarına adaptasyonlarını artırdığı yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Lalh ve diğeri, 1999; Yıldırım ve diğeri, 2008).

Smear tabakasının uzaklaştırılmasının gerekliliği yapılan birçok çalışmada da gösterilmiştir. Araştırmacılara göre bu tabaka kök kanal dolgusu ve radiküler dentin duvarı arasında bir bariyer oluşturarak kök kanal patlarının, irrigasyon ajanlarının ve intrakanal medikamanların dentin tübüllerine penetrasyonunu engellemekte, dolayısı ile tedavinin başarısızlığına yol açabilmektedir (Şen ve diğeri, 1996; White ve diğeri, 1984). Aynı zamanda bakteri ve bakteri ürünlerini, nekrotik dokuları bünyesinde barındırdığından, kendisi de kontamine olarak bakteriler için substrat rolü oynamakta ve bakterilerin dentin tübüllerinin derinlerine doğru ilerlemesine neden olabilmektedir (Lalh ve diğeri, 1999; Pallarés ve diğeri, 1995). Smear tabakası, radiküler dentin duvarına zayıf bir şekilde bağlanmaktadır. Zamanla parçalanıp dolgu maddesi ve kanal duvarı arasında boşluk oluşturabilmekte, dolayısı ile bakterilerin kendilerine yol edinerek kök kanalı boyunca apikal bölgeye ulaşmalarına neden olabilmektedir (Violich ve Chandler, 2010). Smear tabakasının kaldırılmasının gerekliliği henüz açıklığa kavuşmamış olmasına rağmen, çalışmamızda smear tabakasının kök kanal dolgu maddelerinin radiküler dentine bağlanma

dayanımlarını, dentin tübül penetrasyonlarını ve koronal mikrosızıntıyı etkileyeceğini düşündüğümüz için bu tabaka % 5.25'lik NaOCl ve % 17'lik EDTA kullanılarak uzaklaştırılmıştır.

Shokouhinejad ve diğerleri (2013), smear tabakasının biyoseramik esaslı Endosequence BC Sealer ve epoksi-rezin esaslı AH Plus kanal dolum materyallerinin, radiküler dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini itme (push-out) testi ile değerlendirmişlerdir. Dört deneysel grubun oluşturulduğu *in vitro* çalışmada 2 gruptaki kök örneklerine sadece % 5.25 konsantrasyonda NaOCl ile irrigasyon yapılarak smear tabakası kaldırılmamış, diğer 2 gruptaki kök örneklerine ise NaOCl irrigasyonu ardından % 17 konsantrasyonunda EDTA uygulanarak smear tabakası kaldırılmıştır. Yapılan bağlanma dayanımı testi sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, smear tabakasının kaldırılıp / kaldırılmamasının tüm deneysel gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olmadığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Yıldırım ve diğerleri (2010), bakteriyel infiltrasyon yöntemini kullanarak smear tabakasının MTA'nın örtücülük ve apikal mikrosızdırmazlık kapasitesine olan etkisini değerlendirdikleri çalışmada, smear tabakasının kaldırıldığı gruplarda belirgin derecede daha yüksek mikrosızıntı değerleri bulmuşlardır. Bunun nedeni olarak, MTA'nın hidrofilik yapısından dolayı sertleşmesi için suya ihtiyaç duyduğunu ve smear tabakasının kaldırılması ile ortamdaki nem oranının azalarak dentin tübüllerindeki nemin materyalin sertleşmesi için yeterli olmadığını, dolayısı ile materyalin sertleşmesini olumsuz yönde etkilediğini öne sürmüşlerdir.

Timpawat ve diğerleri (2001), smear tabakasının uzaklaştırılması ile apikal mikrosızıntı miktarının arttığını yapmış oldukları çalışmada rapor etmişlerdir.

Bunun sebebi olarak da; farklı şelasyon ajanlarının kullanılması, kök kanal dolgu materyallerinin kimyasal içerikleri, film kalınlığı, akışkanlık derecesi ve kanal dolum yöntemlerinin çeşitliliği olarak belirtmişlerdir. Ancak, smear tabakasının uzaklaştırılmasının, kanal dolgu materyallerinin dentin tübüllerine penetrasyonlarını ve buna bağlı olarak da kanal dolgusunun radiküler dentin duvarına adaptasyonlarını olumlu yönde etkilediğini rapor eden araştırmalar da literatürde mevcuttur.

Prado ve diğerleri (2014), çeşitli irrigasyon ajanlarının adezyon kuvveti üzerine etkilerini atomik kuvvet mikroskop inceleme yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Kanal dolum materyali olarak AH Plus ve Real Seal SE'nin kullanıldığı laboratuvar çalışmasında, smear tabakasının EDTA ile kaldırıldığı gruplarda istatistiksel olarak kullanılan patların radiküler dentin duvarına daha yüksek adezyon kuvveti değerleri gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırmacılara göre, smear tabakasının kaldırılması ile kök kanal patlarının ıslatabilirlik özelliklerini artırmakta ve daha homojen bir örtücülük sergileyerek yüksek bağlanma dayanımı ve düşük mikrosızıntı değerleri vermelerine neden olmaktadır.

Assis ve diğerleri (2011), yapmış oldukları benzer bir çalışmada, farklı irrigasyon ajanlarının kök kanal dolum materyallerinin radiküler dentin duvarına yapmış oldukları kontak açısı değerlerini Rame-Hart goniometre ile ölçmüşlerdir. Çalışmanın sonucunda klorheksidin ve final irrigasyon ajanı olarak EDTA'nın kullanılarak smear tabakasının kaldırıldığı deneysel gruplarda, kanal dolum patlarının daha düşük kontak açısı sergilediği, böylece kök kanal dentini ile daha yakın ilişkide olarak ıslanabilirliğin daha yüksek olduğunu göstermişlerdir.

Endodontik tedavide kullanılmak üzere içerikleri farklı çok sayıda kök kanal dolgu patı piyasada bulunmaktadır. Bunlar içeriklerine göre; çinko oksit öjenol içerikli patlar, kalsiyum hidroksit içerikli patlar, epoksi rezin içerikli patlar, cam iyonomer içerikli patlar, silikon içerikli patlar ve metakrilat içerikli patlar olarak sınıflandırılabilirler (Shokouhinejad ve diğerleri, 2013). AH Plus, epoksi rezin içerikli bir pat olup, düşük çözünürlüğe sahip olması, apikal örtücülük kapasitesinin, radyoopasitesinin, akışkanlığının ve boyutsal stabilitesinin iyi olması ve yüksek direnç gösterebilmesinden dolayı diğer patlara oranla daha fazla tercih edilmektedir (Carvalho-Junior ve diğerleri, 2007; Pinheiro ve diğerleri, 2009; Sousa-Neto ve diğerleri, 2002). AH Plus'ın çinko oksit, kalsiyum hidroksit ve cam iyonomer içerikli patlardan daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri verdiği rapor edilmiştir (Lee ve diğerleri, 2002; Tagger ve diğerleri, 2002). Aynı zamanda yapılan koronal ve apikal mikrosızıntı çalışmalarında, bu patın sızdırmazlık özelliğinin iyi sonuçlar verdiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (De Almeida ve diğerleri, 2000; De-Deus ve diğerleri, 2006). Tüm bu bilgilerin ışığında yapmış olduğumuz tez çalışmasında sızdırmazlık özelliği ve üstün biyolojik özellikleriyle epoksi rezin içerikli AH Plus kök kanal patını kullanmayı uygun gördük.

Endosequence BC Sealer, yeni geliştirilmiş bir kanal dolgu patı olup biyoseramik içeriktedir. Diğer kanal dolgu materyallerinden farklı olarak, önceden karıştırılmış, kullanıma hazır enjektabl formda olan bu pat, tek kullanımlık intrakanal uçları ile birlikte kullanılmaktadır. Hidrofilik yapısından dolayı nemden etkilenmemekte ve ortamdaki (smear tabakasındaki) nem aracılığı ile hidroksiapatit benzeri yapılar meydana getirerek sertleşmektedir. Mikropartikül yapısından ötürü kor materyaline ve radiküler dentine kimyasal

olarak bağlanabilmektedir. Oldukça biyouyumlu bir pat olan Endosequence BC Sealer, yüksek pH'sından dolayı antibakteriyel özelliktedir (Dawood ve diğerleri, 2017; Naser ve Al-Zaka, 2013; Topçuoğlu ve diğerleri, 2013). Literatürde bu materyalin radiküler dentine bağlanma kapasitesi ile koronal mikrosızdırmazlığının Calamus Flow Delivery System kullanılarak termoplastik enjeksiyon kanal dolum yöntemi ile değerlendirildiği çalışmalar sınırlıdır. Bu yüzden çalışmamızda Endosequence BC Sealer ve termoplastik enjeksiyon yöntemini, uzun yıllardır kullanılagelmiş konvansiyonel bir kanal dolgu patı olan AH Plus ve soğuk lateral kompaksiyon kanal dolgu yöntemi ile dentine adezyon ve koronal mikrosızdırmazlık yönünden karşılaştırdık.

Soğuk lateral kompaksiyon yöntemi, diş hekimliği pratiğinde en yaygın olarak kullanılan kanal dolgu yöntemidir (Budd ve diğerleri, 1991). Temel prensip; apikal daralım noktasından 0.5 - 1 mm koronalde olacak şekilde en ideal ana güta-perka konun yan bölgelerine spreader aracılığı ile yardımcı konların yerleştirilmesidir (Heredia ve diğerleri, 2007). Uygulanması kolay ve güvenilir bir yöntem olması nedeni ile birçok vakada kullanılan bu yöntem; güta-perka konların kontrollü bir şekilde yerleştirilmesi, taşkın kanal dolgusu yapma riskinin az olması, basit aletler gerektirmesi, maliyetinin ucuz olması, kanal söküm işleminin kolay yapılabilmesi, kanal duvarlarına adaptasyonun ve boyutsal stabilitesinin iyi olması gibi birçok avantaja sahiptir (Gopikrishna ve diğerleri, 2006; Peters ve diğerleri, 2010). Bahsedilen tüm bu nedenlerden dolayı, çalışmamızda karşılaştırma amaçlı soğuk lateral kompaksiyon yöntemini kullanmayı tercih ettik. Ancak, bu yöntemin diş kökünde mikroçatlak veya kırıklara, kök kanal sisteminin girintili çıkıntılı bölgelerinde eksik kanal dolgusuna, spreader kullanımına bağlı spreader izlerine, güta-perkaların

birbirleri ile tam olarak yapışmasına engel olabileceğini rapor eden çalışmalar da bulunmaktadır (Çelikten ve diğerleri, 2015; Naseri ve diğerleri, 2013; Ramaprabha ve Kandaswamy, 2011; Weller ve diğerleri, 1997; Whitworth, 2005).

Martins ve diğerleri (2011), 3 farklı kanal dolgu tekniğinin (soğuk lateral kompaksiyon, Tagger hibrit tekniği ve Termafil) kalitesini mikrokompüterize görüntüleme tekniği ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda tüm tekniklerde boşluk gözlenirken, özellikle Termafil grubunda çok sayıda taşkın kanal dolgusu görüntüleri elde edilmiştir. En iyi değerleri ise soğuk lateral kompaksiyon yöntemi vermiştir. Elde edilen bu veriler, çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Schäfer ve diğerleri (2012), aşırı eğimli kök kanallarında tek kon, soğuk lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon kanal dolgu yöntemlerinin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, kanal dolgu patı olarak AH Plus kullanmışlardır. Güta-perka ile doldurulmuş alan ve kanal içi boşluk yüzdelerini değerlendiren araştırmacılar, tek kon yönteminin kullanıldığı grupta düşük güta-perka ile doldurulmuş alan yüzdesi ve yüksek boşluk yüzdesi elde ederken, diğer gruplarda (özellikle soğuk lateral kompaksiyon grubunda) yüksek kanal dolum değerleri elde etmişlerdir. Ancak soğuk lateral kompaksiyon yönteminin etkin bir kanal dolgu yöntemi olmadığını savunan araştırmalar da literatürde mevcuttur.

Ho ve diğerleri (2016), farklı kanal dolgu yöntemlerini dijital görüntüleme teknikleri ile 3 boyutlu olarak değerlendirmişlerdir. Soğuk lateral kompaksiyon, ultrasonik lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon yöntemleri ile doldurulan kök örneklerinin her 2 mm segmentindeki güta-perka yoğunluğunun değerlendirildiği çalışmada, ultrasonik lateral kompaksiyon ve sıcak vertikal kompaksiyon yöntemlerinin kullanıldığı gruplarda daha yoğun kanal dolgusu

tespit edilmiştir. Araştırmacılara göre, soğuk lateral kompaksiyon yöntemi ile kök kanal sisteminin kompleks anatomik yapısı tam olarak doldurulamamakta ve konlar arası boşluk kalmakta, diğer yöntemler ile kök kanal boşluğunun girintili ve çıkıntılı alanları daha iyi replike edilebilmektedir.

Kök kanal sisteminin kompleks anatomik yapısını 3 boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulmasını sağlayan termoplastik enjeksiyon tekniği günümüz endodonti pratiğinde sıklıkla tercih edilmeye başlanmıştır (Aminsobhani ve diğerleri, 2015; Cathro ve Love, 2003; Gençoğlu ve diğerleri, 1993; Kytridou ve diğerleri, 1999; Venturi, 2006). Tekniğin çalışma prensibi; güta-perkanın ortalama 200 °C’de ısıtılarak yumuşatılması ve çeşitli tabancalar vasıtası ile kök kanal sistemine tek parça / parçalı olarak gönderilip tepiciler ile kondanse edilmesidir (Qu ve diğerleri, 2016; Skinner ve Himel, 1987). Ancak her teknikte olduğu gibi termoplastik enjeksiyon tekniğinde de, apikal kontrolün tam olarak sağlanamaması durumunda kanal dolgu materyalinin apikal foramenden taşırılması, ısıtılarak yumuşamış güta-perkanın kanal içerisinde vücut ısısına soğuması esnasında büzüşmeye uğraması ve kanal dolumunda boşlukların oluşması gibi birtakım dezavantajları bulunmaktadır (Gulabivala ve diğerleri, 1998; Lottanti ve diğerleri, 2014; Schilder ve diğerleri, 1985). Aynı zamanda birlikte kullanıldığı kanal dolum patlarını fiziksel/kimyasal olarak etkileyebilmekte, dolayısı ile radiküler dentine zayıf bağlanma dayanımı göstermelerine neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalarda, bu tekniğin soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile karşılaştırıldığında kök kanalının internal anatomisini daha iyi kopyaladığı, daha iyi radiküler dentin adaptasyonu gösterdiği, dolayısı ile daha homojen kanal dolumu sağladığı rapor edilmiştir

(Budd ve diğeri, 1991; Gençoğlu ve diğeri, 1993; Gupta ve diğeri, 2015; Yee ve diğeri, 1977).

Aminsobhani ve diğeri (2015), 4 farklı kanal dolgu yöntemini dijital görüntüleme yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Ni-Ti döner alet sistemi ile genişletilip şekillendirilen kök kanallarına kanal dolgu patı olarak AH Plus kullanılmış ve sonrasında kanal dolum kalitesi dijital radyografik sensor yardımı ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen görüntüler, aynı zamanda yapılan stereomikroskopik incelemeler doğrultusunda götü-perka ile doldurulmuş/doldurulmamış alan oranı hesaplanarak en iyi değerler sıcak yöntemlerin uygulandığı gruplarda elde edilirken en kötü değerler ise soğuk lateral kompaksiyon grubunda tespit edilmiştir.

Samson ve diğeri (2013), 120 adet çekilmiş tek köklü ve tek kanallı daimi üst anterior ve alt premolar dişe kök kanal tedavisi uygulamıştır. Üç farklı deneysel grubun oluşturulduğu çalışmada, kök örnekleri çinko oksit öjenol esaslı kanal dolgu patı ve 3 farklı kanal dolum tekniği ile doldurulmuştur (soğuk lateral kompaksiyon, obtura II ve Termafil). Kanal dolumu tamamlanan örnekler 2 hafta süre ile % 1'lik metilen mavisi solüsyonunda bekletilerek sonrasında stereofotometrik analiz ile incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, termoplastik enjeksiyon tekniği olan Obtura II ve Termafil gruplarında daha yoğun ve homojen kanal dolumları gözlenirken, soğuk lateral kompaksiyon grubunda çok sayıda eksik kanal dolumu yapılmış alan gözlemlenmiştir.

Ramaprabha ve Kandaswamy (2011), 30 adet çekilmiş tek köklü alt premolar dişleri her grupta 10 adet olacak şekilde 3 farklı deneysel gruba ayırmışlardır. Döner alet sistemi ile biyomekanik preparasyonları tamamlanan örnekler kanal dolumu öncesinde radiküler dentin hacminin hesaplanması için

helikal komputerize tomografi ile görüntülenerek değerlendirilmişlerdir. Soğuk lateral kompaksiyon, EQ Fil (termoplastik enjeksiyon tekniği-backfill) ve Termafil teknikleri ile doldurulan örnekler daha sonar tekrardan görüntülenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda termoplastik enjeksiyon tekniğinin kullanıldığı grupta en düşük doldurulmamış alan hacmi, en yüksek ise soğuk lateral kompaksiyon grubunda tespit edilmiştir.

Endodontide *in vitro* mikrosızıntı değerlendirme yöntemleri daimi ve/veya geçici restoratif materyallerin örtücülük özelliklerinin değerlendirilmesi, farklı kök kanal dolgu tekniklerinin/materyallerinin karşılaştırılması ve kanal doldurma işlemini etkileyen faktörleri saptamak amacı ile uygulanmaktadırlar (Verissimo ve Vale, 2006; Wu ve Wesselink, 1993). Çoğunlukla kullanılan yöntemler; sıvı filtrasyon yöntemi, radyoaktif izotop yöntemi, elektrokimyasal teknik, boya penetrasyon yöntemi ve bakteriyel sızıntı yöntemidir (Eldeniz ve Ørstavik, 2009; Haikel ve diğerleri, 1999; Karagenç ve diğerleri, 2006; Williamson ve diğerleri, 2009; Wu ve diğerleri, 2003). Yapılan mikrosızıntı çalışmalarında, boya penetrasyon yöntemi kolay uygulanabilmesi ve tekrarlanabilir olmasından dolayı en sık kullanılan yöntem olarak bilinmektedir (Camps ve Pashley, 2003). Ancak bu yöntemde örneklerin bozulması, sadece kesit alınan yüzeydeki sızıntının gözlenebilmesi ve kullanılan ajanın penetrasyon derinliğinin bilinmemesi gibi dezavantajlar bulunmaktadır (Derkson ve diğerleri, 1986). Oliver ve Abbott (2001), mikrosızıntı tespitinde ajan olarak boya kullanılmasının çok güvenilir bir metod olmadığını ve bu yöntemle yapılan çalışmaların tekrardan değerlendirilmeleri gerektiğini, bu tekniğin kullanılması ile klinik başarı arasında herhangi bir korelasyon bulunmadığını belirtmişlerdir.

Bakteriyel infiltrasyon yöntemi, klinik şartları ve biyolojik ortamı (oral mukoza) daha iyi taklit edebilmesi ve deney düzeneğine sürekli canlı bakteriler ilave edilerek daha uzun süreli takip etme olanağı sağlamasından dolayı en sık tercih edilen yöntem olarak bilinmektedir. Aynı zamanda birden fazla farklı bakteri suşlarının kullanılabilmesinden dolayı tedavinin başarısızlığına neden olan etkenin/etkenlerin daha kolay saptanabilmesine yardımcı olmaktadır (Timpawat ve diğerleri, 2001). Yapılan araştırmalarda, sızıntının değerlendirilmesinde ajan olarak bakteri kullanılması, boya penetrasyon yöntemi ile karşılaştırıldığında biyolojik şartları daha iyi yansıttığından dolayı daha güvenilir sonuçlar ortaya koyduğu rapor edilmiştir (Barthel ve diğerleri, 1999; Chailertvanitkul ve diğerleri, 1996; Emami ve diğerleri, 2015; Torabinejad ve diğerleri, 1990). Tüm bu nedenlerden dolayı çalışmamızda *in vitro* mikrosızıntı tespit yöntemi olarak klinik şartları daha iyi taklit edebilmesinden dolayı bakteri infiltrasyon yöntemini kullanmayı tercih ettik.

Enterococcus faecalis, sporsuz, fermantatif, fakültatif anaerop, gram pozitif bir streptokoktur. Ovoid şekilli olup 0.5 – 1 mm çaplı hücrelerdir. Genellikle tek başlarına, bazen çiftler halinde veya kısa zincirler halinde de hareketsiz olarak gözlenebilirler. İnsan oral florasının rutin bir parçası olup, karmaşık ve inatçı enfeksiyonlarda, diğer aerobik ve fakültatif anaerobik mikroorganizmalarla birlikte bulunabilirler. Yapılan çalışmalarda, başarısız endodontik tedavilerde kök kanallarından en sık izole edilen bakteri türleri olarak bilinmektedirler (Baumgartner ve Falkler, 1991; Öztan ve diğerleri, 2006; Rôças ve diğerleri, 2004; Sedgley ve diğerleri, 2005). Bu sebeplerden dolayı birçok araştırmada bakteriyel infiltrasyon tekniğinde en çok kullanılan mikroorganizmalardır (Brosco ve diğerleri, 2008; Fransen ve diğerleri, 2008; Mozini ve diğerleri, 2009; Shipper ve

diğerleri, 2004). Çalışmamızda, bakteriyel infiltrasyon tekniğinde kullanılmak üzere *E. faecalis* bakteri suşunu kullanmayı uygun gördük.

Çalışmamızda deneysel grupların dışında sadece bakteriyel infiltrasyon testinde kullanılmak üzere pozitif ve negatif kontrol grupları da oluşturulmuştur. Negatif kontrol grubu, hazırladığımız deney düzeneğinin bakteriyel sızıntı oluşumuna izin verip/vermediğinin kontrolünün sağlanması amacı ile kullanılmıştır. Bu grubu eklememizdeki amaç, deney düzeneğinden kaynaklanabilecek herhangi bir bakteri kontaminasyonunun, çalışmamızın sonuçlarını etkilememesidir. Bunun yanında, dış ortamdan kaynaklanabilecek bakteri kontaminasyonunu önlemek amacı ile tüm deney düzeneklerinin hazırlanması ve bakteri süspansiyonlarının düzeneklere inoküle edilmesi laminar flow cihazında gerçekleştirilmiştir. Pozitif kontrol grubunda ise herhangi bir kanal dolgu patı kullanılmadan, sadece kor materyali ile kök kanal dolumu gerçekleştirilmiştir. Bunu yapmamızdaki amaç ise, kök kanal tedavisinde sadece kor materyalinin yeterli olmadığını ve kullanılan kanal dolgu patlarının önemini ve etkinliğini vurgulamaktır.

Kaplan Meier sağkalım analizi, kullanılan diğer istatistiksel analiz yöntemlerine göre erken / geç dönemde oluşan bakteriyel sızıntı nedeniyle doğabilecek farklılıkları daha iyi yansıtmaktadır. Literatürde bu analiz yöntemini bakteriyel sızıntı çalışmalarındaki sonuçların değerlendirilmesi için kullanan birçok araştırmacı mevcuttur (Aminsobhani ve diğerleri, 2010; Eldeniz ve Ørstavik, 2009; Oliveira ve diğerleri, 2011; Pinheiro ve diğerleri, 2009; Zehnder ve diğerleri, 2007). Bu sebepten dolayı çalışmamızın ilk aşaması olan bakteriyel sızıntı testi verileri Kaplan Meier sağkalım analizi ile birlikte çoklu karşılaştırmalar Long-Rank testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Doksan günlük gözlem süreci sonunda, grup 1’de (AH Plus-soğuk lateral kompaksiyon) 15 örneğin 7’sinde, grup 2’de (Endosequence BC Sealer-soğuk lateral kompaksiyon) 15 örneğin 13’ünde, grup 3’te (AH Plus-termoplastik enjeksiyon) 15 örneğin 10’unda, grup 4’te (Endosequence BC Sealer-termoplastik enjeksiyon) ise 15 örneğin 14’ünde koronal bakteriyel sızıntı gerçekleşmiştir. Bu miktar oransal olarak grup 1’de % 46.7, grup 2’de % 86.7, grup 3’te % 71.4 ve grup 4’te % 93.3 olduğu hesaplanmıştır. Yapılan çoklu karşılaştırmalar sonucunda, gruplar arası rakamsal farklılıklar olmasına rağmen; grup 2 ile grup 3 ve grup 2 ile grup 4 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p > 0.05$). Buna karşın grup 1, tüm deneysel gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha düşük sızıntı değerleri vermiştir ($p < 0.05$).

Grup 1 (AH Plus-soğuk lateral kompaksiyon), diğer tüm deneysel gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde daha iyi koronal örtücülük göstermiştir ($p < 0.05$). Bu durumu epoksi rezin esaslı bir kanal dolum patı olan AH Plus’ın diepoksit ve poliamin komponentlerinin radiküler dentinde açığa çıkmış amino grupları ile reaksiyona girerek kovalent bağlar oluşturması ve kimyasal bağlanma ile rijit ve güçlü bir polimer ağ yapı gerçekleştirmesi olarak ileri sürebiliriz (Neelakantan ve diğerleri, 2015). Literatürde bu konu üzerinde yapılan bazı çalışmalar, çalışmamızdaki verileri desteklemektedir (Carvalho-Junior ve diğerleri, 2007; Kopper ve diğerleri, 2003; Saleh ve diğerleri, 2003; Timpawat ve diğerleri, 2001).

Oliveira ve diğerleri (2011), 8 farklı kök kanal dolgu patı kullanarak 130 adet çekilmiş tek köklü dişe endodontik tedavi uygulanmasının ardından sızdırmazlık yönünden etkinliklerini değerlendirmişlerdir. AH Plus, Sealer 26, Epiphany SE, Sealapex, Activ GP, Endofill ve 2 adet MTA esaslı pat olan Endo

CPM Sealer ile MTAS'ın kullanıldığı laboratuvar çalışmasında, sızıntı metodu olarak bakteriyel infiltrasyon tekniği ve referans bakteri olarak *E. faecalis* kullanılmıştır. Yüz yirmi günlük gözlem süresi boyunca, test düzenekleri incelenmiş ve bulanıklık gösteren örneklerde sızıntı olduğu rapor edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, tüm deneysel gruplarda sızıntı olduğu, ancak MTA esaslı kanal dolgu patlarının kullanıldığı deneysel gruplarda en fazla sızıntının gözlemlendiği rapor edilmiştir. En düşük değerleri ise istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde % 60 oranında AH Plus ve % 73.3 oranında Sealapex grupları sergilemiştir. Araştırmacılar, rezin esaslı olan bu 2 patın daha iyi örtücülük ve sızdırmazlık göstermelerinin nedeni olarak, akışkanlık ve boyutsal stabilitelerinin iyi olması, dolayısı ile radiküler dentin duvarını daha iyi kapattıklarını savunmuşlardır.

De-Deus ve diğerleri (2006), bakteriyel infiltrasyon yöntemini kullanarak Pulp Canal Sealer, EndoREZ, Sealapex ve AH Plus kanal dolum patlarının farklı kalınlıklarda sızdırmazlık etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmada, 82 adet çekilmiş tek köklü üst santral dişleri kullanmışlardır. İnce ve kalın olmak üzere 2 ana grubun oluşturulduğu çalışmada, 8 alt grup oluşturulmuştur. Seksen dört günlük deney süresinin sonunda ince tabaka halinde uygulanmış tüm grupların sızıntı verilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmezken, kalın tabaka uygulanan gruplarda en iyi sızdırmazlık değerini AH Plus grubu sergilemiştir. Araştırmacılar patların kalın bir tabaka halinde uygulanmasının yapılan tedavi üzerinde negatif etkiye neden olabileceğini bildirmişlerdir. Ancak, bu durum rezin esaslı patlar için geçerli olmamaktadır. Bu patlar zamanla kök kanal sistemi içerisinde hacimsel genişleme göstermekte ve sahip oldukları düşük çözünürlük özelliğinden dolayı karşılaştırılan diğer patlardan daha iyi performans

sergilemektedirler. Aynı zamanda yüksek antimikrobiyal aktiviteden dolayı bakterilerin azalmasına neden olmaktadır (Huang ve diğerleri, 2001; Schäfer ve Zandbiglari, 2003; Siqueira ve diğerleri, 2001; Wu ve diğerleri, 2002).

Dultra ve diğerleri (2006), Endofill, AH Plus, EndoREZ ve Epiphany patlarının apikal mikrosızdırmazlığa olan etkilerini boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Hint mürekkebine 7 gün süreyle batırılan kanal dolumu tamamlanmış örnekler, daha sonra metil salisilat ile temizlenip aydınlatılmışlardır. *Measuroscope* ile yapılan incelemeler sonucunda en yüksek boyanma Endofill grubunda, en düşük boyanma ise AH Plus grubunda gözlenmiştir. Bunun sebebi olarak AH Plus'ın iyi boyutsal stabilitesinden ve apikal örtücülük özelliğinden bahsetmişlerdir. Ancak, epoksi rezin esaslı kök kanal dolgu patlarının yüksek sızıntı değerleri verdiğini savunan araştırmalar da literatürde mevcuttur.

Eldeniz ve Ørstavik (2009), 5 adet yeni kanal dolgu patı ve 3 adet konvansiyonel patı kullanarak endodontik tedavisi tamamlanmış ancak koronalleri kapatılmamış dişlere *Streptococcus mutans*'ın penetrasyonunu ve kullanılan patların sızdırmazlık kapasitelerini bakteriyel sızıntı testi ile *in vitro* olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada grup 1 (AH Plus / güta-perka), grup 2 (Epiphany / Resilon), grup 3 (EndoREZ / rezin kaplı güta-perka), grup 4 (RC Sealer / güta-perka), grup 5 (Apexit / güta-perka), grup 6 (Acroseal / güta-perka), grup 7 (Roekoseal / güta-perka), grup 8 (GuttaFlow / güta-perka), grup 9 (pozitif kontrol) ve grup 10 (negatif kontrol) olmak üzere 10 ayrı grup oluşturulmuştur. Torabinejad ve diğerleri (1990)'nin geliştirmiş olduğu 2 odacıktan oluşan modifiye bakteriyel sızıntı testi düzeneğini kullanan araştırmacılar, 40 günlük deney süresi boyunca düzeneklerde bulanıklık olup/olmadığını gözlemlemiş ve

bulanıklık gösteren örneklerde sızıntı olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda yeni geliştirilmiş kanal dolgu patları olan Epiphany, GuttaFlow ve Apexit gruplarında daha az bakteriyel sızıntı tespit edilirken, AH Plus, RC Sealer, Roekoseal ve EndoRez gruplarında daha fazla sızıntı değerleri elde edilmiştir. AH Plus gruplarındaki örneklerin 13 gün içerisinde sızıntı gösterdiği ve bunun nedeninin patın sertleşmesi esnasında büzülme gösterdiğini aynı zamanda da sertleştikten sonra antimikrobiyal etkinliğinin kaybolduğunu belirtmişlerdir (Ørstavik ve diğerleri, 2001; Pizzo ve diğerleri, 2006). Yapılan çalışmanın, çalışmamızda elde ettiğimiz verilerden farklı değerler elde edilmesini, çalışmada tek kon tekniğinin kullanıldığı, dolayısı ile kök kanalının internal anatomisinin tek 1 güta-perka konu ile tam olarak doldurulmadığı yönünde açıklayabiliriz.

Yücel ve diğerleri (2006), soğuk lateral kompaksiyon kanal dolum tekniğini kullanarak 4 farklı kanal dolgu patının (AH 26, AH Plus, Sealapex ve Ketac-Endo) bakteriyel sızıntıya olan etkinliklerini karşılaştırdığı çalışmada, AH Plus grubunda % 85 oranında penetrasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar 4. günden itibaren AH Plus örneklerinde sızdırmanın başladığını ve 14. günden sonra artma göstererek antibakteriyel etkinliğinde azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Grup 2 (Endosequence BC Sealer-soğuk lateral kompaksiyon) diğer tüm deneysel gruplar arasında en yüksek 2. sızıntı değerlerini vermiştir. Bu duruma Endosequence BC Sealer kanal dolgu patı ile konvansiyonel güta-perkanın kullanılması sonucu pat-kor materyalleri arasında eksik adeziv bağlantı oluştuğunu ve radiküler dentinden ayrışmalara sebep olarak kanal dolumunda boşlukların meydana gelmesini öne sürebiliriz (Madhuri ve diğerleri, 2016). Biyoseramik kon, Activ GP veya C-Point kullanımı kalsiyum silikat esaslı patların

radyal olarak itilmesine ve kök kanal sisteminin tüm duvarlarına daha yakın adapte olmasına neden olmaktadır. Bahsedilen kor materyalleri kalsiyum silikat esaslı kanal dolgu patlarının uzun sertleşme süresi ile lateral yönde genleşme göstermekte ve radiküler dentin duvarı ile daha etkin bir bağlantı oluşumu sağlamaktadır (Mobarak ve diğerleri, 2015; Pawar ve diğerleri, 2016). Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara paralellik göstermeyen ve Endosequence BC Sealer'ın biyoseramik kon, Activ GP veya C-Point ile kullanılmasının daha iyi sonuçlar verdiğini ve mikrosızıntıyı azalttığını savunan araştırmalar literatürde mevcuttur (Hedge ve Arora, 2015a; Hedge ve Arora, 2015b).

Al-Zaka ve diğerleri (2013), farklı irrigasyon ajanlarının Endosequence BC Sealer ve AH Plus materyallerinin sızdırmazlık özelliklerine olan etkilerini boya penetrasyon testi ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada boya ajanı olarak % 2'lik metilen mavisi kullanılmış, incelemeler stereomikroskop ile gerçekleştirilmiştir. EDTA, MTAD ve Klorheksidin (CHX) irrigasyon ajanlarının kullanıldığı çalışmada en düşük sızıntı değerlerini Endosequence BC Sealer ve CHX grubu vermiştir. Araştırmacılar, bu grubun düşük sızıntı değerleri sergilemesinin klorheksidinin radiküler dentinin yüzey enerjisini artırarak yüksek ıslatılabilirlik özelliğine sahip olmasını öne sürmüşlerdir. En yüksek sızıntı değerlerini ise Endosequence BC Sealer ve EDTA grubu vermiştir. Bunu smear tabakasının uzaklaştırılması sonucu ortamdaki nem oranının azalması ve patın sertleşebilmesi için ihtiyaç duyduğu nemin ortadan kaldırılması olarak açıklamışlardır. Üretici firma talimatları doğrultusunda hidrofilik karakterde olan bu pat nem aracılığı ile polimerize olmakta ve hidrasyon reaksiyonu sonucu hidroksiapatit benzeri çökeltiler meydana getirerek radiküler dentine kimyasal olarak bağlanmaktadır. Smear tabakası kaldırıldığında açığa çıkan dentin

tübüllerindeki nem oranı patın sertleşmesi için yeterli olmamakta ve eksik adaptasyon oluşumuna neden olabilmektedir (Dawood ve diğerleri, 2017; Shokouhinejad ve diğerleri, 2012).

Borges ve diğerleri (2012), iRoot SP (güncel formu Endosequence BC Sealer), MTA Fillapex, Sealapex ve MTA-Angelus materyallerini atomik absorbsiyon spektrofotometri analiz yöntemi ile çözünürlük ve sızıntı etkinlikleri yönünden incelemiş ve konvansiyonel epoksi rezin esaslı bir kanal dolum patı olan AH Plus ile karşılaştırmışlardır. Sertleşmesi için suya ihtiyaç duyan kalsiyum silikat esaslı iRoot SP, çalışmanın sonucunda yüksek çözünürlük, dolayısı ile sızıntı değerleri vermiştir. Araştırmacılar, hidrasyon reaksiyonu ile polimerize olan bu materyalin, kalsiyum silikat hidrojel ve kalsiyum hidroksit komponentlerine ayrışması sonucunda aktif Ca^{++} iyonları salınımı yapması ve mikropartikül yapısından dolayı akışkanlığının artması, dolayısı ile çözünürlüğünün artışına neden olabileceğini öne sürmüşlerdir. Ancak aktif iyon salımı yapmasının oldukça güçlü antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Zhang ve diğerleri (2009), sıvı filtrasyon yöntemini kullanarak kalsiyum silikat esaslı bir pat olan iRoot SP'nin apikal sızdırmazlık kapasitesini AH Plus ile karşılaştırmışlardır. Totalde 68 çekilmiş tek köklü keser diş üzerinde gerçekleştirilen çalışmada her grupta 20 diş olacak şekilde 3 ana gruba farklı kanal dolgu teknikleri ile (grup A: iRoot SP/devamlı ısı tekniği, grup B: iRoot SP/tek kon tekniği, grup C: AH Plus/devamlı ısı tekniği) kök kanal tedavisi uygulanmıştır. Yapılan sıvı filtrasyon testi ve SEM analizinde kalsiyum silikat esaslı patın rezin esaslı pattan daha yüksek apikal sızıntı değerleri verdiği her 2

grupta da tespit edilmiş, ancak tüm deneysel gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Grup 3 (AH Plus-termoplastik enjeksiyon), diğer deneysel gruplarla karşılaştırıldığında 2. düşük sızıntı değerleri sergilemiştir. Bu durumu AH Plus'ın sıcak kanal dolgu tekniklerine karşı daha dayanıklı olduğunu ve uygulanan ısının materyalin sertleşme süresinde ve radiküler dentin duvarlarına bağlanma kalitesinde herhangi bir değişikliğe neden olmadığı yönünde açıklayabiliriz (Aminsobhani ve diğerleri, 2015). Ancak bu grubun istatistiksel olarak grup 1 (AH Plus – soğuk lateral kompaksiyon)'den daha yüksek sızıntı değerleri vermesini, ısıtılarak yumuşatılmış gütaperkanın vücut ısısına soğuması ile bir miktar büzülme göstererek kanal dolumunda yer yer boşluk formasyonuna, dolayısı ile grup 1'den daha fazla mikrosızıntı göstermesine neden olduğunu söyleyebiliriz (Lottanti ve diğerleri, 2014; Yared ve Bou, 1996). AH Plus'ın göstermiş olduğu üstün fiziksel özelliklerden dolayı da bu durum kompanse edilerek Endosequence BC Sealer gruplarından daha iyi değerler elde edilmiştir.

Yücel ve Çiftçi (2006), 5 farklı kanal dolgu tekniğini bakteriyel sızıntı tekniğini kullanarak karşılaştırdıkları çalışmada, kanal dolgu patı olarak AH Plus'ı tercih etmişlerdir. Toplamda 120 çekilmiş tek köklü diş kullanan araştırmacılar, 7 farklı deneysel grup oluşturmuşlardır (2 kontrol – 2 deneysel). Bakteri türü olarak *E. faecalis*'in kullanıldığı çalışmada dişler 60 günlük süre ile sızıntı testine tabi tutulmuştur. Yapılan istatistiksel incelemeler sonucunda tüm gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı, ancak en düşük sızıntı değerlerini soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin uygulandığı grupta, termoplastik enjeksiyon tekniği ile tek kon tekniğinin uygulandığı gruplarda ise karşılaştırılan

diğer deneysel gruplara oranla daha fazla bakteri penetrasyonu gerçekleştiği rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumun sebebi olarak, termoplastik enjeksiyon tekniği ile ilgili, güta-perkanın zamanla soğumaya bağlı büzüşme gösterdiğini öne sürmüşlerdir (LaCombe ve diğerleri, 1988). Elde edilen bu bulgular, yaptığımız çalışma ile paralellik göstermektedir. Ancak termoplastik sıcak dolgu tekniklerinin soğuk lateral kompaksiyon tekniğine oranla kök kanal anatomisinin kompleks yapısına daha iyi adapte olarak daha yüksek örtücülük gösterdiği, dolayısı ile daha düşük mikrosızıntı değerleri sergilediği çalışmalar da literatürde bulunmaktadır (Beatty ve diğerleri, 1989; Budd ve diğerleri, 1991; Gençoglu ve diğerleri, 1993; Jacobson ve diğerleri, 2002; Yee ve diğerleri, 1977).

Gilbert ve diğerleri (2001), 3 farklı kanal dolgu tekniğini, 2 farklı *in vitro* mikrosızıntı yöntemi ile, aynı zamanda smear tabakasını uzaklaştırarak değerlendirmişlerdir. Soğuk lateral kompaksiyon, vertikal kompaksiyon ve termoplastik enjeksiyon yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, bakteriyel infiltrasyon ve boya penetrasyon yöntemleri kullanılmıştır. İki aşamalı gerçekleştirilen çalışmanın ilk aşamasında deneysel gruplar 90 günlük süre ile *Proteus vulgaris* bakteri suşunun kullanıldığı bakteriyel infiltrasyon testine, 2. aşamada ise 21 günlük süre ile boya penetrasyon testine tabi tutulmuştur. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda en fazla mikrosızıntıyı soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin kullanıldığı grup sergilemiştir. Sıcak tekniklerde uygulanan koronal kompaksiyon sonrasında güta-perkanın daha homojen ve sıkı bir şekilde radiküler dentine adapte olduğu araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Soğuk lateral kompaksiyon tekniğinde, vertikal kompaksiyon uygulanmaması, sadece ısıtılmış bir alet ile

güta-perkanın fazla kısımlarının kesilip uzaklaştırılması daha yüksek sızıntının olmasına olanak vermektedir.

Gopikrishna ve Parameswaren (2006), soğuk lateral kompaksiyon, SimpliFill, Termafil ve sıcak vertikal kompaksiyon tekniklerinin koronal örtücülük kapasitelerini rodamin B floresan boyasının kullanıldığı boya penetrasyon yöntemi ile değerlendirdikleri çalışmada, kök kanal dolgu patı olarak epoksi rezin esaslı Topseal ve analiz metodu olarak floresan ışık mikroskobu kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda en yüksek boyanma soğuk lateral kompaksiyon grubunda gözlemlenmiştir. Bu teknik ile kullanılan kanal dolgu patının tüm duvarlara eşit olarak dağılmaması ve kök kanal sisteminin girintili / çıkıntılı bölgelerini tam olarak dolduramaması dolayısı ile yüksek sızıntı değerlerinin ortaya çıkması, araştırmacılarca öne sürülmüştür. Yapılan çalışmada, çalışmamızdan farklı değerler elde edilmesini, farklı diş grubunun ve farklı preparasyon tekniğinin kullanılmasına bağlayabiliriz.

Grup 4 (Endosequence BC Sealer-termoplastik enjeksiyon) tüm deneysel gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde en yüksek sızıntı değerlerini göstermiştir. Bu durumu, Endosequence BC Sealer'ın uygulanan ısı neticesi ile polimerizasyon hızının artması, dolayısı ile erken sertleşmeden dolayı akışkanlığının azalmasına bağlayabiliriz (Kaya ve diğerleri, 2008). Isı, kalsiyum silikat esaslı materyallerde hidrasyon ve hidroksiapatit formasyon reaksiyonlarında katalizör etkisi oluşturmakta ve sürelerini kısaltmaktadır (Camilleri, 2015; Qu ve diğerleri, 2016).

Kök kanal tedavisinde kullanılan kanal dolgu patlarının sahip olması gereken başlıca önemli özelliklerinden biri sertleşme süresi sonunda iyi bir örtücülük göstermesi ve radiküler dentin duvarı ile kor materyali arasında yeterli

bağlanma sağlayarak hem statik hem de dinamik durumlarda ilgili dişin ömrünü uzatmaktır (Huffman ve diğerleri, 2009). Statik durumda, kanal duvarlarına iyi bir adaptasyon göstererek boşluk oluşumunu azaltmalı, böylece bakteri veya sıvıların geçişini engellemelidir (Ørstavik ve diğerleri, 1983). Dinamik durumda ise, operatif işlemler sırasında ilgili dişin direncini artırmalıdır (Üngör ve diğerleri, 2006).

Kök kanal dolgu patları/tekniklerinin radiküler dentine bağlanma dayanımları geliştirilen çeşitli dentin adezyon testleri ile belirlenebilmektedir. Ancak günümüzde hangi testin daha etkili olduğu konusunda fikir birliği kurulamamıştır (Gogos ve diğerleri, 2004). Push-out itme testi, klinik koşullarda ortaya çıkan stresi daha iyi taklit edebilmesi, mikrogerilim ve makaslama testlerine oranla daha doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi ile günümüzde araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Aynı zamanda bu testin hazırlanan örnekler arasındaki ufak farklılıklardan kaynaklanan stres dağılımındaki varyasyonlara karşı daha az hassas olması, örneklerin hazırlanmasının kolay olması ve bağlanma dayanımı düşük olsa bile ölçümlerin yapılabilmesi gibi avantajları da bulunmaktadır (DeLong ve diğerleri, 2015; Nagas ve diğerleri, 2014). Tüm bu bilgiler ışığında, çalışmamızda bağlanma dayanımı testi olarak kök örneklerinin 3 segmentinden de (koronal – orta – apikal) elde ettiğimiz disklere push-out itme testini kullanmayı uygun gördük.

Çalışmamızın genel sonuçlarına göre, tüm deneysel gruplar ölçülebilir derecede bağlanma dayanımı verileri sergilemiştir. Ancak, ilginç bir şekilde kalsiyum silikat esaslı kanal patının olduğu gruplar, epoksi rezin esaslı patın kullanıldığı gruplara göre oldukça düşük bağlanma dayanımı göstermiştir. En yüksek bağlanma dayanımı verileri istatistiksel olarak anlamlı olacak derecede

grup 1 (AH Plus-soğuk lateral kompaksiyon) örneklerinde ($p < 0.001$), en düşük ise grup 4 (Endosequence BC Sealer-termoplastik enjeksiyon) örneklerinde tespit edilmiştir. Ancak, her 2 Endosequence BC Sealer'ın kullanıldığı grupta istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.001$).

Grup 1 (AH Plus-soğuk lateral kompaksiyon) örneklerinin yüksek bağlanma dayanımı değerleri vermesini, AH Plus'ın üstün biyolojik ve fiziksel özelliklerinden kaynaklı olduğunu öne sürebiliriz. Bu materyalin radiküler dentin ile kimyasal bağ yapabilme kapasitesinde olması, aynı zamanda sertleşme sırasında düşük büzülme göstermesi, uzun polimerizasyon süresinin olması, akışkanlık kapasitesinden dolayı (*creep capacity*) kök kanal sisteminin düzensiz yapısına adaptasyonunun ve boyutsal stabilitesinin iyi olmasından dolayı dentine yüksek değerlerle bağlanabildiği düşünülmektedir (Flores ve diğerleri, 2011). Literatürde elde ettiğimiz veriler ile paralellik gösteren çalışmalar mevcuttur (Brito-Junior ve diğerleri, 2015; Gade ve diğerleri, 2015; Lee ve diğerleri, 2002; Tagger ve diğerleri, 2002; Üngör ve diğerleri, 2006; Vilas-Boas ve diğerleri, 2017). Aynı zamanda, smear tabakasının uzaklaştırılması, radiküler dentinin yüzey enerjisini artırarak ıslanabilirliği artmakta, böylece hidrofobik karakterde olan AH Plus'ın açığa çıkan dentin tübüllerine daha iyi penetre olabilmesini ve rezin uzantıları (*resin tags*) oluşturarak mikromekanik kilitlenme yapabilmesi de elde ettiğimiz SEM görüntüleriyle desteklenerek yüksek bağlanma dayanımı değerleri oluşturduğunu düşünmekteyiz (Pecora ve diğerleri, 2000; Sayın ve diğerleri, 2007). Smear tabakasının uzaklaştırılmasının epoksi rezin esaslı kanal dolgu patlarının bağlanma dayanımlarına olan pozitif etkisini değerlendiren birçok araştırma bulunmaktadır (Fisher ve diğerleri, 2007;

Neelakantan ve diğerleri, 2015; Nunes ve diğerleri, 2008; Özkoçak ve Sonat, 2015; Prado ve diğerleri, 2014; Sousa-Neto ve diğerleri, 2005).

Kaya ve diğerleri (2008), soğuk lateral kompaksiyon ve kombine sıcak vertikal kompaksiyon yöntemlerini kullanarak güta-perka/resilon kor materyalleri, AH Plus/Ketac-Endo/Epiphany kanal dolgu patı kullanılarak yapılan farklı kombinasyonlarla toplamda 12 adet deneysel grubun mikro push-out itme yöntemi ile kök dentinine bağlanmasını değerlendirdikleri çalışmada, güta-perka / AH Plus / soğuk lateral kompaksiyon ve güta-perka / Ketac-Endo / soğuk lateral kompaksiyon kombinasyonunun olduğu örneklerde en yüksek bağlanma dayanımı verileri elde etmişlerdir. Sıcak yöntemle yapılan kanal dolumlarında patların göstermiş olduğu azalmış sertleşme süresinden dolayı düşük bağlanma dayanımı gösterdikleri rapor edilmiştir.

Naser ve Al-Zaka (2013), 4 farklı kanal dolgu patının dentine bağlanma dayanımını ve kopma tiplerini push-out itme testi ile değerlendirdikleri çalışmada, tüm deneysel gruplara tek kon tekniğini kullanarak AH Plus / güta-perka, Activ GP cam iyonomer patı / Activ GP, biyoseramik patı / bioseramik kon ve GuttaFlow 2 / güta-perka kombinasyonlarını kullanmışlardır. Her kök örneğinin 3 segmentinden de koronal, orta ve apikal olmak üzere disk şeklinde kesitler elde eden araştırmacılar, Universal test cihazını kullanarak kafa hızı 0.5 mm / dakika olacak şekilde itme kuvveti uygulamışlar ve kopma değerlerini ölçmüşlerdir. Kopma tipleri ise yapılan stereomikroskopik incelemeler sonucu tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucu elde edilen veriler doğrultusunda en yüksek bağlanma dayanımı verileri (tüm segmentlerde) AH plus grubunda bulunmuştur. Araştırmacılar bu durumu AH Plus'ın kök dentini

ile kovalent bağlarla kimyasal olarak bağlanmasından ve üstün fiziksel / kimyasal özelliklerinden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

Eldeniz ve diğerleri (2005), 3 farklı rezin esaslı kanal dolgu patının smear tabakası varlığında/yokluğunda radiküler dentine bağlanma dayanımlarını makaslama testi ile değerlendirmişlerdir. Doksan adet çekilmiş üçüncü molar dişin araştırmacılar tarafından ön hazırlıkları tamamlandıktan sonra Diaket, AH Plus ve EndoREZ patları örneklerle uygulanmıştır. Universal test cihazının 0.5 mm/dakika kafa hızında kullanıldığı çalışmada, yapılan istatistiksel analiz sonucunda en yüksek bağlanma dayanımı verilerini smear tabakasının etkisi düşünülmeden AH Plus sergilemiştir. Ancak, smear tabakasının uzaklaştırılması AH Plus'ta istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha yüksek bağlanma dayanımı verileri çıkmasını sağlamıştır. Araştırmacılar, smear tabakasının kaldırılması ile birlikte dentin duvarında daha pürüzlü bir yüzeyin meydana getirildiği, dolayısı ile mikromekanik retansiyon için daha elverişli alanların oluşturulduğunu yapmış oldukları SEM analizi ile göstermişlerdir.

Grup 2 (Endosequence BC Sealer-soğuk lateral kompaksiyon) en düşük ikinci bağlanma dayanımı verileri göstermiştir. Bunun sebebi olarak, bakteriyel infiltrasyon testinde görüldüğü gibi konvansiyonel güta-perka kullanımına bağlı kanal dolumunun kök duvarından ayrılmasını öne sürebiliriz. Yapılan çalışmalarda bu patın özellikle C-Point veya Activ GP ile kullanılmasının daha yüksek bağlanma dayanımı verileri verebileceği gösterilmiştir (Ghoneim ve diğerleri, 2011; Pawar ve diğerleri, 2015). Aynı zamanda smear tabakasının kaldırılması ile radiküler dentin nem oranının azaltılması, sertleşme reaksiyonları için suya ihtiyaç duyan kalsiyum silikat esaslı patların adezyonlarını negatif yönde etkilemektedir (Shokouhinejad ve diğerleri, 2012). Bu durum yapmış

olduğumuz SEM analizi ile de desteklenmekte ve her 2 Endosequence BC grubunda da radiküler dentin duvarlarına herhangi bir uzantı oluşumu görülmemektedir. Smear tabakasının uzaklaştırılmasının bu patlarda oluşturduğu olumsuz etki ve düşük bağlanma dayanımı verileri yapılan diğer çalışmalarla, elde ettiğimiz bulgular ile paralellik göstermektedir (Carvalho ve diğerleri, 2017; Razmi ve diğerleri, 2016; Sağsen ve diğerleri, 2011).

Grup 3 (AH Plus-termoplastik enjeksiyon tekniği), en yüksek ikinci bağlanma dayanımı verileri sergilemiş, grup 4 (Endosequence BC Sealer-termoplastik enjeksiyon tekniği)'e oranla istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde radiküler dentine daha güçlü adezyon göstermiştir. Bu durumu, AH Plus'ın üstün biyolojik ve fiziksel özelliklerinin yanında ısı uygulamasına karşı Endosequence BC Sealer'dan daha dayanıklı olduğu ve ısı artışı ile kalsiyum silikat esaslı patların erken sertleşme gösterdiklerinden akışkanlıklarının azalması olarak açıklayabiliriz (DeLong ve diğerleri, 2015). Bununla birlikte, smear tabakasının kaldırılması ile birlikte açığa çıkan dentin tübüllerinin kalsiyum silikat esaslı patlar için stres artırıcı rol oynadığı ve pat-dentin arası adeziv birleşmede problem oluşturduğu Carvalho ve diğerleri (2017) tarafından yaptıkları çalışma ile öne sürülmüştür.

Çalışmamızın push-out itme testi kısmında aynı zamanda kök üçlüsünün bağlanma dayanımı üzerine etkisini de değerlendirdik. Tüm deneysel gruplarda bağlanma dayanımı verileri korondan – apikale doğru azalma sergilemiştir. Bunun nedeni, kök kanal sisteminin koronal bölgesinde daha kompleks bir tübüler yapının (yüksek tübüler yoğunluk / çap) olduğu, dolayısı ile kanal dolgu patının bağlanabileceği yüzey alanının da fazla olması yönünde açıklama

yapabiliriz. Yapılan çalışmalar, elde ettiğimiz bulgular ile paralellik göstermektedir (Carneiro ve diğerleri, 2012; Nagas ve diğerleri, 2014).

Bakteriyel infiltrasyon ve push-out itme testi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde kanal dolgu maddelerinin/tekniklerinin bağlanma dayanımı ve sızdırmazlık değerleri arasında tüm deneysel gruplar arasında negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bu durumu, sızıntı miktarının artmasının, bağlanma dayanımının azalmasına neden olabileceği yönünde açıklayabiliriz.

Bu tez çalışmasındaki örneklerin, ağızda meydana gelebilecek ısı değişimlerini *in vitro* olarak taklit eden termal sıklusa tabi tutulmaması çalışmamızın bir limitasyonu olarak düşünülebilir. Birçok araştırmacı, çalışmalarında ağız ortamını yansıtmak amacı ile termal siklus, örneklerle 55 ± 2 °C ve 5 ± 2 °C ısı değişim aralığında uygulamıştır (Cruz ve diğerleri, 2002; Kazemi ve diğerleri, 1994; Tamse ve diğerleri, 1998; Zmener ve diğerleri, 2004). Aynı zamanda push-out itme testinde stereomikroskop ile kopma tiplerinin belirlenmemesi, çalışmamızın bir diğer limitasyonu olarak düşünülebilir. Bu nedenle, ilerideki araştırmalarda bu çalışmada test edilen parametrelerin ağız koşullarını simüle edilerek, aynı zamanda adezyonun daha detaylı olarak değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, 2 bölüm halinde planlanmıştır. Birinci bölüm, Endosequence BC Sealer ile AH Plus kanal dolgu patlarının, termoplastik enjeksiyon yöntemi ile soğuk lateral kompaksiyon yöntemlerinin koronal mikrosızıntıya olan etkilerini bakteriyel infiltrasyon testi ile karşılaştırılması, ikinci bölüm ise yine aynı materyal ve tekniklerin radiküler dentine olan adezyonlarının itme testi yöntemi ve adaptasyonlarının SEM ile değerlendirilmesidir. Elde edilen veriler sonrasında, aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır;

1. Çalışmada kullanılan kanal dolgu yöntemleri ve materyallerinin hiçbiri 90 günlük gözlem süresi sonunda, koronal sızıntıyı tam olarak engelleyememiştir. Ancak, kök kanal patı olarak AH Plus ve kanal dolgu yöntemi olarak soğuk lateral kompaksiyon yöntemi, hem birlikte hem de birbirinden bağımsız değerlendirildiğinde anlamlı derecede en iyi sızdırmazlık ve bağlanma dayanımı değerlerini vermiştir.
2. Endosequence BC Sealer/güta-perka/termoplastik enjeksiyon yönteminin uygulandığı grup, konvansiyonel kanal patları ve tekniklerine göre daha başarısız bulunmuş ve en düşük koronal mikrosızıntı ile bağlanma dayanımı değerlerini vermiştir. Ancak Endosequence BC Sealer'ın kullanıldığı her 2 grupta da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.
3. Tüm grupların hepsi göz önüne alındığında, sızıntı ve bağlanma değerleri arasında negatif yönde güçlü bir ilişki bulunmuştur. Radiküler dentin adezyonu düşük olan kanal dolgu patı ile tekniğinin, apikal sızıntıyı artırabileceği düşünülmektedir.

4. AH Plus'ın her iki kanal dolgu yönteminde de daha üstün olduğu, sıcak tekniklerle de kalsiyum silikat esaslı patlara oranla rahatlıkla kullanılabileceği ancak sıcak tekniklerin bu pat ile kullanılmasının herhangi bir ekstra olumlu etkiye neden olmadığı düşünülmektedir.

Elde edilen tüm veriler doğrultusunda, endodontik tedavinin başlıca başarısızlık nedenlerinden olan mikrosızıntıyı tamamen önleyebilmek için, kök kanal sistemini üç boyutlu olarak örtüleyebilecek dolgu materyalinin / tekniğinin geliştirilmesi yönünde araştırmalara ve çalışmalara devam edilmesi, aynı zamanda, klinik uygulamalarda materyal ve yöntem seçiminde adezyon özelliğinin de göz önünde bulundurulması gerektiğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

- Adanır, N., Çobankara, F. K. ve Belli, S. (2006). Sealing properties of different resin-based root canal sealers. *Journal of Biomedical Materials Research*, 77(1), 1–4.
- Ahlberg, K. M. F., Assavanop, P. ve Tay, W. M. (1995). A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. *International Endodontic Journal*, 28(1), 30–34.
- Ahlquist, M., Henningsson, O., Hultenby, K. ve Ohlin, J. (2001). The effectiveness of manual and rotary techniques in the cleaning of root canals: A scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*, 34(7), 533–537.
- Alaçam, T. (2012). *Endodonti* (1. bs). Özyurt Matbaacılık, Ankara.
- Al-Afifi, N. A., Abdullah, M., Al-Amery, S. M. ve Abdulmunem, M. (2016). Comparison between gutta-percha and resin-coated gutta-percha using different obturation techniques. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 14(3), e307–e313.
- Alani, A. H. ve Toh, C. G. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Operative Dentistry*, 22(4), 173-185.
- Al-Dohan, H. M., Yaman, P., Dennison, J. B., Razzoog, M. E. ve Lang, B. R. (2004). Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(4), 349–355.
- Allan, N. A., Walton, R. C. ve Schaeffer, M. A. (2001). Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. *Journal of Endodontics*, 27(6), 421–423.

- Almeida, J. F. A., Gomes, B. P. F. A., Ferraz, C. C. R., Souza-Filho, F. J. ve Zaia, A. A. (2007). Filling of artificial lateral canals and microleakage and flow of five endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 40(9), 692–699.
- Al-zaka, I. M., Atta-Allah, A., Al-Gharrawi, H. A. ve Mehdi, J. A. (2013). The effect of different root canal irrigants on the sealing ability of Bioceramic sealer . *Malaysian Dental Journal*, 10(1), 1–7.
- Aminsobhani, M., Ghorbanzadeh, A., Bolhari, B., Shokouhinejad, N., Ghabraei, S., Assadian, H. ve Aligholi, M. (2010). Coronal microleakage in root canals obturated with lateral compaction, warm vertical compaction and guttaflow system. *Iranian Endodontic Journal*, 5(2), 83–87.
- Aminsobhani, M., Ghorbanzadeh, A., Sharifian, M. R., Namjou, S. ve Kharazifard, M. J. (2015). Comparison of obturation quality in modified continuous wave compaction, continuous wave compaction, lateral compaction and warm vertical compaction techniques. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 12(2), 99–108.
- Armani, D. K. ve Liu, C. (2000). Microfabrication technology for polycaprolactone, a biodegradable polymer. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 10(1), 80–84.
- Assis, D. F., Prado, M. ve Simão, R. A. (2011). Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. *Journal of Endodontics*, 37(11), 1550–1552.

- Athanassiadis, B. A., George, G. A., Abbott, P. V. ve Wash, L. J. (2015). A review of the effects of formaldehyde release from endodontic materials. *International Endodontic Journal*, 48(9), 829–838.
- Ayaz, F., Tağtekin, D. ve Funda, Y. (2011). Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, (4), 49–56.
- Ayyıldız, S., Uyar, U. ve Yüzügüllü, B. (2009). Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı ve İnceleme Yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 19(3), 219–226.
- Bailon-Sanchez, M. E., Gonzalez-Castillo, S., Gonzalez-Rodriguez, M. P., Poyatos-Martinez, R. ve Ferrer-Luque, C. M. (2011). Intraorifice sealing ability of different materials in endodontically treated teeth. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, 16(1), e105–e109.
- Baldea, B., Furtos, G., Antal, M., Nagy, K., Popescu, D. ve Nica, L. (2013). Push-out bond strength and SEM analysis of two self-adhesive resin cements: An in vitro study. *Journal of Dental Sciences*, 8(3), 296–305.
- Barthel, C. R., Moshonov, J., Shuping, G. ve Ørstavik, D. (1999). Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *International Endodontic Journal*, 32(5), 370–375.
- Başer Can, E. D., Keleş, A. ve Aslan, B. (2017). Micro-CT evaluation of the quality of root fillings when using three root filling systems. *International Endodontic Journal*, 50(5), 499–505.

- Baumgartner, G., Zehnder, M. ve Paqué, F. (2007). Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with gutta-percha/ah plus or resilon/epiphany. *Journal of Endodontics*, 33(1), 45–47.
- Beatty, R. G. ve Zakariasen, K. L. (1984). Apical leakage associated with three obturation techniques in large and small root canals. *International Endodontic Journal*, 17(2), 67–72.
- Beatty, R. G., Baker P. S., Haddix, J. ve Hart, F. (1989). The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration. *Journal of American Dental Association*, 19, 633-637.
- Beatty, R. G., Baker, P. S., Haddix, J., & Hart, F. (1989). The efficacy of four root canal obturation techniques in preventing apical dye penetration. *Journal of the American Dental Association*, 119(5), 633–637.
- Belli, S., Zhang, Y., Pereira, P. N. R., Özer, F. ve Pashley, D. H. (2001). Regional bond strengths of adhesive resins to pulp chamber dentin. *Journal of Endodontics*, 27(8), 527–532.
- Beltes, P., Koulaouzidou, E., Kolokuris, I. ve Kortsaris, A. H. (1997). In vitro evaluation of the cytotoxicity of two glass-ionomer root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 23(9), 572–
- Ben Lewis, B. ve Chestner, S. B. (1981). Formaldehyde in dentistry: a review of mutagenic and carcinogenic potential. *The Journal of the American Dental Association*, 103(3), 429–434.
- Borges, R. P., Sousa-Neto, M. D., Versiani, M. A., Rached-Júnior, F. A., De-Deus, G., Miranda, C. E. S. ve Pécora, J. D. (2012). Changes in the surface of four

- calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *International Endodontic Journal*, 45(5), 419–428.
- Boussetta, F., Bal, S., Romeas, A., Boivin, G., Magloire, H. ve Farge, P. (2003). In vitro evaluation of apical microleakage following canal filling with a coated carrier system compared with lateral and thermomechanical gutta-percha condensation techniques. *International Endodontic Journal*, 36(5), 367–371.
- Brito-Júnior, M., Leoni, G. B., Pereira, R. D., Faria-E-Silva, A. L., Gomes, E. A., Silva-Sousa, Y. T. ve Sousa-Neto, M. D. (2015). A novel dentin push-out bond strength model that uses micro-computed tomography. *Journal of Endodontics*, 41(12), 2058–2063.
- Brosco, V. H., Bernardineli, N., Torres, S. A., Consolaro, A., Bramante, C. M., de Moraes, I. G. ve Garcia, R. B. (2008). Bacterial leakage in root canals obturated by different techniques. Part 1: microbiologic evaluation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 105(1), 48–53.
- Budd, C. S., Weller, R. N. ve Kulild, J. C. (1991). A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 17(6), 260–264.
- Callis, P. D. ve Paterson, A. J. (1988). Microleakage of root fillings: thermoplastic injection compared with lateral condensation. *Journal of Dentistry*, 16(4), 194–197.

- Camilleri, J. (2015). Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *Journal of Endodontics*, 41(1), 72–78.
- Camps, J. ve Pashley, D. (2003). Reliability of the dye penetration studies. *Journal of Endodontics*, 29(9), 592–594.
- Carneiro, S. M. B. S., Sousa-Neto, M. D., Rached-Júnior, F. A., Miranda, C. E. S., Silva, S. R. C. ve Silva-Sousa, Y. T. C. (2012). Push-out strength of root fillings with or without thermomechanical compaction. *International Endodontic Journal*, 45(9), 821–828.
- Carratù, P., Amato, M., Riccitiello, F. ve Rengo, S. (2002). Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. *Journal of Endodontics*, 28(4), 272–275.
- Carvalho, N. K., Prado, M. C., Senna, P. M., Neves, A. A., Souza, E. M., Fidel, S. R., Sassone, L. M. ve Silva, E. J. N. L. (2017). Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *International Endodontic Journal*, 50(6), 612–619.
- Carvalho-Junior, J. R., Correr-Sobrinho, L., Correr, A. B., Sinhoreti, M. A. C., Consani, S. ve Sousa-Neto, M. D. (2007). Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. *Journal of Endodontics*, 33(9), 1110–1116.
- Cathro, P. R. ve Love, R. M. (2003). Comparison of microseal and system b/obtura II obturation techniques. *International Endodontic Journal*, 36(12), 876–882.
- Chailertvanitkul, P., Saunders, W. P., Mackenzie, D. ve Weetman, D. A. (1996). An in vitro study of the coronal leakage of two root canal sealers using an

obligate anaerobe microbial marker. *International Endodontic Journal*, 29(4), 249–255.

Chailertvanitkul, P., Saunders, W. P., Saunders, E. M., & MacKenzie, D. (1997). An evaluation of microbial coronal leakage in the restored pulp chamber of root-canal treated multirooted teeth. *International Endodontic Journal*, 30(5), 318–322.

Charlton, D. G. ve Moore, B. K. (1992). In vitro evaluation of two microleakage detection tests. *Journal of Dentistry*, 20(1), 55–58.

Christensen, G. J. (1998). Bleaching Teeth: Report of a Survey. *Journal of Esthetic Dentistry*, 10(1), 16–20.

Clark-Holke, D., Drake, D., Walton, R., Rivera, E. ve Guthmiller, J. M. (2003). Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. *Journal of Dentistry*, 31(4), 275–281.

Craig Baumgartner, J. ve Falkler, W. A. (1991). Bacteria in the apical 5 mm of infected root canals. *Journal of Endodontics*, 17(8), 380–383.

Crim, G. A., Swartz, M. L. ve Phillips, R. W. (1985). Comparison of four thermocycling techniques. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 53(1), 50–53.

Cruz, E. V., Shigetani, Y., Ishikawa, K., Kota, K., Iwaku, M. ve Goodis, H. E. (2002). A laboratory study of coronal microleakage using four temporary restorative materials. *International Endodontic Journal*, 35(4), 315–320.

Çelikten, B., Uzuntaş, C. F., Orhan, A. I., Tüfenkci, P., Mısırlı, M., Demiralp, K. O. ve Orhan, K. (2015). Micro-CT assessment of the sealing ability of three root canal filling techniques. *Journal of Oral Science*, 57(4), 361–366.

- Çobankara, F. K., Adanır, N. ve Belli, S. (2004). Evaluation of the influence of smear layer on the apical and coronal sealing ability of two sealers. *Journal of Endodontics*, 30(6), 406–409.
- Çobankara, F. K., Adanır, N., Belli, S. ve Pashley, D. H. (2002). A Quantitative Evaluation of Apical Leakage of Four Root-Canal Sealers. *International Dental Journal*, 35, 979–984.
- Dalat, D. M. ve Önal, B. (1998). Apical leakage of a new glass ionomer root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 24(3), 161–163.
- Darbyshire, P. A., Messer, L. B. ve Douglas, W. H. (1988). Microleakage in class II composite restorations bonded to dentin using thermal and load cycling. *Journal of Dental Research*, 67(3), 585–587.
- Davalou, S., Gutmann, J. L. ve Nunn, M. H. (1999). Assessment of apical and coronal root canal seals using contemporary endodontic obturation and restorative materials and techniques. *International Endodontic Journal*, 32(5), 388–396.
- Dawood, A. E., Parashos, P., Wong, R. H. K., Reynolds, E. C. ve Manton, D. J. (2017). Calcium silicate-based cements: composition, properties, and clinical applications. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 8(2), 1–15.
- De Almeida, W. A., Leonardo, M. R., Tanomaru Filho, M. ve Silva, L. A. B. (2000). Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. *International Endodontic Journal*, 33(1), 25–27.
- De-Deus, G., Audi, C., Murad, C., Fidel, S. ve Fidel, R. A. S. (2007). Sealing ability of oval-shaped canals filled using the System B heat source with either

gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 104(4), 114–119.

De-Deus, G., Coutinho-Filho, T., Reis, C., Murad, C. ve Paciornik, S. (2006). Polymicrobial Leakage of Four Root Canal Sealers at Two Different Thicknesses. *Journal of Endodontics*, 32(10), 998–1001.

Delivanis, P. D. ve Chapman, K. A. (1982). Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 53(4), 410–416.

Delong, C., He, J. ve Woodmansey, K. F. (2015). The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *Journal of Endodontics*, 41(3), 385–388.

Derkson, G. D., Pashley, D. H. ve Derkson, M. E. (1986). Microleakage measurement of selected restorative materials: A new in vitro method. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 56(4), 435–440.

Desai, S. ve Chandler, N. (2009). Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *Journal of Endodontics*, 35(4), 475–480.

Douglas, W. H., Chen, C. J. ve Craig, R. G. (1980). Neutron activation analysis of microleakage around a hydrophobic composite restorative. *Journal of Dental Research*, 59(9), 1507–1510.

Douglas, W. H., Fields, R. P. ve Fundingsland, J. (1989). A comparison between the microleakage of direct and indirect composite restorative systems. *Journal of Dentistry*, 17(4), 184–188.

- Drake, D. R., Wiemann, A. H., Rivera, E. M. ve Walton, R. E. (1994). Bacterial retention in canal walls in vitro: Effect of smear layer. *Journal of Endodontics*, 20(2), 78–82.
- Dultra, F., Barroso, J. M., Carrasco, L. D., Capelli, A., Guerisoli, D. M. Z. ve Pécora, J. D. (2006). Evaluation of apical microleakage of teeth sealed with four different root canal sealers. *Journal of Applied Oral Science*, 14(5), 341–345.
- Dündar, M., Özcan, M., Gökçe, B., Çömlekoğlu, E., Leite, F. ve Valandro, L. F. (2007). Comparison of two bond strength testing methodologies for bilayered all-ceramics. *Dental Materials*, 23(5), 630–636.
- ElAyouti, A., Achleithner, C., Löst, C. ve Weiger, R. (2005). Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *Journal of Endodontics*, 31(9), 687–690.
- ElAyouti, A., Chu, A. L., Kimionis, I., Klein, C., Weiger, R. ve Löst, C. (2008). Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *International Endodontic Journal*, 41(12), 1088–1092.
- Eldeniz, A. Ü. ve Ørstavik, D. (2009). A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root canals filled with new and conventional sealers. *International Endodontic Journal*, 42(4), 303–312.
- Eldeniz, A. Ü., Erdemir, A. ve Belli, S. (2005). Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *Journal of Endodontics*, 31(4), 293–296.

- Emami, R., Khedmat, S., Pirmoazen, S. ve Honardar, K. (2015). Comparison of apical sealing ability of two phases of gutta-percha: a bacterial leakage model. *Journal of Dentistry (Tehran)*, 12(11), 841–845.
- Er, K., Taşdemir, T., Bayramoğlu, G. ve Siso, S. H. (2008). Comparison of the sealing of different dentin bonding adhesives in root-end cavities: a bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 106(1), 976–982.
- Erdemir, U. ve Yaman, B. C. (2011). Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve mikrosızıntı araştırma yöntemleri. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 45(1), 37–41.
- Eriksson, A. R. ve Albrektsson, T. (1983). Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: A vital-microscopic study in the rabbit. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 50(1), 101–107.
- Faus-Llacer, V., Collado-Castellanos, N., Alegre-Domingo, T., Dolz-Solsona, M. ve Faus-Matoses, V. (2015). Measurement of the percentage of root filling in oval-shaped canals obturated with Thermafil Obturators and Beefill 2in1: In vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 7(2), e299–e303.
- Fayyad, M. A. ve Shortall, A. C. C. (1987). Microleakage of dentine-bonded posterior composite restorations. *Journal of Dentistry*, 15(2), 67–72.
- Fisher, M. A., Berzins, D. W. ve Bahcall, J. K. (2007). An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. *Journal of Endodontics*, 33(7), 856–858.

- Flores, D. S. H., Rached-Júnior, F. J. A., Versiani, M. A., Guedes, D. F. C., Sousa-Neto, M. D. ve Pécora, J. D. (2011). Evaluation of physicochemical properties of four root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 44(2), 126–135.
- Fransen, J. N., He, J., Glickman, G. N., Rios, A., Shulman, J. D. ve Honeyman, A. (2008). Comparative assessment of activ gp/glass ionomer sealer, resilon/epiphany, and gutta-percha/ah plus obturation: a bacterial leakage study. *Journal of Endodontics*, 34(6), 725–727.
- Friedman, S., Löst, C., Zarrabian, M. ve Trope, M. (1995). Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics*, 21(7), 384–390.
- Gade, V. J., Belsare, L. D., Bhede, S. P. R. ve Gade, J. R. (2015). Evaluation of push-out bond strength of Endosequence BC sealer with lateral condensation and thermoplasticized technique: an in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 18(2): 124-127.
- Galvan, D. A., Ciarlone, A. E., Pashley, D. H., Kulild, J. C., Primack, P. D. ve Simpson, M. D. (1994). Effect of smear layer removal on the diffusion permeability of human roots. *Journal of Endodontics*, 20(2), 83–86.
- Gambarini, G., Piasecki, L., Schianchi, G., Di Nardo, D., Miccoli, G., Al Sudani, D., Di Giorgio, R. ve Testarelli, L. (2016). In vitro evaluation of carrier based obturation technique: a CBCT study. *Annali Di Stomatologia*, 7(1–2), 11–15.
- Gençoğlu, N., Oruçoğlu, H. ve Helvacioğlu, D. (2007). 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*, 1(2), 97–103.
- Gençoğlu, N., Samani, S. ve Gimday, M. (1993). Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer : a scanning electron microscopic study. *Journal of Endodontics*, 19(11), 558–562.
- Gettleman, B. H., Messer, H. H. ve ElDeeb, M. E. (1991). Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *Journal of Endodontics*, 17(1), 15–20.
- Ghoddusi, J., Dibaji, F. ve Marandi, S. (2010). Correlation between sealer penetration and microleakage following the use of MTAD as a final irrigant. *Australian Endodontic Journal*, 36(3), 109–113.
- Ghoneim, A. G., Lutfy, R. A., Sabet, N. E. ve Fayyad, D. M. (2011). Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems. *Journal of Endodontics*, 37(11), 1590–1592.
- Gilbert, S. D., Witherspoon, D. E. ve Berry, C. W. (2001). Coronal leakage following three obturation techniques. *International Endodontic Journal*, 34(4), 293–299.
- Gilhooly, R. M. P., Hayes, S. J., Bryant, S. T. ve Dummer, P. M. H. (2001). Comparison of lateral condensation and thermomechanically compacted warm α -phase gutta-percha with a single cone for obturating curved root canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 91(1), 89–94.

- Girish, C. S., Ponnappa, K. C., Girish, T. N. ve Ponnappa, M. C. (2013). Sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium phosphate and polymethylmetacrylate bone cements on root ends prepared using an Erbium: Yttriumaluminium garnet laser and ultrasonics evaluated by confocal laser scanning microscopy. *Journal of Conservative Dentistry*, 16(4): 304-308.
- Gogos, C., Economides, N., Stavrianos, C., Kolokouris, I. ve Kokorikos, I. (2004). Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *Journal of Endodontics*, 30(4), 238-240.
- Going, R. E. (1972). Microleakage around dental restorations: a summarizing review. *Journal of the American Dental Association*, 84(6), 1349-1357.
- Goldman, M., Goldman, L. B., Cavaleri, R., Bogis, J. ve Sun Lin, P. (1982). The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *Journal of Endodontics*, 8(11), 487-492.
- Goodman, A., Schilder, H. ve Aldrich, W. (1974). The thermomechanical properties of gutta-percha. II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 37(6), 954-961.
- Goodman, A., Schilder, H. ve Aldrich, W. (1981). The thermomechanical properties of gutta-percha. Part IV. A thermal profile of the warm gutta-percha packing procedure. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 51(5), 544-551.
- Gopikrishna, V. ve Parameswaren, A. (2006). Coronal sealing ability of three sectional obturation techniques - Simplifill, thermafil and warm vertical

compaction - Compared with cold lateral condensation and post space preparation. *Australian Endodontic Journal*, 32(3), 95–100.

Grossman, L. I. (1958). An improved root canal cement. *Journal of the American Dental Association*, 56(3), 381–385.

Gulabivala, K., Holt, R. ve Long, B. (1998). An in vitro comparison of thermoplasticised gutta-percha obturation techniques with cold lateral condensation. *Endodontics and Dental Traumatology*, 14(6), 262–269.

Gupta, R., Dhingra, A. ve Panwar, N. R. (2015). Comparative evaluation of three different obturating techniques lateral compaction, Thermafil and Calamus for filling area and voids using cone beam computed tomography: An invitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 9(8), ZC15-ZC17.

Gutmann, J. L. ve Fava, L. R. G. (1991). Perspectives on periradicular healing using Sealapex: a case report. *International Endodontic Journal*, 24, 135–138.

Gutmann, J. L. ve Rakusin, H. (1987). Perspectives on root canal obturation with thermoplasticized injectable gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 20(6), 261–270.

Haikel, Y., Freymann, M., Fanti, V., Claisse, A., Poumier, F. ve Watson, M. (2000). Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *Journal of Endodontics*, 26(3), 148–152.

Haikel, Y., Wittenmeyer, W., Bateman, G., Bentaleb, A. ve Allemann, C. (1999). A new method for the quantitative analysis of endodontic microleakage. *Journal of Endodontics*, 25(3), 172–177.

- Hammad, I. A. ve Talic, Y. F. (1996). Designs of bond strength tests for metal-ceramic complexes: Review of the literature. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 75(6), 602–608.
- Hammad, T. A., Goodkind, R. J. ve Gerberich, W. W. (1987). A shear test for the bond strength of ceramometals. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 58(4), 431–437.
- Hargreaves, K. M. ve Berman, L. H. (2016). *Cohen's Pathways of the Pulp*. (11. bs). Elsevier, Missouri.
- Hauman, C. H. J. ve Love, R. M. (2003). Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root- canal filling materials. *International Endodontic Journal*, 36, 147–160.
- Hayashi, M., Shimizu, A. ve Ebisu, S. (2004). MTA for obturation of mandibular central incisors with open apices: Case report. *Journal of Endodontics*, 30(2), 120–122.
- Hedge, V. ve Arora, S. (2015a). Sealing ability of a novel hydrophilic vs. conventional hydrophobic obturation systems: a bacterial leakage study. *Journal of Conservative Dentistry*, 1: 62-65.
- Hedge, V. ve Arora, S. (2015b). Sealing ability of three hydrophilic single-cone obturation systems: an in vitro glucose leakage study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 1: 86-89.
- Ho, E. S. S., Chang, J. W. W. ve Cheung, G. S. P. (2016). Quality of root canal fillings using three gutta-percha obturation techniques. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 41(1), 22–28.

- Hopkins, J. H., Remeikis, N. A. ve Van Cura, J. E. (1986). McSpadden versus lateral condensation: The extent of apical microleakage. *Journal of Endodontics*, 12(5), 198–201.
- Huang, T. H., Lee, H. ve Kao, C. T. (2001). Evaluation of the genotoxicity of zinc oxide eugenol-based, calcium hydroxide-based, and epoxy resin-based root canal sealers by comet assay. *Journal of Endodontics*, 27(12), 744–748.
- Huffman, B. P., Mai, S., Pinna, L., Weller, R. N., Primus, C. M., Gutmann, J. L., Pashley, D. H. ve Tay, F. R. (2009). Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *International Endodontic Journal*, 42(1), 34–46.
- Jacobson, H. L. J., Xia, T., Baumgartner, J. C., Marshall, J. G. ve Beeler, W. J. (2002). Microbial leakage evaluation of the continuous wave of condensation. *Journal of Endodontics*, 28(4), 269–271.
- Jafari, F., Sobhani, E., Samadi-Kafil, H., Pirzadeh, A. ve Jafari, S. (2016). In vitro evaluation of the sealing ability of three newly developed root canal sealers: A bacterial microleakage study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 8(5), e561–e565.
- Jafari, F., ve Jafari, S. (2017). Importance and methodologies of endodontic microleakage studies: A systematic review. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(6), e812–e819.
- Jasper, E. A. (1941). Adaptation and tissue tolerance of silver root canal fillings. *Journal of Dental Research*, 20(4), 355–361.

- Joy, D. C. ve Joy, C. S. (1996). Low voltage scanning electron microscopy. *Micron*, 27(3-4), 247-263.
- Karagenç, B., Gençoğlu, N., Ersoy, M., Cansever, G. ve Külekçi, G. (2006). A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 102(1), 110-113.
- Katic, D., Pezelj-Ribaric, S., Karlovic, I. M. ve Anic, I. (2007). Fluid movement along the root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *Acta Stomatologica Croatica*, 41(2), 115-121.
- Kazemi, R. B., Safavi, K. E. ve Spangberg, L. S. W. (1994). Assessment of marginal stability and permeability of an interim restorative endodontic material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 78(6), 788-796.
- Kersten, H. W. ve Moorer, W. R. (1989). Particles and molecules in endodontic leakage. *International Endodontic Journal*, 22(3), 118-124.
- Kersten, H. W., Tencate, J. M., Exterkate, R. A. M., Moorer, W. R. ve Van Velzen, S. K. T. (1988). A standardized leakage test with curved root canals in artificial dentine. *International Endodontic Journal*, 21(3), 191-199.
- Khademi, A. A. ve Shekarchizade, N. (2016). Evaluation of coronal microleakage of mineral trioxide aggregate plug-in teeth with short roots prepared for post placement using bacterial penetration technique. *Indian Journal of Dental Research*, 27(3): 295-299.

- Khedmat, S. ve Rezaefar, M. (2006). Electrochemical evaluation on apical leakage of ah26 sealer after smear layer removal. *International Endodontic Journal*, 1(4), 141–144.
- Koch, M. J., Wünnstel, E. ve Stein, G. (2001). Formaldehyde release from ground root canal sealer in vitro. *Journal of Endodontics*, 27(6), 396–397.
- Kontakiotis, E. G., Georgopoulou, M. K. ve Morfis, A. S. (2001). Dye penetration in dry and water-filled gaps along root fillings. *International Endodontic Journal*, 34(2), 133–136.
- Kontakiotis, E. G., Tzanetakis, G. N. ve Loizides, A. L. (2007). A 12-month longitudinal in vitro leakage study on a new silicon-based root canal filling material (Gutta-Flow). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 103(6), 854–859.
- Kontakiotis, E. G., Wu, M. K. ve Wesselink, P. R. (1997). Effect of sealer thickness on long-term sealing ability: a 2-year follow-up study. *International Endodontic Journal*, 30, 307–312.
- Kopper, P. M. P., Figueiredo, J. A. P., Della Bona, A., Vanni, J. R., Bier, C. A. ve Bopp, S. (2003). Comparative in vivo analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in post-prepared root canals. *International Endodontic Journal*, 36(12), 857–863.
- Kumar, N. S. M., Prabu, P. S., Prabu, N. ve Rathinasamy, S. (2012). Sealing ability of lateral condensation, thermoplasticized gutta-percha and flowable gutta-percha obturation techniques: A comparative in vitro study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 4(6), 131.

- Kytridou, V., Gutmann, J. L. ve Nunn, M. H. (1999). Adaptation and sealability of two contemporary obturation techniques in the absence of the dentinal smear layer. *International Endodontic Journal*, 32(6), 464–474.
- LaCombe, J. S., Campbell, A. D., Hicks, M. L. ve Pelleu, G. B. (1988). A comparison of the apical seal produced by two thermoplasticized injectable gutta-percha techniques. *Journal of Endodontics*, 14(9), 445–450.
- Lacy, A. M., Wada, C., Du, W. ve Watanabe, L. (1992). In vitro microleakage at the gingival margin of porcelain and resin veneers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 67(1), 7–10.
- Lalh, M. S., Titley, K., Torneck, C. D. ve Friedman, S. (1999). The shear bond strength of glass ionomer cement sealers to bovine dentine conditioned with common endodontic irrigants. *International Endodontic Journal*, 32(6), 430–435.
- Lauto, A., Mawad, D., Barton, M., Gupta, A., Piller, S. C. ve Hook, J. (2010). Photochemical tissue bonding with chitosan adhesive films. *BioMedical Engineering Online*, 9(1), 2–11.
- Lea, C. S., Apicella, M. J., Mines, P., Yancich, P. P. ve Parker, M. H. (2005). Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *Journal of Endodontics*, 31(1), 37–39.
- Lee, J. J., Kang, C. K., Oh, J. W., Seo, J. M. ve Park, J. M. (2015). Evaluation of shear bond strength between dual cure resin cement and zirconia ceramic after thermocycling treatment. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 7(1), 1–7.

- Lee, K. W., Williams, M. C., Camps, J. J. ve Pashley, D. H. (2002). Adhesion of Endodontic Sealers to Dentin and Gutta Percha. *Journal of Endodontics*, 28(10), 684–688.
- Leonardo, M. R., Da Silva, L. A. B., Tanomaru Filho, M., Bonifácio, K. C. ve Ito, I. Y. (2000). In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *Journal of Endodontics*, 26(7), 391–394.
- Leonardo, M. R., Silva, L. A. B., Filho, M. T. ve Silva, R. S. (1999). Release of formaldehyde by 4 endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 88(2), 221–225.
- Leonardo, M. V., Goto, E. H., Torres, C. R. G., Borges, A. B., Carvalho, C. A. T. ve Barcellos, D. C. (2009). Assessment of the apical seal of root canals using different filling techniques. *Journal of Oral Science*, 51(4), 593–599.
- Limkangwalmongkol, S., Burtscher, P., Abbott, P. V., Sandler, A. B. ve Bishop, B. M. (1991). A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 17(10), 495–499.
- Lin, A. ve Davidson, R. D. (1992). Studies on the Adhesion of Glass-ionomer Cements to Dentin. *Dental Research*, 71(11), 1836–1841.
- Liu, Y., Weidong, M. ve Weihong, G. (2012). Effect of different techniques in root canal preparation on coronal microleakage of endodontically treated teeth. *West China Journal of Stomatology*, 30(5), 522–525.

- Lloyd, A., Gutmann, J., Dummer, P. ve Newcombe, R. (1997). Microleakage of Diaket and amalgam in root-end cavities prepared using MicroMega sonic retro-prep tips. *International Endodontic Journal*, 30(3), 196–204.
- Lottanti, S., Tauböck, T. T. ve Zehnder, M. (2014). Shrinkage of backfill gutta-percha upon cooling. *Journal of Endodontics*, 40(5), 721–724.
- Loushine, B. A., Bryan, T. E., Looney, S. W., Gillen, B. M., Loushine, R. J., Weller, R. N., Pashley, D. ve Tay, F. R. (2011). Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 37(5), 673–677.
- Love, R. M. (2001). Enterococcus faecalis--a mechanism for its role in endodontic failure. *International Endodontic Journal*, 34(5), 399–405.
- Lucena-Martin, C., Ferrer-Luque, C. M., Gonzalez-Rodriguez, M. P., Robles-Gijon, V. ve Navajas-Rodriguez De Mondelo, J. M. (2002). A comparative study of apical leakage of endomethasone, top seal, and roeko seal sealer cements. *Journal of Endodontics*, 28(6), 423–426.
- Mader, C. L., Baumgartner, J. C. ve Peters, D. D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*, 10(10), 477–483.
- Madfa, A. A., Al-Sanabani, F. A. ve Al-Qudami Al-Kudami, N. H. (2014). Endodontic Repair Filling Materials: A Review Article. *British Journal of Medicine and Medical Research*, 4(416), 3059–3079.
- Madhuri, G. V., Varri, S., Bolla, N., Mandava, P., Akkala, L. S. ve Shaik, J. (2016). Comparison of bond strength of different endodontic sealers to root

- dentin: an in vitro push-out test. *Journal of Conservative Dentistry*, 19(5): 461-464.
- Malik, N., Lin, S. L., Rahman, N. A. ve Jamaludin, M. (2013). Effect of liners on microleakage in Class II composite restoration. *Sains Malaysiana*, 42(1), 45–51.
- Maltezos, C., Glickman, G. N., Ezzo, P. ve He, J. (2006). Comparison of the sealing of Resilon, Pro Root MTA, and Super-EBA as root-end filling materials: A bacterial leakage study. *Journal of Endodontics*, 32(4), 324–327.
- Mamootil, K. ve Messer, H. H. (2007). Penetration of dentinal tubules by endodontic sealer cements in extracted teeth and in vivo. *International Endodontic Journal*, 40(11), 873–881.
- Mandras, R. S., Retief, D. H. ve Russell, C. M. (1991). The effects of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dental Materials*, 7(1), 63–67.
- Manisalı, Y., Yücel, T. ve Erişen, R. (1989). Overfilling of the root. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 68(6), 773–775.
- Marciano, M. A., Bramante, C. M., Duarte, M. A. H., Delgado, R. J. R., Ordinola-Zapata, R. ve Garcia, R. B. (2010). Evaluation of single root canals filled using the lateral compaction, tagger's hybrid, microseal and guttaflow techniques. *Brazilian Dental Journal*, 21(5), 411–415.
- Marciano, M. A., Ordinola-Zapata, R., Cunha, T. V. R. N., Duarte, M. A. H., Cavenago, B. C., Garcia, R. B., Bramante, C. M., Bernardineli, N. ve Moraes, I. G. (2011). Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial

root canals of mandibular molars. *International Endodontic Journal*, 44(4), 321–329.

Marques-Ferreira, M., Abrantes, M., Ferreira, H. D., Caramelo, F., Botelho, M. F. ve Carrilho, E. V. (2017). Sealing efficacy of system B versus Thermafil and Guttacore obturation techniques evidenced by scintigraphic analysis. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 9(1), e56–e60.

Marshall, S. J., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P. ve Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26(2), 11–16.

Martins, S. C., Mello, J., Martins, C. C., Maurício, A. ve Ginjeira, A. (2011). Comparação da obturação endodôntica pelas técnicas de condensação lateral, híbrida de Tagger e Thermafil: Estudo piloto com Microtomografia computadorizada. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*, 52(2), 59–69.

Mattison, G. D. ve von Fraunhofer, J. A. (1983). Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 55(4), 402–407.

McComb, D. ve Smith, D. C. (1975). A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *Journal of Endodontics*, 1(7), 238–242.

McMichen, F. R. S., Pearson, G., Rahbaran, S. ve Gulabivala, K. (2003). A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 36(9), 629–635.

- Michaïlesco, P. ve Boudeville, P. (2003). Calibrated latex microspheres percolation: A possible route to model endodontic bacterial leakage. *Journal of Endodontics*, 29(7), 456–462.
- Michanowicz, A. ve Czonstkowsky, M. (1984). Sealing properties of an injection-thermoplasticized low-temperature (70°C) gutta-percha: A preliminary study. *Journal of Endodontics*, 10(12), 563–566.
- Michelich, V. J., Schuster, G. S. ve Pashley, D. H. (1980). Bacterial Penetration of Human Dentin in vitro. *Journal of Dental Research*, 59(8), 1398–1403.
- Michelotto, A. L. C., Moura-Netto, C., Araki, A. T., Akisue, E., Moura, A. A. M. ve Sydney, G. B. (2010). In vitro analysis of thermocompaction time and gutta-percha type on quality of main canal and lateral canals filling. *Brazilian Oral Research*, 24(3), 290–295.
- Mikrogeorgis, G., Molyvdas, I., Lyrourdia, K., Nikolaidis, N. ve Pitas, I. (2006). A new methodology for the comparative study of the root canal instrumentation techniques based on digital radiographic image processing and analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 101(6), 125–131.
- Miletić, I., Anić, I., Pezelj-Ribarić, S. ve Jukić, S. (1999). Leakage of five root canal sealers. *International Endodontic Journal*, 32(5), 415–418.
- Miletić, I., Prpic-Mehicic, G., Tambic-Andrasevic, A., Plesko, S., Karlovic, Z. ve Anic, I. (2002). Bacterial and fungal microleakage of AH 26 and AH plus root Canal sealers. *International Endodontic Journal*, 35(5), 428–432.

- Mobarak, A., Moussa, S., Zaazou, A. ve Abdelfattah, H. (2015). Comparison of Bacterial Coronal Leakage Between Different Obturation Materials (an in Vitro Study). *Alexandria Dental Journal*, 40(6), 1–7.
- Mokhtari, H., Rahimi, S., Forough Reyhani, M., Galledar, S. ve Mokhtari Zonouzi, H. R. (2015). Comparison of push-out bond strength of gutta-percha to root canal dentin in single-cone and cold lateral compaction techniques with ah plus sealer in mandibular premolars. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 9(4), 221–225.
- Momoi, Y., Iwase, H., Nakano, Y., Kohno, A., Asanuma, A. ve Yanagisawa, K. (1990). Gradual Increases in Marginal Leakage of Resin Composite restorations with thermal stress. *Journal of Dental Research*, 69(10), 1659–1663.
- Monterde, M., Pallarés, A., Cabanillas, C., Zarzosa, I. ve Victoria, A. (2014). In vitro istraživanje apikalnog mikropropuštanja pet tehnika punjenja kanala. *Acta Stomatologica Croatica*, 48(2), 123–131.
- Moore, D. H. ve Vann, W. F. (1988). The effect of a cavosurface bevel on microleakage in posterior composite restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 59(1), 21–24.
- Moradi, S., Lomee, M.ve Gharechahi, M. (2015). Comparison of fluid filtration and bacterial leakage techniques for evaluation of microleakage in endodontics. *Dental Research Journal (Ishafan)*, 12(2): 109-114.

- Mortazavi, M. ve Mesbahi, M. (2004). Comparison of zinc oxide and eugenol, and Vitapex for root canal treatment of necrotic primary teeth. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 14(6), 417–424.
- Mozini, A. C. A., Vansan, L. P., Sousa Neto, M. D. ve Pietro, R. (2009). Influence of the length of remaining root canal filling and post space preparation on the coronal leakage of *Enterococcus faecalis* TT - Influência do comprimento do material obturador remanescente no canal radicular e preparo do espaço protético. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40(1), 174–179.
- Nagas, E., Cehreli, Z., Uyanik, M. Ö. ve Durmaz, V. (2014). Bond strength of a calcium silicate-based sealer tested in bulk or with different main core materials. *Brazilian Oral Research*, 28(1), 1–7.
- Nagas, E., Uyanik, Ö., Altundaşar, E., Durmaz, V., Çehreli, Z. C., Vallittu, P. K. ve Lassila, L. V. J. (2010). Effect of different intraorifice barriers on the fracture resistance of roots obturated with resilon or gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 36(6), 1061–1063.
- Naser, S. H. ve Al-Zaka, I. M. (2013). Push-out bond strength of different root canal obturation materials. *Journal of Baghladesh College Dentistry*, 25(1), 14–20.
- Naseri, M., Kangarlou, A. ve Goodini, M. (2013). Evaluation of the Quality of Four Root Canal Obturation Techniques Using Micro-Computed Tomography Introduction Material and Methods Tooth specimens. *Iranian Endodontic Journal*, 8(3), 89–93.

- Neelakantan, P., Sharma, S., Shemesh, H. ve Wesselink, P. R. (2015). Influence of Irrigation Sequence on the Adhesion of Root Canal Sealers to Dentin: A Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Push-out Bond Strength Analysis. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1108–1111.
- Niu, L., Jiao, K., Wang, T., Zhang, W., Camilleri, J., Bergeron, B. E., Feng, H. I., Mao, J., Chen, J. H., Pashley, D. H. ve Tay, F. R. (2014). A review of the bioactivity of hydraulic calcium silicate cements. *Journal of Dentistry*, 42(5), 517–533.
- Nunes, V. H., Silva, R. G., Alfredo, E., Sousa-Neto, M. D. ve Silva-Sousa, Y. T. C. (2008). Adhesion of epiphany and AH plus sealers to human root dentin treated with different solutions. *Brazilian Dental Journal*, 19(1), 46–50.
- Oliveira, A. C. M., Tanomaru, J. M. G., Faria-Junior, N. ve Tanomaru-Filho, M. (2011). Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. *International Endodontic Journal*, 44(4), 370–375.
- Oliver, C. M. ve Abbott, P. V. (1998). An in vitro study of apical and coronal microleakage of laterally condensed gutta percha with Ketac-Endo and AH-26. *Australian Dental Journal*, 43(3), 262–268.
- Oliver, C. M. ve Abbott, P. V. (2001). Correlation between clinical success and apical dye penetration. *International Endodontic Journal*, 34(8), 637–644.
- Onay, E. O., Üngör, M., Ari, H., Belli, S. ve Ogus, E. (2009). Push-out bond strength and SEM evaluation of new polymeric root canal fillings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 107(6), 879–885.

- Ørstavik, D. (1988). Antibacterial properties of endodontic materials. *International Endodontic Journal*, 21(2), 161–169.
- Ørstavik, D. (2005). Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12(1), 25–38.
- Ørstavik, D., Eriksen, H. M. ve Beyer-Olsen, E. M. (1983). Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal*, 16, 59–63.
- Ørstavik, D., Nordahl, I. ve Tibballs, J. E. (2001). Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dental Materials*, 17(6), 512–519.
- Özkoçak, I. ve Sonat, B. (2015). Evaluation of effects on the adhesion of various root canal sealers after er:yag laser and irrigants are used on the dentin surface. *Journal of Endodontics*, 41(8), 1331–1336.
- Özkurt-Kayahan, Z., Barut, G., Ulusoy, Z., Oruçoğlu, H., Kayahan, M. B., Kazazoğlu, E. ve Haznedaroğlu, F. (2017). 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*, 1–5.
- Öztan, M. D., Kıyan, M. ve Gerçeker, D. (2006). Antimicrobial effect, in vitro, of gutta-percha points containing root canal medications against yeasts and enterococcus faecalis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 102, 410–416.
- Pallarés, A., Faus, V., ve Glickman, G. N. (1995). The adaptation of mechanically softened gutta-percha to the canal walls in the presence or absence of

- smear layer: a scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 28(5), 266–269.
- Pane, E. S., Palamara, J. E. A. ve Messer, H. H. (2013). Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *Journal of Endodontics*, 39(5), 669–673.
- Parirokh, M. ve Torabinejad, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of Endodontics*, 36(1), 16–27.
- Pasinli, A. (2004). Biyomedikal uygulamalarda kullanılan biyomalzemeler. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 25–34.
- Pawar, A. M., Pawar, S., Kfir, A., Pawar, M. ve Kokate, S. (2016). Push-out bond strength of root fillings made with C-Point and BC sealer versus gutta-percha and AH Plus after the instrumentation of oval canals with the Self-Adjusting File versus WaveOne. *International Endodontic Journal*, 49(4), 374–381.
- Pawley, J. (1997). The Development of Field-Emission Scanning Electron Microscopy for Imaging Biological Surfaces. *Scanning*, 19, 324–336.
- Pecora, J. D., Brugnera, A., Cussioli, A. L., Zanin, F. ve Silva, R. (2000). Evaluation of dentin root canal permeability after instrumentation and Er:YAG laser application. *Lasers in Surgery and Medicine*, 26(3), 277–281.
- Pereira, J. R., Abreu, R., Vinícius, M., Só, R., Afonso, D., Carlos, M., Honorio, H. M., Valle, A. L. ve Vidotti, H. A. (2014). Push-out bond strength of fiber

posts to root dentin using glass ionomer and resin modified glass ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*, 22(5), 390–396.

Pérez Heredia, M., Clavero González, J., Ferrer Luque, C. M. ve González Rodríguez, M. P. (2007). Apical seal comparison of low-temperature thermoplasticized gutta-percha technique and lateral condensation with two different master cones. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 12(2), 175–179.

Perry, C., Kulild, J. C. ve Walker, M. P. (2013). Comparison of warm vertical compaction protocols to obturate artificially created defects in the apical one-third. *Journal of Endodontics*, 39(9), 1176–1178.

Peters, C. T., Sonntag, D. ve Peters, O. A. (2010). Homogeneity of root canal fillings performed by undergraduate students with warm vertical and cold lateral techniques. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 110(3), e41–e49.

Pinheiro, C. R., Guinesi, A. S., de Camargo, E. J., Pizzolitto, A. C. ve Filho, I. B. (2009). Bacterial leakage evaluation of root canals filled with different endodontic sealers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 108(6), e56–e60.

Pinheiro, E. T., Gomes, B. P., Ferraz, C. C., Sousa, E. L., Teixeira, F. B. ve Souza-Filho, F. J. (2003). Microorganism from canals of root filled teeth with periapical lesions. *International Endodontic Journal*, 36(1), 1–11.

- Pioch, T., Stotz, S., Staehle, H. J. ve Duschner, H. (1997). Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Advances in Dental Research*, 11(4), 453–461.
- Pitout, E., Oberholzer, T. G., Blignaut, E. ve Molepo, J. (2006). Coronal Leakage of Teeth Root-Filled With Gutta-Percha or Resilon Root Canal Filling Material. *Journal of Endodontics*, 32(9), 879–881.
- Pizzo, G., Giammanco, G. M., Cumbo, E., Nicolosi, G. ve Gallina, G. (2006). In vitro antibacterial activity of endodontic sealers. *Journal of Dentistry*, 34(1), 35–40.
- Pommel, L., About, I., Pashley, D. ve Camps, J. (2003). Apical leakage of four endodontic sealers. *Journal of Endodontics*, 29(3), 208–210.
- Pommel, L., Jacquot, B. ve Camps, J. (2001). Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *Journal of Endodontics*, 27(5), 347–350.
- Powis, D. R., Prosser, H. J., Shortall, A. C. ve Wilson, A. D. (1988). Long-term monitoring of microleakage of composites. Part I: Radiochemical diffusion technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 60(23), 851–870.
- Pradelle-Plasse, N., Wenger, F., Picard, B. ve Colon, P. (2004). Evaluation of microleakage of composite resin restorations by an electrochemical technique: The impedance methodology. *Dental Materials*, 20(5), 425–434.
- Prado, M., de Assis, D. F., Gomes, B. P. F. A. ve Simão, R. A. (2014). Adhesion of resin-based sealers to dentine: An atomic force microscopy study. *International Endodontic Journal*, 47(11), 1052–1057.

- Prati, C. ve Gandolfi, M. G. (2015). Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dental Materials*, 31(4), 351–370.
- Qu, W., Bai, W., Liang, Y. H. ve Gao, X. J. (2016). Influence of warm vertical compaction technique on physical properties of root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 42(12), 1829–1833.
- Ramaprabha, M. C. ve Kandaswamy, D. (2011). Three-dimensional helical computed tomographic evaluation of three obturation techniques: in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(3): 273-276.
- Rao, A., Rao, A. ve Shenoy, R. (2009). Mineral trioxide aggregate: a review. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 34(1), 1–8.
- Razmi, H., Bolhari, B., Dashti, N. K. ve Fazlyab, M. (2016). The effect of canal dryness on bond strength of bioceramic and epoxy-resin sealers after irrigation with sodium hypochlorite or chlorhexidine. *Iranian Endodontic Journal*, 11(2), 129–133.
- Retief, D. H. (1972). Adhesion in dentistry. *The Journal of Dental Association of South Africa*, 28(1), 11–24.
- Robertson, D., Leeb, I. J., McKee, M. ve Brewer, E. (1980). A clearing technique for the study of root canal systems. *Journal of Endodontics*, 6(1), 421–424.
- Rôças, I. N., Siqueira, J. F. ve Santos, K. R. N. (2004). Association Of Periradicular, Enterococcus Faecalis With Different Forms Of Diseases. *Journal of Endodontics*, 30(5), 315–320.
- Rosales-Leal, J. I., Olmedo-Gaya, V., Vallecillo-Capilla, M. ve Luna-del-Castillo, J. D. (2011). Influence of cavity preparation technique (rotary vs. ultrasonic)

- on microleakage and marginal fit of six end-root filling materials. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*, 16(2), 185–189.
- Saad, A. Y. (1989). Calcium hydroxide in the treatment of external root resorption. *Journal of the American Dental Association*, 118(5), 579–581.
- Sağsen, B., Üstün, Y., Demirbuğa, S. ve Pala, K. (2011). Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *International Endodontic Journal*, 44(12), 1088–1091.
- Saito, A., Komine, F., Blatz, M. B. ve Matsumura, H. (2010). A comparison of bond strength of layered veneering porcelains to zirconia and metal. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 104(4), 247–257.
- Saleh, I. M., Ruyter, I. E., Haapasalo, M. P. ve Ørstavik, D. (2003). Adhesion of endodontic sealers: Scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. *Journal of Endodontics*, 29(9), 595–601.
- Saleh, I. M., Ruyter, I. E., Haapasalo, M. ve Ørstavik, D. (2002). The effects of dentine pretreatment on the adhesion of root-canal sealers. *International Endodontic Journal*, 35(10), 859–866.
- Saleh, I. M., Ruyter, I. E., Haapasalo, M. ve Ørstavik, D. (2004). Survival of *Enterococcus faecalis* in infected dentinal tubules after root canal filling with different root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal*, 37(3), 193–198.
- Samson, E., Kulkarni, S., Kumar, S. ve Likhitar, M. (2013). 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, 5(2), 35–43.

Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, R. ve Pashley, D. H. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength--evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*, 10(4), 236–240.

Saunders, W. P., Grieve, A. R., Russel, E. M. ve Alani, A. H. (1990). The effects of dentin bonding agents on marginal leakage of composite restorations - long-term studies. *Journal of Oral Rehabilitation*, 17(1), 519–527.

Saunders, W. P., Saunders, E. M., Herd, D., ve Stephens, E. (1992). The use of glass ionomer as a root canal sealer – a pilot study. *International Endodontic Journal*, 25, 238–244.

Saunders, W. P., ve Saunders, E. M. (1994). Coronal leakage as a cause of failure in root- canal therapy : a review. *Endodontics and Dental Traumatology*, (10), 105–108.

Sayın, T. C., Serper, A., Çehreli, Z. C. ve Kalaycı, S. (2007). Calcium loss from root canal dentin following edta, egta, edtac, and tetracycline-hcl treatment with or without subsequent naocl irrigation. *Journal of Endodontics*, 33(5), 581–584.

Schäfer, E. ve Olthoff, G. (2002). Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 28(9), 638–642.

- Schäfer, E. ve Zandbiglari, T. (2003). Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *International Endodontic Journal*, 36(10), 660–669.
- Schäfer, E., Nelius, B. ve Bürklein, S. (2012). A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clinical Oral Investigations*, 16(1), 225–230.
- Schilder, H., Goodman, A. ve Aldrich, W. (1974). The thermomechanical properties of gutta-percha. III. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 38(1), 109–114.
- Schilder, H., Goodman, A. ve Aldrich, W. (1985). 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, Oral Pathology*, 59(3), 285–296.
- Schwartz, R. S., Mauger, M., Clement, D. J. ve Walker, W. A. (1999). Mineral trioxide aggregate: A new material for endodontics. *Journal of the American Dental Association*, 130(7), 967–975.
- Sedgley, C., Lennan, S. ve Applebe, O. (2005). Survival of *Enterococcus faecalis* in root canals. *International Endodontic Journal*, 38, 735–742.
- Seltzer, S., Green, D. B., Weiner, N. ve DeRenzis, F. (1972). A scanning electron microscope examination of silver cones removed from endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 30(7), 463–474.

- Şen, B. H., Pişkin, B. ve Baran, N. (1996). The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *International Endodontic Journal*, 29(1), 23–28.
- Senia, E. S., Marraro, R. V. ve Mitchell, J. L. (1977). Cold sterilization of gutta-percha cones with formocresol vapors. *Journal of the American Dental Association*, 94(5), 887–890.
- Shipper, G., Ørstavik, D., Teixeira, F. B. ve Trope, M. (2004). An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *Journal of Endodontics*, 30(5), 342–347.
- Shokouhinejad, N., Gorjestani, H., Nasseh, A. A., Hoseini, A., Mohammadi, M. ve Shamshiri, A. R. (2013). Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Australian Endodontic Journal*, 39(3), 102–106.
- Shokouhinejad, N., Hoseini, A., Gorjestani, H., Raoof, M., Assadian, H. ve Shamshiri, A. R. (2012). Effect of phosphate buffered saline on push-out bond strength of a new bioceramic sealer to root canal dentin. *Dental Research Journal (Ishafan)*, 9(5): 595-599.
- Short, J. A., Morgan, L. A. ve Baumgartner, J. C. (1997). A comparison of canal centering ability of four instrumentation techniques. *Journal of Endodontics*, 23(8), 503–507.

- Siqueira, J. F., Roças, I. N., Abad, E. C., Castro, A. J. R., Gahyva, S. M. ve Favieri, A. (2001). Ability of three root-end filling materials to prevent bacterial leakage. *Journal of Endodontics*, 27(11), 673–675.
- Siqueira, J. F., Rôças, I. N., Lopes, H. P., & Uzeda, M. (1999). Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva. *The American Association of Endodontists*, 25(1), 14–16.
- Skidmore, L. J., Berzins, D. W. ve Bahcall, J. K. (2006). An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of resilon and gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 32(10), 963–966.
- Skinner, R. L. ve Himel, V. T. (1987). The sealing ability of injection-molded thermoplasticized gutta-percha with and without the use of sealers. *Journal of Endodontics*, 13(7), 315–317.
- Soares, C. J., Celiberto, L., Dechichi, P., Fonseca, R. B. ve Martins, L. R. M. (2005). Marginal integrity and microleakage of direct and indirect composite inlays: SEM and stereomicroscopic evaluation. *Brazilian Oral Research*, 19(4), 295–301.
- Sousa-neto, M. D., Marchesan, M. A., Pe, J. D., Junior, A. B., Silva-sousa, Y. T. C. ve Saquy, P. C. (2002). Effect of Er : YAG Laser on Adhesion of Root Canal Sealers. *Journal of Endodontics*, 28(3), 185–187.
- Sousa-Neto, M. D., Silva Coelho, F. I., Marchesan, M. A., Alfredo, E. ve Silva-Sousa, Y. T. C. (2005). Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er : YAG and Nd : YAG lasers. *International Endodontic Journal*, 38(12), 866–870.

- Spangberg, L. S. W., Acierno, T. G. ve Yongbum Cha, B. (1989). Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. *Journal of Endodontics*, 15(11), 548–551.
- Stewart, G. G. (1958). A comparative Study of three root canal sealing agents. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 11(9), 1029–1041.
- Stuart, C. H., Schwartz, S. A., Beeson, T. J., ve Owatz, C. B. (2006). Enterococcus faecalis: Its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *Journal of Endodontics*, 32(2), 93–98.
- Sungur, D. D., Erdal, N. P. ve Calt, C. S. (2016). Push-out bond strength and dentinal tubule penetration of different root canal sealers used with coated core materials. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 7658(2), 114–120.
- Swanson, K. ve Madison, S. (1987). En evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *Journal of Endodontics*, 13(2), 56-59.
- Tagger, M., Tagger, E. ve Kfir, A. (1988). Release of calcium and hydroxyl ions from set endodontic sealers containing calcium hydroxide. *Journal of Endodontics*, 14(12), 588–591.
- Tagger, M., Tagger, E., Tjan, A. H. L. ve Bakland, L. K. (2002). Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *Journal of Endodontics*, 28(5), 351–354.
- Tamse, A., Katz, A. ve Kablan, F. (1998). Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *International Endodontic Journal*, 31(5), 333–337.

- Tang, W. R. (2015). Prevention and management of fractured instruments in endodontic treatment. *World Journal of Surgical Procedures*, 5(1), 82.
- Taşdemir, T., Er, K., Yıldırım, T., Buruk, K., Çelik, D., Cora, S., Tahan, E., Tuncel, B. ve Serper, A. (2009). 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 Endodontology*, 108(3), 129–134.
- Tay, F. R., Loushine, R. J., Weller, N. R., Pashley, D. H., ve Yiu-Fai, M. (2005). Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a Polycapronlactone based root canal filling material. *Journal of Endodontics*, 31(7), 514–519.
- Taylor, M. J. ve Lynch, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*, 20(1), 3–10.
- Teixeira, F. B., Teixeira, E. C. N., Thompson, J. Y. ve Trope, M. (2004). Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *Journal of the American Dental Association*, 135(5), 646–652.
- Thakur, S., Emil, J. ve Paulaian B. (2013). Evaluation of mineral trioxide aggregate as root canal sealer: a clinical study. *Journal of Conservative Dentistry*, 16(6): 494-498.
- Timpawat, S., Amornchat, C. ve Trisuwan, W. R. (2001). Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 27(1), 36–39.
- Topçuoğlu, H. S., Tuncay, Ö., Karataş, E., Arslan, H. ve Yeter, K. (2013). In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral

- trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1630–1633.
- Torabinejad, M., Ung, B. ve Kettering, J. D. (1990). In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, 16(12), 566–569.
- Tunç, E. Ş. ve Çetiner, S. (2006). Mineral trioxide aggregate: literatür derlemesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 16(1), 46–53.
- Üngör, M., Onay, E. O. ve Oruçoğlu, H. (2006). Push-out bond strengths: The Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 39(8), 643–647.
- Üreyen Kaya, B., Keçeci, A. D., Orhan, H. ve Belli, S. (2008). Micropush-out bond strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems - An ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 41(3), 211–218.
- Üşümez, A., Çobankara, F. K., Öztürk, N., Eskitascioğlu, G. ve Belli, S. (2004). Microleakage of endodontically treated teeth with different dowel systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(2), 163–169.
- Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A. ve De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), 100–121.
- Van Noort, R., Cardew, G. E., Howard, I. C. ve Noroozi, S. (1991). The Effect of Local Interfacial Geometry on the Measurement of the Tensile Bond Strength to Dentin. *Journal of Dental Research*, 70(5), 889–893.

- Venturi, M. (2006). Evaluation of canal filling after using two warm vertical gutta-percha compaction techniques in vivo: A preliminary study. *International Endodontic Journal*, 39(7), 538–546.
- Veríssimo, D. M. ve Vale, M. S. (2006). Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *Journal of Oral Science*, 48(3), 93–98.
- Vilas-Boas, D. A., Grazziotin-Soares, R., Ardenghi, D. M., Bauer, J., de Souza, P. O., de Miranda Candeiro, G. T., Maia-Filho, E. M. ve Carvalho, C. N. (2017). Effect of different endodontic sealers and time of cementation on push-out bond strength of fiber posts. *Clinical Oral Investigations*, 22(3), 1403–1409.
- Violich, D. R. ve Chandler, N. P. (2010). The smear layer in endodontics - A review. *International Endodontic Journal*, 43(1), 2–15.
- Watson, T. F. (1994). Applications of high-speed confocal imaging techniques in operative dentistry. *Scanning*, 16(3), 168–173.
- Weiger, R., Heuchert, T., Hahn, R. ve Löst, C. (1995). Adhesion of a glass ionomer cement to human radicular dentine. *Dental Traumatology*, 11(5), 214–219.
- Weller, R. N., Kimbrough, W. F. ve Anderson, R. W. (1997). A comparison of thermoplastic obturation techniques: Adaptation to the canal walls. *Journal of Endodontics*, 23(11), 703–706.
- Welsh, E. L. ve Hembree, J. H. (1985). Microleakage at the gingival wall with four class V anterior restorative materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 54(3), 370–372.

- Wennberg, A. ve Ørstavik, d. (1990). Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *International Endodontic Journal*, 23(1), 13–19.
- White, R. R., Goldman, M. ve Lin, P. S. (1984). The influence of the smeared layer upon dentinal tubule penetration by plastic filling materials. *Journal of Endodontics*, 10(12), 558–562.
- Whitworth, J. (2005). Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics*, 12(1), 2–24.
- Williams, S. ve Goldman, M. (1985). Penetrability of the smeared layer by a strain of proteus vulgaris permeabilidad de la capa de barro dentinario por una cepa de proteus vulgaris. *Journal of Enbodontics*, 11(9), 9–12.
- Williamson, A. E., Marker, K. L., Drake, D. R., Dawson, D. V. ve Walton, R. E. (2009). Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an in vitro model system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 108(2), 292–296.
- Wong, M., Peters, D. D. ve Lorton, L. (1981). Comparison of gutta-percha filling techniques, compaction (mechanical), vertical (warm), and lateral condensation techniques, part 1. *Journal of Endodontics*, 7(12), 551–558.
- Wu, M. K. ve Wesselink, P. R. (1993). Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal*, 26(1), 37–43.

- Wu, M. K., De Gee, A. J. ve Wesselink, P. R. (1994). Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal*, 27(5), 233–238.
- Wu, M. K., Degee, A. J., Wesselink, P. R. ve Moorer, W. R. (1993). Fluid transport and bacterial penetration along root-canal fillings. *International Endodontic Journal*, 26(4), 203–208.
- Wu, M. K., Kašáková, A. ve Wesselink, P. R. (2001). Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *International Endodontic Journal*, 34(6), 485–491.
- Wu, M. K., Tigos, E. ve Wesselink, P. R. (2002). An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: A leakage study in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 94(4), 499–502.
- Wu, M. K., Van Der Sluis, L. W. M., Ardila, C. N. ve Wesselink, P. R. (2003). Fluid movement along the coronal two-thirds of root fillings placed by three different gutta-percha techniques. *International Endodontic Journal*, 36(8), 533–540.
- Xu, Q., Fan, M. W., Fan, B., Cheung, G. S. P. ve Hu, H. L. (2005). A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 99(1), 107–111.
- Yared, G. M. ve Bou Dagher, F. (1996). Sealing ability of the vertical condensation with different root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 22(1), 6–8.

- Yee, F. S., Marlin, J., Arlen Krakow, A. ve Gron, P. (1977). Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *Journal of Endodontics*, 3(5), 168–174.
- Yıldırım, T., Er, K., Taşdemir, T., Tahan, E., Buruk, K. ve Serper, A. (2010). 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 Endodontology*, 109(1), 67–72.
- Yıldırım, T., Oruçoğlu, H. ve Çobankara, F. K. (2008). Long-term evaluation of the influence of smear layer on the apical sealing ability of mta. *Journal of Endodontics*, 34(12), 1537–1540.
- Youngson, C. C., Glyn Jones, J. C., Fox, K., Smith, I. S., Wood, D. J. ve Gale, M. (1999). A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems. *Journal of Dentistry*, 27(3), 223–233.
- Yücel, A. Ç. ve Çiftçi, A. (2006). Effects of different root canal obturation techniques on bacterial penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 102(4), 88–92.
- Yücel, A. Ç., Güler, E., Güler, A. U. ve Ertaş, E. (2006). Bacterial penetration after obturation with four different root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 32(9), 890–893.
- Zehnder, M., Baumgartner, G., Marquardt, K. ve Paqué, F. (2007). Prevention of bacterial leakage through instrumented root canals by bioactive glass

S53P4 and calcium hydroxide suspensions in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 103(3), 423–428.

Zhang, W., Li, Z. ve Peng, B. (2009). Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, 107(6), e79–e82.

Zmener, O., Banegas, G. ve Pameijer, C. H. (2004). Coronal microleakage of three temporary restorative materials : an in vitro study. *Journal of Endodontics*, 30(8), 582–584.

Zmener, O., Pameijer, C. H. ve Macri, E. (2005). 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*, 31(5), 392–395.

ARAŞTIRMACIYA AİT YAYINLAR

1. Uluslararası Hakemli Dergilerdeki (SCI, SCI-Expanded) Yayınlar

Dabaj, P., Kalender, A. ve Eldeniz, A. U. (2018). Push-out bond strength and SEM evaluation in roots filled with two different techniques using new and conventional sealers. *Materials*, 11(9), 1 – 10.

Celikten, B., Tufenkci, P., Aksoy, U., Kalender, A., Kermeoglu, F., **Dabaj, P.** ve Orhan, K. (2016). Cone beam CT evaluation of mandibular molar root canal morphology in a Turkish Cypriot population. *Clinical Oral Investigations*, 20(8), 2221 – 2226.

Celikten, B., Orhan, K., Aksoy, U., Tufenkci, P., Kalender, A., Basmaci, F. ve **Dabaj, P.** (2016). Cone – beam CT evaluation of root canal morphology of maxillary and mandibular premolars in a Turkish Cypriot population. *British Dental Journal Open*, 2, 15006.

2. Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Yayımlanan Bildiriler

Dabaj, P., Muharib, M., Aksoy, U., Basmaci, F. ve Kalender, A. (2014). MTA ile doldurulan açık apeksli devital dişin periapikal durumunun konik ışınli bilgisayarlı tomografi ile değeriendirilmesi: bir olgu sunumu. [Poster]. 12. Uluslararası Türk Endodonti Derneğı Kongresi İstanbul, Türkiye.

Kalender, A., Aksoy, U., Basmaci, F. ve **Dabaj, P.** (2015). Horizontal root fracture of a lateral incisor with open – apex obturated with MTA. [Poster]. TDA International Dental Congress Istanbul, Turkey.

Aksoy, U., Tufenkci, P., Celikten, B., Kalender, A., Orhan, K., Basmaci, F. ve **Dabaj, P.** (2015). Root and canal morphology of maxillary molars in a Turkish Cypriot population using cone beam computed tomography. [Poster]. European Society of Endodontology Biennial Congress Barcelona, Spain.