



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**DENTAL OPERASYON MİKROSKOBU KULLANIMININ KÖK UCU
DOLGU MATERYALLERİNİN APİKAL ÖRTÜCÜLÜK VE BAĞLANMA
DAYANIMINA ETKİSİNİN *EX-VİVO* OLARAK İNCELENMESİ**

DT. ANIL TEKE

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
PROF. DR. AYŞE DİLJİN KEÇECİ

**Bu Tez Tübitak 3001 – Başlangıç Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı
tarafından 114S890 proje numarası ile desteklenmiştir**

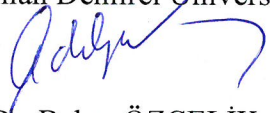
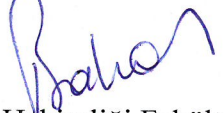
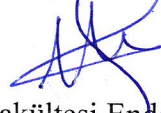


Tez. No: 141
ISPARTA-2016

KABUL ve ONAY SAYFASI

Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğüne;

Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Endodonti Anabilim Dalı** **Doktora Programı** çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 10/06/2016

- Tez I. Danışman : Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ
Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti
AD. 
- Üye : Prof. Dr. Bahar ÖZÇELİK 
Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD.
- Üye : Prof. Dr. Hatice DOĞAN BUZOĞLU 
Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD.
- Üye : Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA 
Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti
AD.
- Üye : Doç. Dr. Gülperi KOÇER 
Süleyman Demirel Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve
Çene Cerrahisi AD.

ONAY: Bu doktora tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve kabul edilmiştir.

.....
Enstitü Müdür

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarımı ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

“Dental operasyon mikroskobu kullanımının kök ucu dolgu materyallerinin apikal örtücülük ve bağlanma dayanımına etkisinin *ex-vivo* olarak incelenmesi” adlı Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Dt. Anıl TEKE

İmza

Danışman

Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ

İmza

ÖNSÖZ

Bu çalışmada endodontik cerrahide kullanılan yöntem ve materyaller *ex-vivo* olarak incelenmiştir. Kalsiyum-silikat esaslı Biodentine ve bioseramik esaslı BioAggregate kök ucu dolgusu olarak oldukça yenidir. Endodontik cerrahide operasyon mikroskobu kullanımı ve bunun yanı sıra kök ucu kaviteilerinin hazırlanmasında ultrasonik kavite hazırlama tekniği ile ilgili çalışmaların sayısı sınırlıdır.

Çalışmamızda kök ucu kavitesi hazırlanmasında klasik yöntem veya operasyon mikroskobu altında ultrasonik kullanımı karşılaştırılmıştır. Farklı gruplarda karşılaştırılan ilk parametre apikal örtücülüktür. Endodontide mikrosızıntıyı inceleyen çalışmalarda sıklıkla boya, mikroorganizma, sıvı ve glikoz filtrasyon yöntemleri kullanılmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar glikoz penetrasyon testinin diğerlerine göre daha hassas olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle apikal örtücülüğün değerlendirilmesinde bu yöntem kullanılmıştır. İkinci parametre ise bağlanma dayanımı olup push-out test yöntemi ile değerlendirilmiştir. SEM mikrografları ile dentin-dolgu arayüzü de incelenerek bu iki parametrenin değerlendirilmesi desteklenmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları ile hedeflenen; endodontik cerrahide kök ucunda kullanılan dolgu materyaline ve yonteme bağılı başarıyı artırmaktır. Böylece kaliteli materyal ve avantajlı uygulama yöntemi belirlenerek, hekim ve hastaya sunulabilecektir.

Bu çalışma 114S890 proje numarası ile Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

Isparta, 2016

TEŞEKKÜR

Lisans ve doktora öğrenimim boyunca kendisinden çok şey öğrendiğim, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, bana karşı her zaman yol gösterici olan doktora danışmanım, Endodonti Anabilim Dalı Başkanı **Sayın Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ**'ye,

Doktora eğitimim süresince, tüm tecrübelerini ve bilgisini benimle paylaşan, tezimin aşamalarında bana destek olan, yol gösteren ve ihtiyacım olan her an bilgi ve düşüncelerine başvurduğum **Sayın Doç. Dr. Bulem ÜREYEN KAYA**'ya,

Endodonti Anabilim Dalı'na girdiğim ilk günden beri ilgi ve desteklerini esirgemeyen, Endodonti'nin esaslarını öğrenmemi sağlayan çok değerli hocalarım **Sayın Doç. Dr. Murat MADEN**, **Sayın Doç. Dr. Nejdet ADANIR** ve **Sayın Yrd. Doç. Dr. Feyza ÖZDEMİR KISACIK**'a,

Tezimin istatistiksel analizlerinde ve bulguların yorumlanmasında destek olan **Sayın Uzm. Dr. İbrahim Ethem YAYLALI**'ya,

Tez izleme komitemde bulunan Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi **Sayın Doç. Dr. Gülperi KOÇER**'e,

Bizleri kırmayıp davetimizi kabul ederek buralara kadar gelip tezimize destek olan **Sayın Prof. Dr. Bahar ÖZÇELİK** ve **Sayın Prof. Dr. Hatice DOĞAN BUZOĞLU**'na,

Doktora projemizi desteklediği için **Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)**'na,

Spektrofotometrik analiz işlemlerimin gerçekleştirilmesinde imkan sağlayan Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Öğretim Üyesi **Sayın Doç. Dr. Gülcan ÖZKAN**'a ve analizler sırasında yardımlarını esirgemeyen **Sayın Yük. Fizikçi Neslihan KAYA KINAYTÜRK** ve **Nuray KUTU**'ya,

SEM incelemelerinin gerçekleşmesinde laboratuvarını bizlere açan **Erciyes Üniversitesi, Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi**' ne ve incelemeleri yapan **Sayın Yük. Fizikçi İhsan AKŞİT**'e,

Güler yüzü ve samimiyetiyle, ne zaman yardıma ihtiyacım olsa elimden tutan, tecrübesiyle bana her zaman yol gösteren akıl hocam, ağabeyim **Uzm. Dr. Ahmet SAVGAT**'a,

Öğrenciliğimden doktora hayatımın sonuna kadar birlikte çalışmaktan gurur duyduğum, yediğimiz ve içtiğimizin ayrı gitmediği, benim için yeri her zaman başka olan dostum **Uzm. Dr. Erdal SARITEKİN**'e,

Pozitif enerjileriyle stresli anlarımda bile yüzümü güldürmeyi başaran, moral veren, beraber vakit geçirmekten vazgeçemediğim dostlarım **Uzm. Dr. Emre ÇİÇEK**'e, **Dt. C. Emre ERİK** ve **Dt. Emir YILMAZ**'a,

Doktora eğitimim boyunca beraber çalıştığım, güler yüzlü asistan arkadaşlarıma, hemşirelerimize, sekreterlerimize ve yardımcı personellerimize,

Uzakta da olsalar kalpleri ile hayatımın her anında yanımda olan, benden her konuda yardımlarını esirgemeyen ve beni yetiştirerek bu günlere getiren, karşılığını hiçbir şekilde ödeyemeyeceğim **canım aileme**,

Çocukluğumdan bugüne beraber büyüdüğüm, yüzündeki tebessümle ve sıcacık kalbiyle içimi ısıtan; sıkıntılı, stresli anlarımda bile kahrımı çeken, hiçbir zaman anlayışını yitirmeyen; pes ettiğim zamanlarda beni ayağa yeniden kaldıran, yaşama sevincime, hayat arkadaşına, **Elifim**'e teşekkürü bir borç bilirim.

Anıl TEKE
ISPARTA 2016

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	ii
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	iii
ÖNSÖZ.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
RESİMLER DİZİNİ.....	xv
GRAFİKLER DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Cerrahi Endodontik Tedavinin Amacı ve Önemi	3
2.2. Cerrahi Endodontik Tedavinin Endikasyonları	3
2.2.1. Kalsifiye Kanallar.....	4
2.2.2. Kanal Tedavisi Sırasındaki Başarısızlıklar	4
2.2.2.1. Kök Perforasyonları.....	4
2.2.2.2. Apikalden Taşan Aletin Kırılması	5
2.2.2.3. Aşılamayan Basamak Oluşumu	5
2.2.2.4. Taşkın Genişletme Sonucu Apikal Konstrüksiyonun Bozulması.....	5
2.2.2.5. Semptomatik Taşkın Dolgu	5
2.2.3. Periapikal Patolojinin Tipi (Kist-Granülom).....	6
2.2.4. Biyopsi.....	6
2.2.5. İyileşmeyen Kök Kırığı	6
2.2.6. Yenilenen Kanal Tedavisinin Başarısızlığı.....	6
2.2.7. Anker ve Köprü Varlığı	7
2.3. Kök Ucu Rezeksiyonunun Kontrendikasyonları	7
2.3.1. Hastanın Genel Sağlık Durumu ile İlgili Kontrendikasyonlar.....	7
2.3.2. Diş Ait Olan Kontrendikasyonlar	8
2.4. Kök Ucunun Kesilmesi.....	8
2.5. Kök Ucunun Kesim Açısı.....	9
2.6. Kök Ucu Kavitesinin Hazırlanması.....	13

2.7. Kök Ucunun Kesiminde ve Kök Ucu Kavitesinin Hazırlanmasında Kullanılan Aletler ve Yöntemler	15
2.7.1. Geleneksel Frezler	16
2.7.2. Ultrasonik Cihazlar	16
2.7.2.1. Ultrasonik Cihazların Endodontide Kullanım Alanları	17
2.7.2.2. Ultrasonik Cihazların Apikal Cerrahide Kullanımı	17
2.8. Kök Ucu Dolgusu	19
2.8.1. İdeal Kök Ucu Dolgu Maddesinin Özellikleri	20
2.8.2. Kök Ucu Dolgu Maddeleri	20
2.8.2.1. Amalgam	21
2.8.2.2. Güta Perka	22
2.8.2.3. Cam İyonomer Simanlar (CİS)	22
2.8.2.4. Kompozit Rezinler	23
2.8.2.5. Kompomerler	23
2.8.2.6. Super-EBA (Super Ethoxy-Benzoic Acid)	24
2.8.2.7. IRM (Intermediate Restorative Material)	24
2.8.2.8. Polikarboksilat Simanlar	25
2.8.2.9. Diaket	25
2.8.2.10. Kavit	26
2.8.2.11. Çinko Oksit Öjenol (ZOE) Siman	26
2.8.2.12. EndoSequence Root Repair Material (ERRM)	27
2.8.2.13. Calcium Enriched Mixture (CEM)	27
2.8.2.14. Ceramicrete	28
2.8.2.15. iRoot BP	28
2.8.2.16. MTA (Mineral Trioksit Aggregate)	29
2.8.2.17. BioAggregate	30
2.8.2.18. Biodentine	31
2.9. Endodontik Mikrosızıntı	32
2.9.1. Endodontik Mikrosızıntı Test Yöntemleri	33
2.9.1.1. Boya Penetrasyon Testi	33
2.9.1.2. Radyoaktif İzotop Testi	35
2.9.1.3. Bakteri ve Toksin İnfiltrasyon Testi	35
2.9.1.4. Elektrokimyasal Teknik	36
2.9.1.5. Sıvı Filtrasyon Sızıntı Testi	36
2.9.1.6. Glikoz Penetrasyon Testi	37

2.10. Adezyon.....	38
2.10.1. Adezyonun Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler	39
2.10.1.1. Çekme Testi	39
2.10.1.2. Makaslama Testi	40
2.10.1.3. Push-Out Testi	40
2.10.1.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile İnceleme	41
2.11. Endodontik Cerrahide Operasyon Mikroskobunun Yeri.....	43
3. GEREÇ VE YÖNTEM	46
3.1. Dişlerin Seçilmesi.....	46
3.2. Glikoz Sızıntı Testi İçin Dişlerin Hazırlanması.....	48
3.2.1. Kök Ucu Dolgularının Mikrosızıntı Değerlerinin Belirlenmesi	59
3.2.1.1. Örneklerin Hazırlanması.....	59
3.2.1.2. Spektrofotometrik Analiz ile Mikrosızıntının Değerlendirilmesi.....	63
3.3. Push-Out Testi İçin Dişlerin Hazırlanması.....	66
3.3.1. Kök Ucu Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarının Belirlenmesi.....	68
3.3.1.1. Dentin Disklerinin Hazırlanması	68
3.3.1.2. Push-Out Test Düzenineğinin Hazırlanması.....	69
3.3.1.3. Kuvvet Uygulanması	70
3.3.1.4. Bağlanma Dayanımının Hesaplanması	71
3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	71
3.5. İstatistiksel Analiz	73
3.5.1. Glikoz Sızıntı Testinin İstatistiksel Analizi	73
3.5.2. Bağlanma Dayanımı Testinin İstatistiksel Analizi	73
4. BULGULAR.....	74
4.1. Glikoz Sızıntı Testine Ait Bulgular	74
4.2. Bağlanma Dayanımı Testine Ait Bulgular	77
4.3. Glikoz Sızıntı Testi ve Bağlanma Dayanımı Testi Arasındaki İlişki.....	79
4.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi Bulguları.....	80
4.5. Uygulama süresi	103
5. TARTIŞMA.....	104
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	128
7. ÖZET VE ABSTRACT.....	130
8. KAYNAKLAR.....	132
EKLER.....	160

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

#	: Numara
%	: Yüzde
μm	: Mikrometre
°	: Derece
μl	: Mikrolitre
Π	: Pi sabiti
125I	: Iodine-125
4-META	: 4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride
Abs	: Absorbans
AMF	: Apical master file
Atm	: Atmosfer
BA	: BioAggregate
BD	: Biodentine
BisGMA	: Bisphenol A-glycidyl methacrylate
C factor	: Configuration factor
C	: Santigrat
Ca(OH)₂	: Kalsiyumhidroksit
CEM	: Calcium Enriched Mixture CEM
CIS	: Cam iyonomer simanlar
cm	: Santimetre
CO₂	: Karbondioksit
Da	: Dalton

dak	: Dakika
dl	: Desilitre
DOM	: Dental operasyon mikroskobu
EDTA	: Ethylenediaminetetraacetic acid
EMC	: Endodontik Mikro Cerrahi
Er:Cr:YSGG	: Erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium garnet
Er:YAG	: Erbium-doped yttrium aluminium garnet
ERRM	: EndoSequence Root Repair Material
g	: Gram
GKC	: Geleneksel kökucu cerrahisi
GOD	: Glikoz oksidaz
Gr (-)	: Gram negatif
h	: Yükseklik
IRM	: Intermediate Restorative Material
kHz	: Kilohertz
kPa	: Kilopaskal
L	: Litre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mm²	: Milimetre kare
mmol	: Milimol
MPa	: Megapaskal

MTA	: Mineral Trioksit Agregat
N	: Newton
n	: Örnek sayısı
NaN₃	: Sodyum azid
NaOCl	: Sodyumhipoklorit
Nd:YAG	: Neodymium-doped yttrium aluminium garnet
NEC	: New endodontic Cement
nm	: Nanometre
PAP	: Amino-antiprin
pH	: Power of Hydrogen
POD	: Peroksiaz
r	: Yarıçap
SEM	: Scanning electron microscope
SS	: Standart sapma
Super-EBA	: Super Ethoxy-Benzoic Acid
TEGDMA	: Triethyleneglycol dimethacrylate
UDMA	: Urethane dimethacrylate
UI	: International unit
US	: Ultrasonik
UV-Vis	: Ultraviyole-görünür ışık
ZOE	: Çinko Oksit Öjenol

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Deney Kurgusu	47
Tablo 2. Glikoz sızıntı testi için grupların dağılımı	58
Tablo 3. Monoreagent, glikoz kiti standart solüsyonu, kör, örnek ve standart solüsyonlarının içerikleri.....	64
Tablo 4. Push-out bağlanma dayanımı testi için grupların dağılımı	67
Tablo 5. Deney sonucunda g/L cinsinden elde edilen glikoz pentrasyon değerleri. .	75
Tablo 6. Deney sonucunda MPa cinsinden elde edilen push-out bağlanma dayanımı değerleri.	77
Tablo 7. Sızıntı ve bağlanma değerleri arasındaki ilişki	79
Tablo 8. Retrograd dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını inceleyen çalışmalar ve sonuçları	121
Tablo 9. GKC (Geleneksel Kökucu Cerrahisi), EMC (Endodontik Mikro Cerrahi)' de diş tipine göre başarı oranları	124
Tablo 10. Büyütmenin başarıya etkisi	125

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Apikal dallanmaların ve lateral kanalların seviyelere göre oranı	10
Şekil 2. Kök ucu rezeksiyon açısına göre apikal dallanma ve lateral kanalların eliminasyonu	12
Şekil 3. Kök ucu dolgu materyallerinin uygulanması.....	55
Şekil 4. Bir örneğin yerleştirileceği düzenek ve sızan glikoz miktarının spektrofotometrik olarak ölçülmesi	66



RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Kesit cihazı	48
Resim 2. Kök boyları $15 \pm 0,05$ mm' ye eşitlenen dişler	49
Resim 3. Kök ucunun uzaklaştırılması	50
Resim 4a. DOM altında kavite hazırlığı	51
Resim 4b. DOM altında hazırlanmış kaviteler	52
Resim 5a. Çıplak göz ile kavite hazırlığı	53
Resim 5b. Çıplak göz ile hazırlanmış kaviteler	54
Resim 6a. DOM altında, kavite preparasyon tekniğine göre kök ucu dolgularının görünümü	56
Resim 6b. Çıplak göz ile, kavite preparasyon tekniğine göre kök ucu dolgularının görünümü	57
Resim 7. 37 °C de %100 nemli ortam oluşturan düzenek	59
Şekil 8a. Bir örneğin yerleştirildiği glikoz penetrasyon düzeneği	60
Şekil 8b. Örneklerin yerleştirildiği glikoz penetrasyon düzenekleri	61
Resim 9. Basınç ayarlı sızıntı düzeneği	62
Resim 10a. Sırasıyla; Kör, örnek ve standart solüsyonları	63
Resim 10b. Spektrofotometrik analiz öncesi bir gruba ait 13 örnek	64
Resim 11. Spektrofotometre cihazı	65
Resim 12a. Dentin disklerinin hazırlanması	68
Resim 12b. 3 mm lik kök ucu dolgularının orta $1 \pm 0,05$ mm'lik kısmından elde edilen dentin diskleri	69
Resim 13. Universal test cihazında 0,5 mm/dk hızda kuvvet uygulanarak bağlanma direncinin ölçülmesi	70
Resim 14. Bağlanma yüzey alanının mm ² cinsinden hesaplanması	71
Resim 15. Dentin-dolgu arayüzü incelemesinde kullanılan taramalı elektron mikroskobu	72
Resim 16a. MTA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	80
Resim 16b. MTA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	81
Resim 17a. MTA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	82
Resim 17b. MTA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	83

Resim 18a. MTA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrografi	84
Resim 18b. MTA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrografi	85
Resim 19a. MTA+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	86
Resim 19b. MTA+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	87
Resim 20a. BA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	88
Resim 20b. BA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	89
Resim 21a. BA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	90
Resim 21b. BA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	91
Resim 22a. BA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	92
Resim 22b. BA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	93
Resim 23a. BA+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	94
Resim 23b. BA+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	95
Resim 24a. BD+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	96
Resim 24b. BD+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	97
Resim 25a. BD+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	98
Resim 25b. BD+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	99
Resim 26a. BD+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	100
Resim 26b. BD+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi	101
Resim 27a. BD+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	102
Resim 27b. BD+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi	103

GRAFİKLER DİZİNİ

- Grafik 1.** Glikoz penetrasyon testinde g/L cinsinden elde edilen ortalama değerlerin gruplara göre dağılımının sütun grafiği ile gösterilmesi 76
- Grafik 2.** Push-out testinde MPa cinsinden elde edilen ortalama değerlerin gruplara göre dağılımının sütun grafiği ile gösterilmesi 78



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kök kanal tedavisinde başarıyı belirleyen faktör çoğu zaman kanal dolgusunun sızdırmazlığıdır. Özellikle uzun süreli takipler sonucu, ağız ortamında başarılı bir kanal tedavisi koronal ve kök dolgusunun sızdırmazlığıyla ilgilidir. Başarısız vakalarda, çıkarılamayan kırık alet veya post, geniş kanal perforasyonları, inatçı enfeksiyonlar bulunması durumunda, ortograd olarak kök kanalının yenilenmesi mümkün olmayabilir ve endodontik cerrahi uygulaması gerekebilir.

Endodontik cerrahi, apikal bölgenin küretajı, kök ucu rezeksiyonu ve kök ucuna retrograd dolgu yerleştirilmesini içermektedir. Bu işlemin amacı da apikal sızdırmazlığın üst düzeyde sağlanmasıdır. Mikrosızıntı, ortograd yolla olduğu kadar apikal yolla da kök kanalını tehdit eder. Bu nedenle sızdırmaz kök ucu dolgularına ihtiyaç vardır. Genel olarak endodontik cerrahi, periodontal koşulların uygun olması halinde dişin ağızda tutulması için son şanstır.

Günümüzde MTA (Mineral Trioksit Aggregate), kök ucu dolgu maddesi olarak daha önce kullanılan birçok materyalden (amalgam, SuperEBA, IRM vb) üstün bulunarak endodontik cerrahide kullanılan standart materyal olmuştur. Kök ucu dolgu materyallerinin mikrosızıntı özellikleriyle ilgili çalışmalar sınırlı sayıda olup, daha çok amalgam, SuperEBA, IRM, camiyonomer siman ve MTA'yı ele almıştır.

Bu çalışmada kullanılmış olan kalsiyum-silikat (Biodentine) ve bioseramik (BioAggregate) esaslı materyaller kök ucu dolgusu olarak oldukça yenidir. Ayrıca endodontik cerrahide operasyon mikroskobu kullanımı ve bunun yanı sıra kök ucu kavitelesinin hazırlanmasında ultrasonik kavite hazırlama tekniği ile ilgili çalışmaların sayısı da sınırlıdır. Bu nedenle çalışmada kök ucu kavitesi hazırlanmasında, klasik yöntem ile operasyon mikroskobu altında ultrasonik kullanımı karşılaştırılmıştır.

Bu projenin amacı, büyütme/büyütmesiz ve ultrasonik uç/frez ile açılmış kaviteleserde, bioseramik ve trikalsiyum silikat içerikli üç farklı kök ucu dolgu materyalinin (MTA, BioAggregate ve Biodentine), apikal örtücülüklerinin ve bağlanma dayanımlarının *ex-vivo* olarak incelenmesidir. Bu nedenle çalışmada;

- DOM ile büyütmenin, çıplak göz ile çalışmadan farkı,
- Kök ucu kavitesinin ultrasonik uçlarla veya frezle açılmasının dolgu kalitesine olan etkisi,

- Dolgu materyallerinin glikoz penetrasyon testi ile sızdırmazlık özellikleri,
- Dolgu materyallerinin push-out testi ile bağlanma dayanımının karşılaştırılması ve
- Dolgu ve diş arasındaki bağlantı ve yüzey özelliklerinin SEM ile analizi incelenmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Cerrahi Endodontik Tedavinin Amacı ve Önemi

Endodontik tedavinin başarısızlığı durumunda tercih edilecek tedavi seçeneği geleneksel (ortograd yolla) kanal dolgusu yenilemesidir (1). Ancak kök kanal sisteminin karmaşıklığı, uygun olmayan enstrümantasyon ve fiziksel bariyerlerin varlığı (anatomik, post-kor restorasyonlar, kırık aletler gibi) amaçlanan ideal tedavinin gerçekleştirilmesini önlemektedir. Böyle durumlarda cerrahi endodontik tedavi ilk alternatif olmaktadır.

Endodontik cerrahi ilk kez 1500 yıl önce Yunanlı Aetius'un akut apikal apseyi bir bıçak ile insize etmesiyle başlamıştır (2). Günümüz modern diş hekimliğinde kullanılan periapikal cerrahi ise ilk kez 1884 yılında Farrar (3) ve 1897 yılında Ash (4) tarafından alveolar apselerin tedavisi için tanımlanmıştır. Retrograd dolgunun uygulandığı apikal cerrahi ise ilk kez Amerika'da 1915 yılında Dr. Ottesen tarafından yapıldığı Friedman (5) tarafından belirtilmiştir. Bunu izleyen yıllarda daha çok periapikal cerrahinin endikasyonları ve cerrahi prensipleri ile ilgilenilmiştir. Periapikal cerrahi genel olarak;

- Enfekte ve rezorbe olmuş kök apeksinin uzaklaştırılması,
- Enfekte ve enflame dokuların basit küretajı,
- Rezeke edilmiş kök ucunda apikal kavite hazırlanması,
- Kök kanal sistemi ile periapikal dokular arasındaki geçişi önlemek için retrograd dolgu yapılması aşamalarını içerir (6).

2.2. Cerrahi Endodontik Tedavinin Endikasyonları

Cerrahi endodontik tedavi şu durumlarda uygulanabilir (7);

1- Kalsifiye kanallar

2- Kanal tedavisi sırasındaki başarısızlıklar

- a. Kökte konservatif yöntemle iyileşmeyen perforasyonlar
- b. Apikalden taşan alet kırılması

- c. Aşılamayan basamak oluşumu
- d. Taşkın genişletme sonucu apikal yapının bozulması
- e. Semptomatik taşkın dolgu

3- Periapikal patolojinin tipi (Kist-granülom)

4- Biyopsi

5- İyileşmeyen kök kırığı

6- Yenilenen kanal tedavisinin başarısızlığı

7- Anker ve köprü varlığı

2.2.1. Kalsifiye Kanallar

Genellikle travma sonucu koronal ve kök pulpasında oluşan kalsifik dejenerasyon kök kanalının parsiyel veya total olarak tıkanmasına neden olabilir (8,9). Özellikle total kök kanalı kalsifikasyonlarında kök kanalını açma girişimleri dişin genel direncini azaltacağı ve perforasyonların oluşumuna neden olacağı için kök kanal tedavisinden kaçınılmalıdır (10). Eğer dişte endodontik tedavi endikasyonunu gerektirecek bir durum var ama ortograd yollarla apikal foramene ulaşıp kanal tedavisi yapma olasılığı yoksa cerrahi girişim ile kök ucuna retrograd dolgu yerleştirilerek iyi bir tıkama sağlanır (11).

2.2.2. Kanal Tedavisi Sırasındaki Başarısızlıklar

2.2.2.1. Kök Perforasyonları

Kök perforasyonları, kanal dolgusu yapılma öncesindeki girişimler esnasında oluşabilir. Perforasyonun yerine göre tedaviye yön verilmelidir. Perforasyon apikal bölgede ise ilk düşünülmesi gereken tedavi yaklaşımı restoratif olmalıdır. Perfore olmuş sahaya kalsiyum hidroksit gibi kemik oluşumunu stimüle eden ilaçlar uygulanır (12). Eğer yaptığımız bu işlem başarısız olur ve enfeksiyon gelişirse veya perforasyon sahası orta ya da apikal bölgede olmuşsa tedavi şeklimiz endodontik cerrahiye gerektirir. Perforasyon bölgesi apekse ne derece yakınsa başarı o oranda artmaktadır (13,14).

2.2.2.2. Apikalden Taşan Aletin Kırılması

Kök kanallarını şekillendirmek ve genişletmek için kullanılan aletler, her ne kadar yapısal olarak güçlendirilmiş ve kırılmalara karşı direnci arttırılmış olsa bile dikkatsiz çalışma sonucunda kökün herhangi bir yerinde kırılabilirler. Kanal boyu iyi hesaplanmadan genişletmeye başlanırsa, alet apikal foramenin dışında da kırılabilir. Apikal dışına taşan alet kırığının bulunduğu vakalarda öncelikle kanal yoluyla kırık parça çıkarılmaya çalışılır. Eğer bu tedavi başarısızlıkla sonuçlanıyorsa yapılması gereken cerrahi girişimdir (11,15). Apikal bölgeden taşmış olan kanal aleti uzaklaştırılmazsa ve kanalın temizlenmemiş olan bu bölümü enfeksiyona zemin hazırlama riski taşıyorsa cerrahi olarak uzaklaştırılması gerekmektedir (16).

2.2.2.3. Aşılamayan Basamak Oluşumu

Özellikle aşırı eğimli kanallarda genişletilme esnasında eğeleme prensiplerinin takip edilmediği pek çok olguda basamak oluşur ve bu oluşum apikale ulaşmayı engeller (7). Dolayısıyla endodontik tedavinin başarısızlığına neden olur. Tedavi öncesi periapikalde radyolüsens alan varsa, basamak apekten uzakta oluşmuşsa ve ortadan kaldırılamıyorsa dişin kurtarılması için apikal cerrahi gerekir (15).

2.2.2.4. Taşkın Genişletme Sonucu Apikal Konstrüksiyonun Bozulması

Kanal boyutu tespit edilmeden yapılan genişletme ve şekillendirme işlemlerinde normal çalışma uzunluğundan daha fazla uzunlukta çalışılırsa apikal perforasyona ve dolayısıyla apikal konstrüksiyonun bozulmasına neden olunur. Burada yapacağımız ilk işlem apeksifikasyon olmalıdır. Eğer bu tedavi başarısız olursa ve periapikal dokulara debrisin taşıdığı tespit edilirse apikal cerrahi kaçınılmaz olur (7,11).

2.2.2.5. Semptomatik Taşkın Dolgu

Belli orandaki taşkınlığı periapikal dokular tolere edebilir. Bu durumda taşan dolgu maddesinin toksisitesi önemlidir (17,18). Ancak hangi tür madde taşırılmış olursa olsun genelde başarısızlıkla sonuçlanır ve periapikal cerrahi endikasyonu doğurur (15).

2.2.3. Periapikal Patolojinin Tipi (Kist-Granülom)

Taşkın doldurulmuş vakalarda, taşkınlık cerrahi olarak alındıktan sonra sızdırmazlığın sağlanması için retrograd dolgu gereklidir. Çok büyük bir periapikal lezyon kanal tedavisiyle iyileşemeyebilir. Periapikal lezyon bir kist ise, yalnız kök kanal tedavisi ve dolgusu başarılı olamamaktadır. Fakat günümüzde bu bilgi tartışmalıdır. Bazı araştırmacılar kist benzeri geniş periapikal lezyonlarda kök kanalından yeterli drenaj sonrası yapılan kanal tedavisinin başarılı sonuçlar verdiğini göstermişlerdir (19,20). Periapikal lezyonda kist varlığında kesin apikal cerrahi endikasyonu ilk tedavi şekli değildir. Kanal tedavisi yapılır, başarısız olunursa apikal cerrahi uygulaması gerekir (10).

2.2.4. Biyopsi

Dişin apikalindeki lezyonun malignitesinden şüpheleniliyorsa ya da tipinin belirlenmesi isteniyorsa biyopsi alınmalıdır. Bu apikal cerrahiyle mümkündür (18,21).

2.2.5. İyileşmeyen Kök Kırığı

Bazen kök kırığı mevcut olan dişlerde endodontik tedavi yapılmaksızın, pulpa canlı kalabilir ve kırık parçaları birbirlerine yeni sert doku oluşumu ile kaynaşabilirler (11). Her iki kök parçası nekroz olmuş ise, kanal tedavisi ve post sistemleri ile parçalar birleştirilerek diş konservatif olarak tedavi edilebilir. Bu tip olgularda parçalar arasındaki kırık hattına kanal patının taşması veya periapikal radyolusentliğin iyileşmemesi veya apikal parçaya kanal tedavisi yapılamaması gibi durumlarda apikal parça cerrahi olarak çıkartılıp koroner kök ucuna retrograd dolgu yapılarak tıkama sağlanır. (11,22,23).

2.2.6. Yenilenen Kanal Tedavisinin Başarısızlığı

Kök kanal tedavisi yapılmış vakalarda, periapikal dokularda radyografik ve klinik belirtiler veren iyileşme sağlanamamışsa tedavi yenilenir. Tedavi yenilenmesine rağmen iyileşme hala sağlanamamışsa ve kök kanal dolgusunun kalitesi hakkında şüphe varsa periapikal cerrahi uygulanarak retrograd dolgu yapılır (24).

2.2.7. Anker ve Köprü Varlığı

Diş daha önce bir protez yapılmışsa veya bir köprü ayağı olarak kullanılıyorsa, kök kanalı tedavisini bu proteze zarar vermeden yapılma olanağı yoksa, cerrahi uygulama tercih edilebilir (11).

2.3. Kök Ucu Rezeksiyonunun Kontrendikasyonları

Kök Ucu Rezeksiyonunun uygulanamadığı durumlar ise şu şekildedir (10,21,25);

- 1- Hastanın genel sağlık durumu ile ilgili kontrendikasyonlar
- 2- Diş ait olan kontrendikasyonlar
 - a. Kökün kısa olması
 - b. Endo-periodontal kombine lezyonlar
 - c. Kökün anatomik komşulukları

2.3.1. Hastanın Genel Sağlık Durumu ile İlgili Kontrendikasyonlar

Bütün cerrahi uygulamalarda olduğu gibi burada da ilk akla gelen hastanın genel sağlık durumudur. Hastanın sağlığı açısından en basit bir şüphe olduğunda konsültasyon istenmelidir.

- Kontrol edilemeyen diyabet, tüberküloz, sifiliz, nefrit, kan bozukluğu, osteoradyonekroz, kalp hastalıkları, terminal hastalıklar ve steroid tedavisi gören aktif sistemik hastalıklarda,
- Serebral felç ve epilepsi gibi nörolojik sorunlarda,
- Hamileliğin ilk ve son üç ayına girmiş olan hastalarda,
- Aşırı derece hassas ve iletişim kurulması güç olan psikolojik sorunlu hastalarda endodontik cerrahi uygulamasından kaçınılmalıdır (7,21,26).

Endokardit riski taşıyan hastalarda, kanama problemi olan hastalarda, kortikosteroid kullanan hastalarda, diyaliz hastaları gibi kontrol altındaki hastalarda hekim konsültasyonuna gidilerek gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra cerrahi müdahale uygulanmalıdır (10).

2.3.2. Diş Ait Olan Kontrendikasyonlar

a- Kökün kısa olması: Dişin kökü normalden çok kısa olduğu durumlarda rezeksiyon yapıldığında kök-kron oranı bozulacağından tutuculuk zayıflar ve dişin ağızda durma süresi kısalır. Bununla beraber bu olgularda apikal rezeksiyon yerine apikal küretaj yapılarak dişin ağızda kalma süresi uzatılabilir (10,26).

b- Endo-periodontal kombine lezyonlar: Bu tip olgularda endodontik cerrahi tamamen kontrendike olmamakla birlikte başarı şansı oldukça azdır (10).

c- Kökün anatomik komşulukları: Uzun köklü üst santral keserlerdeki periapikal lezyonlar burun tabanı ile yakın ilişkide olabilir. Bu durumda nazal bölgede oluşabilecek bir perforasyon ihtimaline karşı dikkatli olmak gerekmektedir. Üst çene posterior dişlerdeki cerrahi uygulamalarda bu dişlerin köklerinin maksiler sinüse olan yakın komşuluğu göz önüne alınarak dikkatli davranılmalıdır. Alt çene premolar ve molar köklerinin mandibular kanal içindeki inferior alveolar sinir paketine komşuluğu bu bölgelerde yapılacak cerrahi işlemlerde önemlidir. Yanlış cerrahi işlemler sinirin zedelenmesine neden olabilir. Alt küçük azıların kökleri foramen mentaleye çok yakındır. Palatal damar sinir paketinin büyük dalı büyük palatal foramenden ikinci ve üçüncü molar bölgeden çıkıp palatinal orta çizgi ve gingival marjın arasına orta yol boyunca ilerler. Palatal flep cerrahisinde nörovasküler pakete zarar vermemek için dikkatli davranılmalıdır (11,21).

2.4. Kök Ucunun Kesilmesi

Uygun insizyon uygulanıp flep kaldırıldıktan sonra kortikal kemik delinerek lezyona ulaşılır. Bu işlemler esnasında uygun ajanlarla kanamanın kontrol altına alınması başarıyı artırır. Kanamanın kontrol altına alınması daha net bir görüş alanı sağlayarak manipülasyonu kolaylaştırır ve kök ucu dolgu materyallerinin daha kolay yerleştirilmesini sağlar (27).

Kanamayı kontrol etmek amacıyla içine epinefrin emdirilmiş pamuk pelet granülasyon dokusu kaldırıldıktan sonra kemik kavitesine yerleştirilir. Diğer alternatif hemostatik ajan ise kalsiyum sülfattır. Epinefrin emdirilmiş pamuk peletin aksine kalsiyum sülfat yerinde bırakılabilir. Bu ajan biyouyumlu olduğu için 2 - 4 hafta içinde

rezorbe olur. Ferrik sülfat solüsyonu da bu amaç için kullanılan diğer bir hemostatik ajandır. Ferrik sülfat solüsyonunun cerrahi girişimler sonrasındaki kanama ve şişmeyi azaltıcı etkisi vardır (28,29).

Kanama kontrolü sağlandıktan sonra periapikal enfeksiyonu uzaklaştırmak için küretaj yapılır ve kök ucu kesilir. Kök ucunun kesilmesinde amaç, kanal dışından enfeksiyona müdahale ederek enfeksiyonu uzaklaştırmaktır. Radyografide kökü üç boyutlu olarak görmek mümkün olmadığından apikaldeki taşkın dolgular, yabancı cisimler, kök yüzeyindeki lateral ve aksesuar kanallar tam olarak izlenemez. Kemikte uygun bir giriş kavitesi açıldıktan sonra, kesilen kök yüzeyini mikroskop ile dikkatlice incelemek gerekir (29,30).

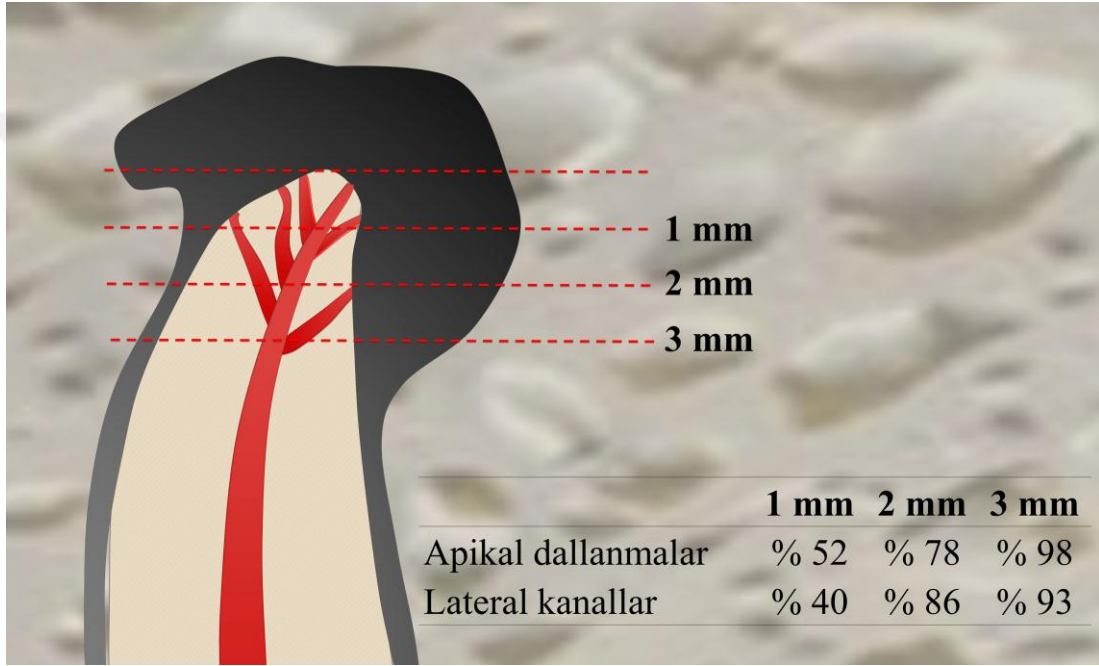
Kök ucunun kesilmesi ile kökün apikal parçası uzaklaştırılır. Bu işlem ön grup dişler için bukkal korteksten yapılır ve üst ön grup dişler için daha basit bir uygulamadır. Ancak çok köklü, çok kanallı ve lingual eğimli dişlerde bu işlem zordur.

Kök ucu kesildikten sonra kesilen kök yüzeyinin dikkatlice incelenmesi ve buna göre sonraki işlemlere karar verilmesi çok önemli bir aşamadır. Son yıllarda gelişen mikrocerrahi yöntemleri ile bu aşamada karşılaşılan birçok zorluk giderilmeye çalışılmıştır. Kök ucunun kesilmesi ve kanamanın kontrol altına alınmasını takiben apikal kök yüzeyinin yüksek büyütme mikroskopla incelenmesi fayda temin edebilir. Bunun için kesilmiş kök yüzeyinin metilen mavisine batırılmış bir pamuk pelet ile boyanması kök yüzeyinin daha net gözlenmesine yardımcı olabilir. Böylece isthmuslar, C-şekilli kanallar, aksesuar kanallar, apikaldeki mikroçatlaklar, güta perka ile doldurulmuş çatlak kanallar daha iyi gözlenebilir ve apikal sızıntıya ve başarısızlığa neden olan faktörler daha kolay tespit edilebilir (31).

2.5. Kök Ucunun Kesim Açısı

Kökün apikal kısmı belli bir açıyla uzaklaştırılır. Oluşturulan açının miktarı ve derecesi oldukça önemlidir. Kök ucu açısı oluşturulurken kron-kök oranı, post veya diğer engellerin varlığı, kök anatomisi, kalan krestal kemik ve periodontal yapının durumu değerlendirilmelidir. Eğer bukkal-lingual yönde geleneksel olarak 20–45°'lik bir açı oluşturulduysa palatal veya lingualde tedavi edilmemiş kök yüzeyi

kalacaktır (32,33). Bu durum hekimin kron-kök oranını korumak için konservatif olmaya çalışması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çünkü apikal kanal anomalilerinin %98'i ve lateral kanal sistem dallanmalarının %93'ü apikal 3 mm'de bulunmaktadır. Bu nedenle kök ucunun en az 3 mm'sinin uzaklaştırılması gerekmektedir (34) (**Şekil 1**). Geniş açı kök apeksinin 3 mm palatal veya lingualini içermek için fazla miktarda diş yapısının uzaklaştırılmasını gerektirir. Eğer açının derecesi sifıra yaklaşırsa, kök yapısı daha çok korunur, uygun kron-kök oranı sağlanır ve apikal dallanmaların büyük çoğunluğu uzaklaştırılmış olur (35).



Şekil 1. Apikal dallanmaların ve lateral kanalların seviyelere göre oranı (35).

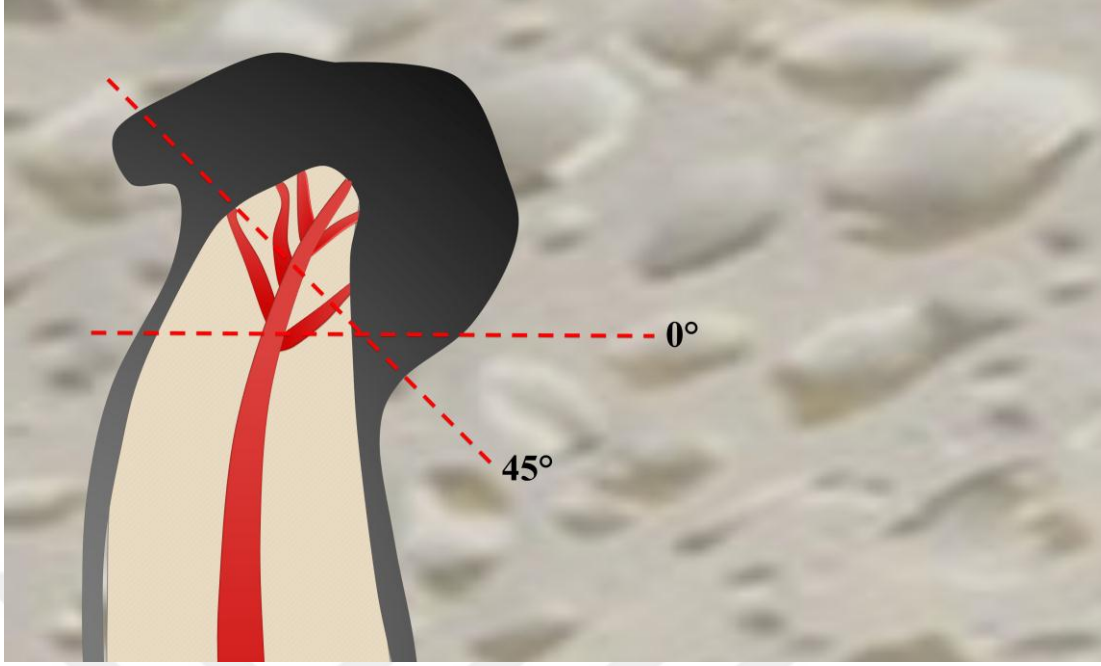
Çizim: Anıl TEKE

Geniş açı, kanal sisteminin uzun aksını kontrol etmeyi zorlaştıran yanlış bir düzlem oluşturur. Bu durumda dişin uzun aksının görülmesi zorlaştırdığı için kök ucu kavitesi preparasyonu genellikle kanalın uzun aksı içerisinde hazırlanamamaktadır. Lingual veya palatinalde oluşan perforasyonların birincil nedeni bu konseptin uygulamasındaki başarısızlıktır (34). 0°'lik kök ucu açısı ile daha küçük boyutlarda kavite yüzeyi hazırlanarak daha kolay bir giriş ve daha kabul edilebilir bir kapama sağlanır (34).

Kök anatomisi bilgisinde önemli bir konu, bir kökte içerisinde birden fazla kanal bulunabilmesidir. Bu anatomik karmaşıklık 100 yıl önce teşhis ve tasvir edilmiş ve cerrahi endodontideki önemi 70 yıl önce vurgulanmıştır. Bu durum genellikle üst çene premolarlar ve neredeyse bütün molar dişlerin mezial köklerinde görülse de birden fazla kanal herhangi bir kökte de olabilir (35,36).

İdeal olarak dişin uzun eksenine olabildiğince dik olan 0°'lik kısa eğimi oluşturmanın birkaç önemli gerekçesi vardır (**Şekil 2**)

- Kök uzunluğunun korunması; uzun eğim (20–45°'lik) oluşturulurken dişin anatomik kök ucunu açığa çıkarmak için daha fazla diş yapısı uzaklaştırılır (32,34).
- Lingual kısmın daha az alınması; kısa eğim lingual anatomisinin içerilmesini sağlarken, uzun eğim lingual kök yüzeyindeki zarar olasılığını artırır (34).
- Daha kısa kavite yüzey duvarı; eğer birden fazla kanal varsa, bunlar arasındaki uzaklık açısı arttıkça artacaktır. Tavsiye edildiği gibi isthmuslar bile hazırlandığında, daha kısa eğim tamamlanmış kök ucu preparasyonunda daha kısa kavite yüzey kenarlarını oluşturur (34).
- Tam olmayan rezeksiyon riskinin azalması; kısa eğim hekimin kök ucunu tamamen kesmesini kolaylaştırır (34,37).
- Birden fazla veya gözden kaçan kanalların teşhisinin kolaylaşması; kısa eğim hazırlandığında daha fazla lingual anatomiye erişilebilir (34,37).
- Daha az sayıda dentinal tübülün açığa çıkması; dentinal tübüller dişin uzun eksenine dik olarak yerleştikleri için kısa eğim daha az tübülü açığa çıkarmaktadır. Uzun eğim daha fazla tübülü açığa çıkarır. Bu da zamanla daha fazla sızıntıya neden olur (35).
- Kök ucu preparasyonunu dişin uzun aksında tutmanın daha kolay olması; radiküler dentinin aşırı ve gereksiz bir şekilde uzaklaştırılmasından kaçınmak için kök ucu preparasyonu dişin uzun aksı içinde tutulur. Uzun eğim bunun sağlanmasını zorlaştırır (34,37).



Şekil 2. Kök ucu rezeksiyon açısına göre apikal dallanma ve lateral kanalların eliminasyonu. Çizim: Anıl TEKE

Eğer bir kökte birçok kanal varsa isthmus yapısı kesinlikle mevcuttur (38). Isthmus iki kök kanalı arasında pulpa dokusu veya artığı içeren kurdela şekilli ince bir bağlantıdır. Tüm isthmuslar bakteriyel rezervuar fonksiyonu gördüğünden cerrahi sırasında bulunmalı, prepre edilmeli ve doldurulmalıdır. (39).

Isthmusun preparasyonunda, ultrasonik (US) bir uç ile düşük güç ayarında su kullanmadan iki kök arasındaki oluk derinleştirilir. Oluk iyice belirginleştikten sonra yeterli soğutmayı ve temizliği sağlamak için hemen su spreyi açılmalıdır. Eğer oluğun saptanması zor ise ‘dot tekniği’ faydalı olabilir. US retro-uç ile inaktif olarak ve su spreyi kullanmadan kök yüzeyinde isthmusun bulunabileceği yerde noktalar oluşturulur. Sonra da bu noktalar birleştirilerek birincil yiv oluşturulur. Yiv uca rehberlik edecek yeterli derinliğe ulaştıktan sonra su spreyi kullanarak derinliği 3 mm’ye kadar arttırılır. Daha sonra daha geniş ve daha etkili kaplanmış uçlar kök ucu preparasyonunu tamamlamak için kullanılır. Kök ucu preparasyonunun iç duvarının bukkal kısmı US uçların açılmasına bağlı olarak yeterli bir şekilde temizlenemez. Eğer duvar üzerinde gütta perka uzantıları mevcutsa bunları US uçla uzaklaştırmak oldukça uzun zaman alır. Kök ucu preparasyonunu bitirmek için en etkili yol küçük

bir plugger kullanarak bu güta perka uzantılarının koronale itilmesi ve kavite duvarlarının bir kez daha temizlenmesidir (35).

İdeal olarak, apikal kanal sisteminin girişini açığa çıkarmayı ve tam bir rezeksiyonu kolaylaştırmak için kök ucu eğimi olabildiğince kısa veya dişin uzun eksenine olabildiğince dik olmalıdır (33,34). Bununla birlikte, eğim açısının hafifçe artırılması aletler için daha iyi bir giriş oluşturmak, daha iyi bir görüş sağlamak, ergonomiyi geliştirmek için gerekli olabilir (35).

2.6. Kök Ucu Kavitesinin Hazırlanması

Kök ucunun kesimini takiben, koronale doğru kök kanalı içinde 2-3 mm derinliğinde kavite açılır. Amaç bu kavitenin biyoyumlu ve sızdırmaz bir materyal ile doldurulmasıdır. Diğer önemli bir konu da kök kanalı içinde enfeksiyona neden olan bakteri ve toksinlerin periradiküler bölgeye sızmasını engellemektir. Ayrıca kök ucunun kesimi sonucu bozulmuş güta perkanın tıkama özelliğİ azalacağından bu bölgenin uygun bir dolgu maddesi ile tıkanması önemlidir. Bu konuda yapılmış taramalı elektron mikroskop (SEM) çalışmalarında kök ucunun bir tıkama materyali ile tıkanmanın gerekliliğİ gösterilmiştir (40,41).

İdeal bir kök ucu kavite preparasyonu şu özelliklere sahip olmalıdır (40,41);

- a. Kökün apikal 3 mm'sinin şekillendirilmesine olanak sağlamalıdır.
- b. Preparasyon pulpal duvarın anatomik şekline paralel olmalıdır.
- c. Yeterli retansiyon alanı hazırlanabilmelidir.
- d. İsthmus dokusu uzaklaştırılabilmelidir.
- e. Kalan dentin duvarları çok ince olmamalıdır.

Kök ucu kavitesinin hazırlanmasında kullanılan çeşitli kavite preparasyon teknikleri bulunmaktadır (42).

1. Geleneksel sınıf I kavite
2. Slot kavite
3. Funnel kavite

- 1. Geleneksel sınıf I kavite:** Kök ucu kesildikten sonra, kökün dış hatları genelde oval veya 8 rakamı şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Ancak sıklıkla kökün dış hatlarında oluşan yapı, hafif irregüler oval biçiminde ve merkeze doğru daha küçük oval bir kanal şeklindedir. Bu tarz bir yapıda karşımıza çıkan kanalın ideal retrograd kavite preparasyonlarından biri minyatür sınıf I kavitedir. Bu kavite preparasyonu genellikle tersine konik frezle hazırlanır (42). Kavite, frezin kanala en az 1 mm tercihen 2-3 mm girmesiyle şekillendirilir. Frez kökün uzun aksı boyunca ve kanal preparasyonuna uyum gösterecek şekilde yönlendirilmelidir (43).
- 2. Slot Kavite:** Bu preparasyon cerrahi giriş yolunun çok sınırlı olduğu vakalarda kullanılır. Bu kavitede yivler fissür frezlerle açılır (44). Frez dişin uzun aksı boyunca konumlandırılarak tutulur, daha az diş yapısı ve periapikal kemik kaldırılır. Sonuçta yeterli miktarda kron/kök oranı kaldığı için komşu yapılara gelebilecek herhangi bir zararın önüne geçilmiş olunur (43).
- 3. Funnel Kavite:** Funnel tipi kavite preparasyonunda paslanmaz çelik rond frezlerden yararlanır. Frez dişin eksenine boyunca hareket ettirilerek kanal içerisinde istenilen seviyede kavite hazırlanır. Bu teknikteki dikkat edilecek en önemli husus frezin hareketinin kökün uzun eksenine paralel olarak yöneliminin korunmasıdır. Funnel tip kavitede retrograd dolgu materyali olarak ilk amalgam önerilmiştir (42). Fakat günümüzde farklı materyallerin gelişimine bağlı olarak amalgam yerine çeşitli dolgu maddeleri kullanılmaya başlanmıştır (45,46).

Günümüzde retrograd kavite hazırlamak için ultrasonik preparasyon tekniklerinin kullanımı oldukça yaygındır. Ultrasonik aletler için özel uçlar üretilmiştir. Bu uçlar dişin uzun aksı boyunca hareket eder ve ayrıca dentinin daha yavaş ve kontrollü bir şekilde kaldırılmasına olanak sağladığı için preparasyon daha az travmatik yapılabilir (47,48). Ancak Saunders ve arkadaşları (49), ultrasonik uçlar kullanıldığında kök yüzeyinde kırıklar oluşabileceğini ve bu kırıkların da bakteri geçişine neden olabileceğini belirtmişlerdir (49).

Son yıllarda kök ucu kavitesi hazırlanmasında ultrasonik uçlara ve frezlere alternatif olarak kullanılan diğer bir sistem ise lazerlerdir. Literatürde değişik lazer

tiplerinin apikal cerrahide etkinliğini bildiren birçok çalışma bulunmaktadır (50-52). Apikal kök yüzeyinde lazer uygulanmasının düzensiz dentin yüzeylerinin oluşumuna neden olduğu, bunun da dolgu materyali ile apikal kavite duvarları arasındaki bağlanma üzerine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (52). Nd:YAG lazer dentin tübüllerinin ağzını tıkadığından retantif alanların oluşumuna engel olduğu belirtilmiştir. Nd:YAG ve CO₂ lazerin dentini eritme, karbonizasyon, sert dokularda fissür ve çatlak oluşturma, pulpada ısı artışı gibi olaylara neden oldukları gösterilmiştir. Bu nedenlerle dokularda kullanılacak lazer tipinin ve lazer doku etkileşiminin apikal tedavinin başarısı üzerinde oldukça önemli etkileri bulunmaktadır (50,53).

Retrograd kavite hazırlanması aşamasındaki bir diğer konu da kavitenin ne kadar derinlikte olacağıdır. 1, 2, 3 ve 4 mm'lik kavite derinlikleri tartışılmıştır ve etkili bir apikal tıkama sağlayabilmek için retrograd kavitenin 3 mm'lik bir derinliğe sahip olması gerektiği belirtilmiştir (43). 3mm'den daha derin açılan kavitelere mükemmel bir tıkama oluşturulmadığı gibi 3 mm'den daha az yapılan preparasyonlarda da apikal tıkamada uzun dönemde başarı sağlanamamaktadır (25).

Kök ucunda yapılan dolgunun başarılı olabilmesi için gerekli olan şartlardan biri de bu bölgedeki dentinin aşırı miktarda kaldırmamasıdır. Bazı retrograd dolgu materyalleri için retansiyon oluşturulması istenilmektedir. Dentin duvarını fazla inceltmeden bu retansiyon alanları sağlanabilir. Kavite hazırlanırken dentini mümkün olduğunca korumak gerekmektedir (11).

2.7. Kök Ucunun Kesiminde ve Kök Ucu Kavitesinin Hazırlanmasında Kullanılan Aletler ve Yöntemler

Geleneksel olarak kök ucunun kesilmesi işlemi su soğutması altında yüksek hızda dönen el aletlerine takılan fissür frezler, kavite preparasyonunda ise elmas ve karbit kaplı küçük frezler kullanılarak yapılmaktadır. Günümüzde ise ultrasonik cihazlar ve lazerlerin kullanımı daha fazla tercih edilmektedir.

2.7.1. Geleneksel Frezler

Kök ucu kavite preparasyonu geleneksel olarak el aletlerine takılan rond, fissür veya tersine konik frezlerle yapılır. Bu geleneksel yöntemin bazı kısıtlama ve dezavantajları vardır (37).

1. Preparasyon girişi kök kanalına paralel olmayabilir.
2. Lingual dentin duvarlarında perforasyon riski vardır.
3. Kök ucu kavite derinliği yetersiz olabilir.
4. Kısıtlı çalışma alanı vardır.
5. Hazırlanan kök yüzey açısının 45° ya da daha fazla olması gerekir.
6. Giriş açısının eğiminden dolayı dentin tübüllerinin ağzı genişler.
7. Cerrahi görüş açısı azdır.

2.7.2. Ultrasonik Cihazlar

Ultrason, insan işitme aralığının üstünde bir frekansa (20 kHz) sahip ses enerjisidir. Başlangıçta ultrasonik ünitlerde kullanılan frekans 25 ve 40 kHz aralığında idi (54). Günümüzde düşük frekansa (1- 8 kHz aralığında) sahip ve el aletleri ile kullanılan ultrasonik cihazlar geliştirilmiştir (37,55). Bunların daha az makaslama stresi oluşturduğu ve bundan dolayı da diş yüzeyinde daha az morfolojik değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir (55).

Ultrason enerjisinin açığa çıkması vibrasyon ve mekanik titreşim olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Vibrasyon; elektromanyetik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren manyetostriksiyon (mıknatıssal büzülme) sonucu oluşur. Manyetostriksiyon, bir el aletinde manyetostriktif metal çubuk yığının devamlı dalgalı manyetik alana tabi tutulması sonucu meydana gelir. Mekanik titreşim ise piezoelektrik prensipler doğrultusunda oluşur. Bu amaçla kristal bir yapı kullanılır. Kristale elektrik şarjı uygulandığında yapısında ısı oluşturmada ebatsal bir deformasyon oluşur. Bu da mekanik titreşimin oluşmasına neden olur (54).

Piezoelektrik prensip ile çalışan cihazların eski manyetostriktif cihazlara kıyasla bazı avantajları vardır. Piezoelektrik cihazların saniyedeki devirleri manyetostriktif cihazlara göre daha fazladır. Bu cihazların uçları düz bir çizgi üzerinde piston hareketi gibi ileri-geri çalışır. Bu da endodontik uygulamalar için idealdir (54).

Lea ve arkadaşları (56) serbest haldeki endosonik eğelere döz bir çizgi halinde eğe uzunluğunca 30 kHz piezon jeneratör ile artan güçte (1'den 5'e kadar) titreşim uygulamışlar ve eğelerin node ve antinode pozisyonlarını incelemişlerdir. Bunun sonucunda artan jeneratör gücü ile doğrusal olarak eğenin titreşimi yani salınımının arttığını, yer değiştirme genişliğinin ise değişmediğini ve bu durumun kök ucu kavitesinin hazırlanması için ideal olduğunu bildirmişlerdir.

Piezoelektrik ünitlerde hareket doğrusal iken manyetostriktif ünitlerde sekiz şeklinde eliptik bir doğrultu gösterir. Bu durum hem cerrahi hem de cerrahi olmayan endodonti uygulamaları için uygun değildir. Manyetostriktif ünitlerin diğer bir dezavantajı ise ısı oluşturmalarıdır. Bu nedenle bu tip cihazları kullanırken soğutma yapılmalıdır (37,54).

2.7.2.1. Ultrasonik Cihazların Endodontide Kullanım Alanları

1. Giriş kavitesinin düzeltilmesi, kalsifiye kanalların bulunması ve pulpa taşlarının uzaklaştırılması,
2. Kırık kanal aletlerinin, kök kanal postlarının, gümüş konların ve kırık metalik postların uzaklaştırılması,
3. İrrigasyon solusyonlarının etkisinin artırılması,
4. Güta perkanın ultrasonik kondansasyonu,
5. Mineral trioksit agregat (MTA)'ın yerleştirilmesi,
6. Kök ucu kavitesinin hazırlanması, dolgu materyalinin yerleştirilmesi ve düzeltilmesi,
7. Kök kanalının şekillendirilmesi gibi durumlarda ultrasonik cihazlar kullanılabilir (57).

2.7.2.2. Ultrasonik Cihazların Apikal Cerrahide Kullanımı

1957'de ultrasonik cihazlar periradiküler cerrahide ilk kez Richman ve arkadaşları tarafından diş dokularını ve kemiği kesmek için kullanılmıştır (37,57). Apikal cerrahide kök ucunun kesilmesi ve retrograd kavitenin hazırlanmasında ultrasonik cihaz kullanımı ise Bertrand ve arkadaşları (58) tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Flath ve Hicks (59) ultrasonik ve sonik uçların kök ucu kavitesinin preparasyonunda kullanılabileceklerini bildirmişlerdir. 1990'ların

başında ise günümüzde kullanılan değişik boyut ve şekle sahip ultrasonik uçlar üretilmeye başlanmıştır (57,60,61).

Bu uçların kesme kabiliyeti uç kısmının şekline ve güç ayarına bağlıdır. Bazı uçların çalışma esnasında soğutması yetersiz olduğundan dentin ve kemikte aşırı ısı oluşturma riski vardır (60-63).

Geleneksel kök ucu kavite preparasyonunda el aletlerine takılan dönen (rotary) mikro uçların kullanımı birçok probleme neden olmuştur. Kanal duvarlarında paralelliğin sağlanamayışı, kök ucuna girişin zor oluşu ve kökte lingual perforasyon riski bu problemlerdendir (58,61). Yeterli derinlikte preparasyon yapılamayışı, retrograd dolgunun retansiyonu ve uyumu için dentin tübülleri ve isthmusları açığa çıkaracak daha uzun kesme açısı yapılmasını gerektirebilir (62,63).

Ultrasoniklerdeki gelişmeler, cerrahi prosedürlerde daha iyi bir giriş ve kanal preparasyonu yapılmasına olanak sağlamıştır (62).

Ultrasonik uçların en önemli avantajları, kök ucu giriş kavitelerinde olmuştur. Küçük ve açılı uçlar sayesinde cerrahi giriş için daha az miktarda kemik kaldırılması sağlanabilmiştir. Birçok çalışmada frezlere kıyasla bu uçlarla daha derin, daha konservatif ve kanalın orijinal şekline daha uygun kaviteler hazırlanabildiği gösterilmiştir (54,60,61,63). Kök ucu kavite preparasyonunun kanalın merkezinde yapılması lateral perforasyon riskini azaltır. Retrouçların geometrik şekli ve dizaynı, cerrahi giriş için kök ucunun eğimli kesilmesini gerektirmez. Böylece açığa çıkan dentin tübüllerinin sayısı azalır ve dolayısıyla daha az sızıntı meydana gelir. Kökler arasındaki isthmus dokusunun uzaklaştırılmasına olanak sağlayan bu uçlar başarı oranını artırır ve zamandan da tasarruf sağlarlar (40,63,64).

Ultrasonik uçların kesme ve temizleme etkinliğini inceleyen çalışmalarda, düşük hızda dönen el aletlerine kıyasla daha az smear tabakası oluşumuna neden oldukları gösterilmiştir (37,61,64,65).

Ayrıca bu aletler ile paralel kavite duvarları oluşturmak daha kolaydır. Elmas kaplı ultrasonik uçların paslanmaz çelik ile kaplı ultrasonik uçlara göre kesme kapasitesinin daha iyi olduğu, kök kanallarındaki dolgu maddelerini uzaklaştırmada daha başarılı olduğu da bildirilmiştir (60).

Apikal tıkama sağlamak amacıyla apikal kaviteye dolgu maddesinin yerleştirilmesi esnasında ultrasonik ile aktive edilen kondansatör kullanılması dolgu materyalinin dentin duvarlarına adaptasyonunu artırabilir (61).

Eksternal kök yüzeyi için geliştirilen spesifik ultrasonik uçlar sayesinde kök ucu dolgu materyalinin yüzeyi cilalanabilir ve böylelikle enfeksiyona neden olan bakteriler elimine edilebilir (57,58).

2.8. Kök Ucu Dolgusu

Periradiküler cerrahi en sık uygulanan endodontik cerrahi prosedürüdür. Periradiküler cerrahinin amacı hastalık etkeninin ortadan kaldırılması ve cerrahi yaranın iyileşmesi için uygun ortamın sağlanmasıdır. Yeni kök ucu dolgu maddeleri ile birlikte cerrahi tedavi uygulamalarındaki gelişmeler, mikrocerrahi tekniklerinin yerine getirilmesi, artan aydınlatma ve büyütmenin sağlanması periradiküler cerrahi sonuçlarının gelişmesine yardım etmektedir (66-70).

Periradiküler cerrahiden sonra oluşan ideal iyileşme cevabı kemik tamiri ve apikal tutunmanın yeniden sağlanmasıdır (71). Bununla birlikte biyopsi örneklerinin histolojik incelemesi üç çeşit doku cevabını ortaya koymuştur Bunlar; periodontal ligamentin tekrar oluşumuyla iyileşme, fibröz doku (skar) ile iyileşme ve skar dokusu olmadan enflamasyon oluşmasıdır. Kesilen kök yüzeyinde sement birikimi istenen iyileşme cevabıdır ve fonksiyonel periodontal ataçmanın yeniden oluşması için gereklidir (72). Kök ucunun kesilmesi kök kanalının ortasında bulunan sementle çevrili dentinal kök yüzeyini açığa çıkarır. Sement birikimi kök ucu çevresinden başlar ve merkezi olarak kesilen kök kanalına doğru ilerler. Sement oluşumu kök ucu dolgusunun oluşturduğu fizyolojik kapamaya ilaveten biyolojik kapama sağlayarak çift kapama oluşturur (73).

Ulaşılamayan bu nedenle de temizlenemeyen, şekillendirilemeyen ve doldurulamayan veya cerrahi olmayan tedaviye cevap vermeyen, ekstradiküler iltihapla bağlantılı kök ucu bölgesi uzaklaştırılır ve kök ucu kavitesi hazırlanır. Daha sonra dolgu maddesi, kök kanal sisteminden komşu periradiküler dokulara mikroorganizmaların veya toksinlerinin geçişini önlemek için hazırlanan kök ucu

kavitesine fizyolojik bariyer olarak yerleştirilir. Kök ucu dolgusunun yerleştirilmesi cerrahi tedavinin kontrolündeki önemli basamaklardandır (72).

2.8.1. İdeal Kök Ucu Dolgu Maddesinin Özellikleri

Endodontik cerrahinin başarısındaki bilinen en önemli faktör apikal tıkanmanın ideal bir şekilde yapılmış olmasıdır (43). İdeal bir retrograd dolgu materyalinin, mikroorganizma ve ürünlerinin periradiküler dokulara sızıntısını engelleyecek nitelikte olmalıdır (74,75). Aynı zamanda toksik ve kanserojen olmamalı, biyouyumlu ve stabil olmalıdır. Tıkama kabiliyeti nemli ortamdan etkilenmemelidir. Klinik uygulama için kullanımı kolay olmalı, radyopak olmalı ve radyografide görülebilmelidir (74-76).

İdeal bir tıkanmanın oluşabilmesi için retrograd dolgu materyalinde bulunması gereken diğer önemli faktörler şu şekilde sıralanabilir (43,77-79):

- Periapikal dokular tarafından iyi bir şekilde tolere edilebilmelidir,
- Retrograd kavitenin dentinal duvarına yapışabilmelidir,
- Boyutsal değişime uğramamalıdır,
- Çözünmeye karşı dirençli olmalıdır,
- Sementogenesizi desteklemelidir,
- Bakteriyosit ve bakteriyostatik olmalıdır,
- Korozif olmamalıdır,
- Elektrokimyasal olarak inaktif olmalıdır,
- Periapikal dokuları ve dişi boyamamalıdır,
- Kolayca hazırlanabilmeli ve uygulanabilmelidir,
- Yeterli çalışma ve uygulama süresi olmalıdır,
- Radyopak olmalıdır,
- İyileşmeyi teşvik eder özellikte biyoaktif olmalıdır,
- Nemli ortamlardan etkilenmemelidir.

2.8.2. Kök Ucu Dolgu Maddeleri

Diş hekimliğinde çok değişik materyaller retrograd dolgu materyali olarak kullanılmasına rağmen ideal dolgu materyallerinin tüm özelliğini taşıyan bir

materyal henüz mevcut değildir. Günümüze kadar çok farklı maddeler, kök ucu dolgu materyali olarak kullanılmıştır (5,79-85). Bu maddeleri şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Amalgam
2. Güta Perka
3. Cam İyonomer Simanlar (CİS)
4. Kompozit Rezinler
5. Kompomerler
6. Super-EBA (Super Ethoxy-Benzoic Acid) (Harry J. Bosworth Co., Skokie, IL)
7. IRM (Intermediate Restorative Material) (L. D. Caulk Co., Milford, DE)
8. Polikarboksilat Simanlar
9. Diaket (3M ESPE, Seefeld, Almanya)
10. Cavit (3M ESPE, Seefeld, Amanyay)
11. Çinko Oksit Öjenol Siman (ZOE)
12. EndoSequence Root Repair Material (ERRM) (Brasseler ABD, Savannah, GA)
13. Calcium Enriched Mixture (CEM)
14. Ceramicrete (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD)
15. iRoot BP (Innovative Bioceramix Inc., Kanada)
16. MTA (Mineral Trioksit Aggregate) (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD)
17. BioAggregate (Innovative Bioceramix Inc., Kanada)
18. Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa)

2.8.2.1. Amalgam

Amalgam geçmişte çok yaygın olarak kullanılmış kök ucu dolgu maddesidir. Hazırlanması kolaydır ve radyopaktır. Doku sıvılarında çözülmez. Açığa çıkan korozyon ürünlerinin restorasyon kenarlarında birikmesi materyalin kavite kenarlarına adaptasyonu ve tıkama kabiliyetini arttırdığı ileri sürülmektedir (74,76). Amalgamın başlangıç sızıntısı, sekonder korozyon, civa ve kalay açığa çıkarması, neme karşı hassasiyeti, mikrosızıntı, tutuculuk için preparasyonda *undercut*lara ihtiyaç duyulması, sert ve yumuşak dokuları boyaması gibi dezavantajları vardır (74,76,86).

Amalgambond, 4-META gibi adezivlerin kullanılmasının amalgamın sızıntısını önemli ölçüde azattığı bildirilmiştir (74,75,86).

2.8.2.2. Gta Perka

Termoplastik güta perkalar geliştirilinceye kadar güta perkaların kök ucu dolgu maddesi olarak kullanılması önerilmemiştir. Gta perkanın retrograd dolgu maddesi olabilmesi için cerrahi giriş kavitesi çok müsait olmalıdır. Bu nedenle vakalar çok dikkatli seçilmelidir. Gta perka ya sıcak enstrümanlarla yumuşatılır ya da soğuk bir enstrümanla dentin duvarlarına kondanse edilir (86,87). Abdal ve Retief (79) yaptıkları çalışmalarında ısıtılmış gtaperkanın amalgam, IRM, Super-EBA'ya göre daha iyi tıkama sağladıklarını göstermişlerdir. Termoplastik güta perkanın, verniksiz amalgamdan daha iyi tıkama yapabileceği de rapor edilmiştir (86). Ancak güta perka gözenekli ve sızdıran yapısı nedeniyle periapikal dokudan nemi absorbe eder ve daha sonra kontraksiyona uğrar. Bu da güta perkanın kök ucu dolgu materyali olarak kullanılmasında kavite duvarlarına adaptasyonunun bozulmasına ve dolayısıyla sızıntının artmasına neden olur (87). Ayrıca güta perka öjenol içerdiği için doku reaksiyonu gözlenebilir, bu nedenle de retrograd dolgu materyali olarak klinik kullanımı sınırlıdır (86,87).

2.8.2.3. Cam İyonomer Simanlar (CİS)

CİS, kalsiyum-alümino-silikat partiküllerinin poliakrilik asitin sulandırılmış solüsyonu ile reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Dentine fizikokimyasal olarak bağlanır. Başlangıç sitotoksitesitesi yüksektir. Kolay uygulanır ve periapikal dokularda histolojik reaksiyona neden olmaz. Siman kaviteye yerleştirilirken retrograd kavitenin nemle kontamine olması tıkama yeteneğini olumsuz etkiler (87). CİS'in cila ile kullanımının simanın dentin duvarlarına adezyonunu arttırdığı gösterilmiştir. Chong ve arkadaşları (88) ışıkla polimerize olan rezin esaslı CİS'leri retrograd dolgu materyali olarak kullanmışlar ve bu materyallerin daha az nem hassasiyeti, daha az polimerizasyon büzülmesi ve diş dokusuna şelasyon ile bağlanması sonucu daha az mikrosızıntıya neden olduğunu bildirmişlerdir (87). Cam metal tozları içeren CİS'lerde sızıntının daha az olduğu ve toksik etkilerinin gözlenmediği rapor edilmiştir (87,88).

2.8.2.4. Kompozit Rezinler

Kompozitler bis-GMA, trietilglolikol dimetakrilat (TEGDMA) ve ürean dimetakrilat (UDMA) gibi aromatik ve alifatik monomerlere dayanmaktadır. Kimyasal olarak sertleşen BisGMA/TEGDMA kompozit rezin ve dentin bağlanma ajanından (Gluma, Heraeus Kulzer GmbH, Werheim, Almanya) oluşan Retroplast (Retroplast Trading, Rørvig, Danimarka), kök ucu kapatıcısı olarak 1984'den beri çanak tipi preparasyonlarda kullanılmıştır (89). Cerrahi işlemde sonra bu materyale karşı oluşan histolojik cevap 1 yıl sonra değerlendirilmiştir (46,90). Bazı vakalarda, epitelyum ve enflamatuar hücreler periradiküler dokularda görülmüş, diğerlerinde ise enflamasyon oluşmamıştır. Sadece bir vakada sement ve Sharpey fibrilleri oluşmuştur. Retroplast'ın kullanıldığı 2 dişi içeren bir vaka raporunda sementogenezisi içeren periodontal doku rejenerasyonu oluşmuştur (91).

Retroplast ilk çıktığında radyoopak ajan olarak gümüş kullanılmıştır. Ancak materyalin özelliklerini etkilediği ve doku renklenmesine neden olduğu için 1990'dan beri yiterbium triflorid ile yer değiştirmiştir (92). Bu değişimin iyileşme sonuçlarında önemli bir etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir. Diğer bonding ajanları kullanılabilir (93), Gluma içindeki glutraldehitin dezenfeksiyon yeteneğinden dolayı avantajlı olabilir (94). Retroplast kullanırken çalışma bölgesinin kuru olması önemlidir. Cerrahi işlem sırasında nem kontrolünün sağlanamadığı vakalarda iyileşmenin tam olmadığı, bunun nedeninin, kök dentinine bağlantıdaki başarısızlıktan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (46). Kök kanal dolgusu bulunmadığında tam iyileşme oranı da düşmektedir (95).

Dentin-bonding ajanı ile uygulanan kompozit rezinin etkinliği kök ucu kavite şekline bağlı olabilir. Geleneksel kavite dizaynı kullanıldığında, dentin-bonding ajanının varlığından dolayı kompozit rezin kaviteye tamamen giremez (96). Konkav kök yüzeyi preparasyonu ile dentin-bonding ajanı daha az kullanılır. Adeziv materyal kullanılırken bir diğer seçenek de kök ucu kavitesi hazırlamadan direk kök yüzeyine uygulanmasıdır (45).

2.8.2.5. Kompomerler

Kompomerler poliasitle modifiye edilmiş kompozit rezinlerdir. Kompomerler matriksi oluşturan, polialkenoat asit moleküllerini rezin monomerlere bağlayıcı ve

asitle yıkanabilen cam gibi bazı cam ionomer komponentleri içerirler. Kompomerlerin kök ucu kavitelelerinde kullanımı ile alakalı çok fazla klinik veri bulunmamaktadır. Sadece 34 diş içeren 1 yıllık klinik takip çalışmasında, ışıkla sertleşen kompomer, ışıkla sertleşen dental adezivle birlikte sığ konkav apikal preparasyonlarda kullanılmış ve klasik kavitelelerde cam ionomer siman kullanımı ile karşılaştırılmış. Kompomer kullanımıyla tam iyileşmede daha fazla başarılı sonuç elde edilmiştir (97).

2.8.2.6. Super-EBA (Super Ethoxy-Benzoic Acid)

Super-EBA, toz ve likit olmak üzere iki komponentten meydana gelmektedir. Materyalin tozu; % 60 oranında çinko oksit, % 34 oranında alumina ve % 6 oranında natural rezinden oluşur. Likidi ise % 37,5 oranında öjenol, % 62,5 oranında etoksibenzoikasitten meydana gelir. Etoksibenzoikasit, temel çinko oksit öjenol simanın dayanıklılığını ve sertleşme zamanını geliştirmiştir (98).

Super-EBA, gerektiği gibi karıştırıldığında uygun bir sızdırmazlık ve minimal doku toksisitesi sağlar ve uygulanabilirliği iyidir. Ancak Super-EBA'nın karıştırılması zordur, daha çok çaba ister (80).

Super-EBA, IRM'nin içerdiği öjenolün yaklaşık olarak üçte birini içerir ve nemli ortamda diş yapısına yapışır. Aynı zamanda kendi kendine yapışma özelliği de iyidir ve gerek duyulduğunda arttırılabilir. Bu materyal radyografide radyopak bir görünüme sahiptir ve rezorbsiyona karşı direnci yüksektir (98).

Pitt Ford ve arkadaşları (99) maymunlar üzerinde Super-EBA, IRM ve amalgamı retrograd dolgu materyali olarak kullanmış ve replantasyon sonrasında iyileşme üzerine etkilerini incelemişlerdir. 8 hafta sonunda Super-EBA'yı, IRM ve amalgama göre daha başarılı bulmuşlardır.

2.8.2.7. IRM (Intermediate Restorative Material)

IRM, toz ve likit olmak üzere iki komponentten meydana gelmektedir. Materyalin tozu; % 80 oranında çinko oksit, % 20 oranında polimetilmetakrilattan oluşur. Likidi ise % 99 oranında öjenol, % 1 oranında asetik asitten meydana gelir (98).

IRM, ilk defa 1978 yılında Oynick ve Oynick tarafından retrograd dolgu materyali olarak klinik bir çalışmada kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Bunu takiben pek çok araştırmacı IRM'yi retrograd dolgu materyali olarak kullanmıştır (98,100,101).

Doku tolerans çalışmalarında IRM, 90 gün sonrasında çok az veya hiç enflamasyon göstermemiştir. Yine IRM biyouyumlu özellikte olduğu tespit edilmiş ve sıklıkla endodontik retrograd dolgu uygulamalarında kullanılmıştır (43).

Maier ve arkadaşları (102) yaptıkları çalışmada IRM'nin enfeksiyona karşı dirençli olduğunu ve iyileşme potansiyelinin yavaş bir şekilde gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Dorn ve Gartner (100) klinik ortamda 488 hastada retrograd dolgu materyali olarak IRM, Super-EBA ve amalgam kullanmışlar ve başarı oranını radyografik olarak incelemişler. Sonuçta IRM uygulanan vakalarda % 91, Super-EBA uygulanan vakalarda % 95 ve amalgam uygulanan vakalarda ise % 75 oranında başarı elde etmişler, IRM ile Super-EBA arasında istatistiksel olarak bir fark olamamakla birlikte amalgama göre daha başarılı olduğunu göstermişlerdir.

Modifiye edilmemiş IRM'nin parçalanmadan stabil kalabileceği tespit edilmiş ve retrograd dolgu materyali olarak kullanımının uygun olduğu belirtilmiştir (43).

2.8.2.8. Polikarboksilat Simanlar

Bu siman 1968'de Smith tarafından geliştirilmiştir. Çinko oksit partikülleri ve poliakrilik asitin likit formu ile modifiye edilmiştir. Yaklaşık olarak 1.7 pH'a sahiptir ve hızlı sertleşir. Başlangıçta asit açığa çıkarsa da pulpada az miktarda hasar rapor edilmiştir (86). Kök kanal sistemine ya da kök apeksine yerleştirildiğinde periradiküler dokudan değişik yanıtların alındığı, amalgam ve güta perkadan önemli lde daha fazla sızıntı gösterdiği bildirilmiştir (76,86). Bu nedenlerle kök ucu dolgu materyali olarak kullanılması tartışmalı bir konudur (76,86).

2.8.2.9. Diaket

Diaket (3M ESPE), inko oksit ile diketon arasında şekillenmiş, polivinil rezinle glendirilmiş, aslında kanal dolgu patı olarak üretilmiş bir şelatır. İki l toz, bir l likit kullanarak katı kıvamda karıştırılarak kök ucu dolgu materyali olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (72). Materyal uygun radyoopasiteye, 30 dakikadan

fazla çalışma süresine ve karıştırıldığında sıkı bir yapıya sahiptir. Diaket kemik içine yerleştirildiğinde iyi bir biyouyumluluk göstermiştir (103). Histolojik olarak Diaket üzerinde sert doku matrisi gözlenmiştir. Materyale yakın bulunan periodontal doku fiberlerinde rejeneratif cevap oluşmuştur. Diaket, periradiküler iyileşmede büyüme faktörlerini değerlendiren bir çalışmada kontrol olarak kullanılmıştır (104). Sadece Diaket rejenerasyonla alakalı periradiküler reaksiyonu uyarmıştır. Diaket kök ucu dolgusu olarak güta perka ile karşılaştırıldığında; yeni sement depozisyonu, periodontal ligamentin yeniden oluşumu ve kemik apozisyonuyla karakterize daha iyi doku iyileşmesi oluşturduğu bildirilmiştir (105).

2.8.2.10. Kavıt

Kavıt, çinko oksit ve kalsiyum sülfat içerir. Nem varlığında kendiliğinden sertleşir. Bundan dolayı kök ucu dolgu materyali olabilese de IRM'ye göre daha fazla sızıntı gösterdiği rapor edilmiştir ve doku sınırlarında çözünüp kolaylıkla parçalanmaktadır (86). Doku uyumu ile ilgili çalışmalar çelişkilidir, bazıları toksik olduğunu bazıları ise toksik olmadığını bildirmişlerdir (76,86). Bunlardan dolayı kök ucu dolgu materyali olarak kullanımı tavsiye edilmemektedir (86).

2.8.2.11. Çinko Oksit Öjenol (ZOE) Siman

ZOE simanın direkt kendisinin periapikal cerrahide kullanımı sınırlıdır. Bu simanın IRM ve Super-EBA gibi tiplerinin kök ucu dolgu maddesi olarak kullanımının daha başarılı sonuçlar alınmasına katkı sağladığı gösterilmiştir (74,75). IRM, % 20 polimetakrilat tozu içeren ZOE simandır. Çalışmalar IRM'nin çinko içermeyen amalgamdan daha iyi tıkama sağladığını göstermiştir (76). Super-EBA, etoksibenzoik asit içeren ve ZOE simanın çalışma süresini uzatmak amacıyla geliştirilmiş bir simandır. Fiziksel özellikleri ZOE simandan daha iyidir. Super-EBA, gerilme, sıkışma kuvvetlerine yüksek dayanıklılık, nötral pH ve düşük çözünürlük gösterir. Nemli ortamlarda bile dentin duvarlarına tutunabilir. Super-EBA dentin duvarlarına tutunurken, IRM tutunamaz. Super-EBA'nın IRM'ye göre doku uyumu daha iyi, apikal bölgede daha az enfeksiyona neden olduğu ve hemen hemen hiç sızıntı göstermediği bildirilmiştir (74,75). IRM ve Super-EBA, gümüş amalgama kıyasla da daha az sızıntı göstermiştir. Kök ucu dolgu materyali olarak umut verici olmasına

rağmen öjenol içermeleri nedeniyle toksik etkileri ve neme hassasiyetleri dikkate alınmalıdır (74,75,87).

2.8.2.12. EndoSequence Root Repair Material (ERRM)

EndoSequence Root Repair Material (ERRM; Brasseler, Savannah, GA) perforasyon tamiri, kök ucu dolgusu ve pulpa kaplaması gibi işlemlerde kullanılmak üzere üretilmiş olan biyoseramik esaslı bir materyaldir. Biyoseramikler, tıp ve diş hekimliği alanları için özel olarak üretilmiş seramik materyalleri ifade eder. Biyoseramik materyaller alüminyum oksit, zirkonyum dioksit, biyoaktif cam ve cam seramikler, hidroksiapatit, kalsiyum fosfat ve kalsiyum silikat bileşenlerini içerebilirler (106,107).

Günümüzde, tıp ve diş hekimliği alanında çok sayıda biyoseramik materyal kullanılmaktadır. Biyoseramiklerin diş hekimliği alanında popülerleşmesinin nedenleri biyouyumlu olmaları, boyutsal olarak küçülmemeleri ve biyolojik ortamda kimyasal olarak stabil kalmalarıdır. Ayrıca bu materyallerin hidroksiapatit oluşturarak dentin ile dolgu materyali arasındaki bağlantıyı güçlendirme özellikleri de vardır. Biyoseramik esaslı materyaller endodonti alanı için yeni bir konsept olmakla beraber giderek popüler hale gelmektedirler. MTA gibi kalsiyum silikat içeren bu biyoseramik materyallerden ERRM, ayrıca zirkonyum oksit, tantalum oksit ve kalsiyum fosfat gibi bileşenlere de sahiptir. ERRM enjektör içinde düşük viskozitede ve kutu içerisinde yüksek viskozitede olmak üzere hazır halde iki formda mevcuttur. Birçok çalışmada ERRM'nin çeşitli özellikleri test edilmiştir ve çoğu zaman MTA ile paralellik gösteren sonuçlar bulunmuştur (108-116).

2.8.2.13. Calcium Enriched Mixture (CEM)

Kalsiyum ile güçlendirilmiş karışım anlamına gelen CEM simanı (BioniqueDent, Tahran, İran) yakın geçmişte endodonti alanına tanıtılmıştır (117). CEM kalsiyum oksit, kalsiyum fosfat, kalsiyum karbonat, kalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, kalsiyum hidroksit ve kalsiyum klorid gibi çeşitli kalsiyum bileşenleri içermektedir (118). CEM'in klinik kullanım alanlarının, MTA ile benzer olduğu söylenmiştir. Kolay uygulanabildiği ve nemli ortamda sertleşebilme özelliğine sahip olduğu için kök ucu dolgu materyali olarak kullanımı önerilmiştir. CEM, MTA ile benzer pH, çalışma süresi ve boyutsal stabilitiye sahiptir (118). MTA gibi, CEM'in de

sertleştikten sonra hidroksiapatit oluşturabildiği bildirilmiştir (119). Ayrıca bir çalışmada CEM'in antimikrobiyal özellikleri MTA'dan üstün bulunmuştur (120).

2.8.2.14. Ceramicrete

Ceramicrete, kendi kendine sertleşen laboratuvarında sentezlenen biyoseramik fosfat bazlı bir simandır (121). Yakın zamanda, fosfosilikat seramik içine hidroksiapatit tozu ve keryum oksit radyopak doldurucuları ilave edilerek biyoyumlu, radyopak ceramicrete bazlı dental ve kemik materyali olarak üretilmiştir (122). Ceramicrete'in potansiyel biyoaktivite gösterdiği, MTA ile kıyaslandığında daha iyi kapatma özelliği sergilediği ve sertleştikten sonra bazik pH'ya sahip olduğu rapor edilmiştir (123). Bu materyalde pöröz olmadığından ve sertleşme reaksiyonu boyunca kalsiyum ve fosfat iyonları ürettiğinden (121,122) kök ucu dolgu maddesi olarak kullanım potansiyeli taşıyabilir.

2.8.2.15. iRoot BP

iRoot BP (Innovative BioCeramix, Vancouver, Kanada), tamamen laboratuvarında sentezlenen su bazlı biyoseramik bir simandır. Kullanıma hazır önceden karıştırılmış formülü dolayısıyla üretici firma tarafından daha uygun bir tamir materyali olduğu iddia edilmektedir. iRoot BP ve MTA'nın mikrosızıntılarının karşılaştırıldığı bir çalışmada iRoot BP'nin MTA'ya göre daha iyi kapatma özelliği sergilediği bildirilmiştir (124). Azimi ve arkadaşlarının (125) yaptığı klinik bir çalışmada, dişlerine parsiyel pulpotomi sonrası iRoot BP ve MTA uygulanan hastalarda 6 hafta sonraki klinik semptomlar ve radyografik değişiklikler takip edilmiş ve pulpası iRoot BP ile kapatılan dişlerin soğuk uyarana daha hassas olduğu gözlemlenmiştir. Yakın zamanda iRoot BP'nin biyoyumluluğunu araştıran bir çalışmada, iRoot BP ve MTA'nın biyoyumlu olduğu ve kritik sitotoksik etki sergilemediği gösterilmiştir (126). BioAggregate ve iRoot BP'nin dental pulpa hücrelerinin proliferasyonuna ve mineralizasyonuna olan etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada BioAggregate ve iRoot BP'nin toksik olmadığı ve mineralizasyonu indüklediği rapor edilmiştir (127).

2.8.2.16. MTA (Mineral Trioksit Aggregate)

MTA yapısı itibariyle ağırlıkça yaklaşık olarak %75-80 Portland çimentosu, %20 bizmut oksit ve %0-5 alçı taşından oluşmaktadır. Bu oranlar MTA'nın hangi firma tarafından üretildiğine bağlı olarak değişebilmektedir (128). MTA'nın temel bileşenleri trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, trikalsiyum oksit ve silikat oksittir. Bunların yanında, MTA fiziksel ve kimyasal bir takım özelliklerine katkıda bulunan diğer bazı mineral oksitlerden de az miktarda içermektedir. İçeriğindeki bizmut oksit, MTA'ya radyoopasite sağlaması için katılmıştır. Yapılan incelemeler MTA'nın yapısında temel olarak kalsiyum ve fosfor iyonları içerdiğini göstermektedir (129). MTA toz kısmın, steril distile su ile karıştırılması sonucu elde edilir. Karışım, nemli ortamda hidrate olarak kolloidal jel haline gelir ve yaklaşık 4 saat içerisinde sertleşir. MTA'nın sertleşme süresi; partikül boyutundan, toz-su oranından, ortamdaki su varlığından ve karışımın içerisine sıkışan havadan etkilenebilir (129). MTA hidrofilik karakteri sayesinde nemden olumsuz etkilenmeden, hatta nemin aktivatör etkisi göstermesiyle sertleşir. MTA'nın başlangıç pH'ı 10,2 olup, sertleştiğinde pH'ı 12,5'e kadar çıkar (129).

MTA ilk olarak kök ucu dolgu materyali olarak geliştirilmiştir (77), ancak daha sonra pulpa kaplaması, açık apeksli dişlerde apikal bariyer ve perforasyonlarda tamir materyali olarak pek çok klinik uygulamada kullanılmaya başlanmıştır (82). Bütün bu klinik uygulamalarda önerilmesinin başlıca nedenleri arasında MTA'nın biyouyumlu olması (130), iyi sızdırmazlık sağlaması (77), diş pulpası ve periradiküler alanda rejenerasyonu uyarma kabiliyeti (131,132) ve yüksek pH'ı nedeniyle antibakteriyel olması (133) yer almaktadır. Bütün bu sağladığı avantajların yanında, MTA'nın bir takım olumsuz özellikleri de vardır ve bunlar kolay uygulanabilir olmaması, sertleşme süresinin uzun olması ve buna bağlı olarak yerleştirildiği kaviteden kolayca uzaklaşabilmesi şeklinde sıralanabilir (129,134). Bu olumsuz özelliklerin üstesinden gelebilmek için bazı araştırmacılar MTA'nın içeriğine eklemeler yapmıştır (135-138). MTA'nın içeriğinde yapılan değişiklikler ile MTA'nın kimi özellikleri iyileştirilebilir de, diğer özelliklerinin ne şekilde etkilendiği soru işaretidir. Günümüzde, MTA modifikasyonlarının, MTA'nın yerine geçebilmesi için henüz yeterince kanıt yoktur.

2.8.2.17. BioAggregate

BioAggregate (Innovative BioCeramix, Vancouver, Kanada) kalsiyum-silikat-fosfat bazlı, biyouyumlu seramik nano partiküllerden oluşan bir materyaldir (139). BioAggregate'ın içeriği kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum hidroksit, hidroksiapatit, tantal oksit ve amorf silikon oksit gibi çok sayıda sentetik bileşenlerin karışımından oluşur. Üretici firma dokular için toksik etkilerini azaltmak amacıyla alüminyum içermediğini iddia etmektedir (140).

Kullanım endikasyonları MTA ile aynıdır. MTA ile benzer teknolojik özellikler ve kompozisyona sahip olmakla birlikte en büyük farklılığı içeriğinde alüminyum olmamasıdır. Ayrıca maddeye radyopak özellik kazandırmak için bizmut oksit yerine tantal oksit kullanılmıştır ve biyolojik olarak aktif olan hidroksiapatit içerir (115).

BioAggregate'ın ticari preparatı, tek kullanımlık toz (1g'lık paket) ve likitlerden (0,38ml'lik kapsül) oluşur. Likit deiyonize sudur. Toz ve likit ince krem kıvamında bir karışım elde edinceye kadar yaklaşık 2 dakika karıştırılır ve uygulanacak alana hemen yerleştirilmelidir. Çalışma süresi 5 dakikadır. Materyal karışımdan 5 dakika sonra dehidrate olup kurumaya başlar. Sertleşme süresi ise 4-72 saattir.

BioAggregate'ın antimikrobiyal etkinliği MTA ile benzerdir. *Enterococcus fecalis*'e karşı güçlü bir antibakteriyel özellik gösterir (141). *Candida albicans*'a karşı uygulandığı ilk gün etkisiz olduğu ancak 24 saat sonra antifungal etki gösterdiği bildirilmiştir (142).

BioAggregate'ın biyouyumluluğunun *in-vitro* olarak araştırıldığı hücre toksisite çalışmasında insan mezenşim hücreleri kullanılmış ve sonuç olarak MTA ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı bildirilmiştir (139). Bir diğer hücre toksisitesi çalışmasında insan periodontal ligament fibroblastları kullanılmış ve BioAggregate'ın bu tip hücrelere toksik özellik göstermediği bildirilmiştir (143).

Osteoblast hücrelerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, BioAggregate'ın fare osteoblast hücrelerinde mineralizasyon süreciyle ilişkili olan genlerin

ekspresyonunu uyardığı gösterilmiştir. Bu yeteneğinin yapısında bulunan hidroksiapatit molekülüne bağlı olabileceği öne sürülmüştür (144).

2.8.2.18. Biodentine

Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-fosses, Fransa), üretici firmasına göre yüksek sıcaklık seramikleri kimyası baz alınarak geliştirilmiş olan aktif biyosilikat teknolojisi ile üretilmiş kalsiyum silikat esaslı bir materyaldir (145). Biodentine trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat, zirkonyum oksit ve likit olarak da kalsiyum klorid içermektedir. Biodentine'in toz kısmı kapsül içerisinde, likit kısmı ise ayrı bir tüpte bulunur ve likit kısmın kapsüle eklenmesi sonrası amalgamatörde karıştırılarak hazır hale gelir. Biodentine, ilk olarak perforasyon tamirlerinde veya direkt pulpa kaplamasında pulpa ile temas halinde kullanılmak üzere koronal restorasyonların altına yerleştirilen ve bir şekilde dentin yerine geçebilen biyomateryal olarak tanıtılmıştır (146). Ayrıca Biodentine'in iyi tıkama kabiliyeti, yüksek sıkışma dayanımı, kısa sertleşme süresi, biyouyumlu ve biyoaktif oluşu gibi özellikleri öne sürülerek endodontik tamir materyali ve kök ucu dolgu materyali olarak kullanımı önerilmiştir (146-149).

MTA, Biodentine ve kalsiyum fosfat sementinin mikrosızıntılarının karşılaştırıldığı bir çalışmada Biodentine'in MTA'dan kötü, kalsiyum fosfattan iyi kapatma özelliği sergilediği gösterilmiştir (150). Dentin ve Biodentine arayüzünün interfasiyal özellikleri mikroskop altında incelenmiş ve tag benzeri mikro yapılar tespit edilmiştir. Biodentine, dentin tübüllerine penetre olabilmekte ve arayüzdeki mekanik özellikleri iyileştirebilmektedir (151). Güneşer ve ark'nın (152) yaptığı bir çalışmada, çeşitli irrigasyon solüsyonlarına maruz bırakılan Biodentine'in MTA'ya göre yüksek bağlanma dayanımı sergilediği gösterilmiştir. Biodentine'in yüzeyinde hidroksiapatit birikimine izin verdiği ve biyoaktivite sergilediği bildirilmiştir (153). Yine Biodentine'in biyoaktivitesini gösteren bir başka çalışmada fosfat solüsyonuna daldırıldıktan sonra Biodentine'in apatit formasyonu gösterdiği bulunmuştur (154). Kök kanal dentinine silisyum ve kalsiyum alınımasının Biodentine grubunda MTA grubuna göre göze çarpar düzeyde fazla olduğu bulunmuştur (149). Karşılaştırmalı bir *in-vitro* biyouyumluluk çalışmasında Biodentine'in MTA'ya benzer gingival fibroblast reaksiyonu oluşturduğu ve MTA ve Biodentine'in cam iyonomer simandan

daha az toksik olduğu gösterilmiştir (155). Biodentine ile ilgili yapılan araştırmalar dikkate alındığında Biodentine'in kök ucu dolgusu ve perforasyon tamiri için iyi bir alternatif olabileceği görülmektedir.

2.9. Endodontik Mikrosızıntı

Kök kanallarındaki mikrosızıntı, kök kanalı içindeki dolgu materyali ve diş dokusu arasından sıvı, bakteri ve kimyasal maddelerin geçişi olarak tarif edilebilir (156). Etkili kimyasal ve mekanik kök kanal preparasyonundan sonra bile kök kanallarının içindeki mikroorganizmalar dentin tübüllerinde aktif kalabilirler. Kök kanal tedavisinin en önemli amaçlarından biri de doğru hazırlanmış kanal sisteminin üç boyutlu olarak tıkanmasıdır. Başarılı bir apikal tıkama ile kök apeksinden bakteri ve endodoksinlerin kanala girişinin engellemesi amaçlanır (157,158). Apikal sızıntı endodontik tedavi başarısızlıklarının temel sebebidir. Apikal sızıntıyı; dolum teknikleri, kullanılan dolgu maddesinin kimyasal ve fiziksel özellikleri ve smear tabakasının varlığı ya da yokluğu etkiler (158). Koronal sızıntı da ise; kök kanal tübülleri içindeki bakteriler ile oral floranın etkileşimi söz konusudur. Koronal sızıntı çoğunlukla geçici restorasyon kaybı, restorasyonda kırık ya da çatlak varlığı, yetersiz kanal dolumu, sekonder çürük ya da daimi restorasyonun uyumsuzluğu sonucu meydana gelir (159,160). Tam olarak doldurulmamış kök kanallarının içine doku sıvılarının toplanması ve proteolizi sonucu periapikal dokular irrite olabilir ve periapikalde iltihabi reaksiyon oluşabilir.

İdeal bir kanal dolumunun amacı; oral kavite ve periradiküler dokular arasındaki ilişkiyi engellemek yani koronal sızıntıyı önlemek, kök kanal sistemi içinde canlılığını devam ettiren bakteri hücrelerinin yaşamasını engellemek ve periapikal dokulardan gelen sıvının kanal içine girişini engellemektir (157,158,161).

Kök kanal sisteminin doldurulmasında en çok tercih edilen, bir kor materyalinin pat ile birlikte kullanılmasıdır. Sızıntı; pat ve dentin arasındaki boşluklardan, pat ve güta perka arasından ya da patın içindeki boşluklardan oluşabilir. Kök kanalı dolgu materyali ile dentin arasında kalan boşluk kök kanal dolgu materyalinin kanal duvarlarına yetersiz adaptasyonu ile oluşabilir. Bunun yanında

kanal patlarının çözünürlüklerindeki farklılıklar ve sertleşme ve büzülme katsayılarındaki farklılıklar sızıntıyı etkiler. Bu nedenle endodontik patların; gütâ perka ve dentin duvarları arasındaki boşlukları doldurması beklenir (156). Bunun yanında kök kanallarının anatomisindeki düzensizlikler, kök kanallarının genişletilme miktarı, irrigasyonda kullanılan solüsyonların çeşidi, kök kanal doldurma teknikleri gibi sebeplerde sızıntıyı etkilemektedir (157).

2.9.1. Endodontik Mikrosızıntı Test Yöntemleri

Kullanılan farklı dolum tekniklerinin ve materyallerin kök kanallarında sağladıkları tıkama özelliklerini incelemek ve bunları birbiriyle kıyaslamak için çeşitli *in-vitro* apikal sızıntı inceleme yöntemleri kullanılmıştır. *In-vitro* çalışmalar durumu tam olarak gösterememekle beraber, endodontik tedavide kullanılan teknik *in-vivo* ve materyalleri karşılaştırmak için en uygun yöntemlerdir (162). *In-vitro* test yöntemlerinde sızdırmazlık değerinin ölçülmesi için genellikle doldurulmuş kanal boyunca izleyici maddenin penetrasyonunun ölçülmesi yöntemi kullanılır (163). Kullanılan izleyici maddenin molekül boyutu, iyonik değişimi, pH'ı, ve kimyasal reaktivitesi gibi özelliklerinin yanı sıra dolgunun tamamlanması ile izleyici madde uygulanacak zamana kadar geçen süre, izleyici madde içinde bekletme periyodu, smear tabakasının olup olmaması, termal siklus vb. gibi test yöntemindeki farklılıklar da sonuçları etkilemektedir (164-166).

2.9.1.1. Boya Penetrasyon Testi

Dişlerin farklı boya tiplerine (eozin, metilen mavisi, siyah Hint boyası ve diğerleri) batırılması ile yapılan deney yöntemi ilk olarak 1939 yılında Grossman tarafından kullanılmıştır (167,168). Boya penetrasyon yöntemi, yarı-kantitatif bir teknik olup, mikrosızıntı testleri arasında en çok kullanılan yöntemdir. Boya penetrasyonu ile sızıntı tespiti yöntemi basit, ucuz, kantitatif olması nedeniyle tercih edilir (169). Ancak boya penetrasyon tekniğinin bazı dezavantajları bulunmaktadır (170);.

1. Boya çeşitlerinin partikül büyüklükleri bakterilerden küçüktür.
2. Boya sızıntı testlerinin çoğu tek yüzden ölçüm sonuçları verebilmektedir. Total sızıntıyı ifade edememektedir.

3. Periradiküler dokular ve kök kanalları arasındaki interaktif ilişkiyi tam olarak yansıtmamaktadır.

Boya penetrasyon testinin çalışma prensibi; koronal veya apikal yönden kök kanal boşluğuna boya verilmesi ve bu boyanın dentin ile kanal dolgusu arasından sızması esasına dayanır. Kök-kanal dolgusu ve kök duvarı arasında var olan boşlukların herhangi bir ajanla işaretlenmesine dayanır. Penetrasyonun ölçümü için örneklerin hazırlanması, kökün elmas disk ile uzunlamasına ayrılması, şeffaflaştırma veya uzun eksenine dik kesitler alınması yoluyla yapılmaktadır (166). Bu yöntem doğrusal boya penetrasyonunun kök kanal dolgusu ile kanal duvarı arasındaki boşluğun uzunluğunu gösterdiği varsayımına dayanmaktadır. Penetrasyonu artırmak için negatif veya pozitif basınçla veya vakum odasında çalışılması önerilmiştir (168,171).

Şeffaflaştırma yöntemi; dişlerin demineralizasyon, dehidratasyon ve metilsalisilat içine gömülerek şeffaf hale getirilmesi işlemidir. Kanal morfolojisi hakkında geniş bilgi verir, kök kanalının üç boyutlu olarak dolgunun derecesinin ve olası kompaksiyon defektlerinin görülmesine olanak tanır. Bu yöntemle lateral ve aksesuar kanalların gözlenmesi kolaylaşır ve dolum materyali ile apikal foramen arasındaki bağlantı gözlenir (157). Bunun yanında dezavantajları arasında zaman kaybı, subjektivite, ilave maddelere ihtiyaç duyulması, demineralizasyon esnasında zayıf asit konsantrasyonlarının kullanılması nedeniyle organik dokuların büzülmesi ve metil salisilat içerisinde şeffaflaştırılan diş örneklerinin uzun zaman sonunda kanal dolgu patının kabarcık hareketi neticesinde apikal foramenden yavaşça taşabilmesi sayılabilir (172). Dişin uzun aksına paralel kesitler alma işlemi sonucu tüm kanal dolgusunu boydan boya görmek mümkündür. Kesici aletin yol açtığı madde kaybının olmaması ve uygulama kolaylığı gibi avantajlarının yanında çeşitli dezavantajları vardır. Limkangwalmongkol ve arkadaşları (173), yöntemin dezavantajlarını, kök-kanal dolgusunun sadece tek yüzeyden inceleniyor olması, üç boyutlu inceleme yapılamaması dolayısıyla tam bir değerlendirmenin olmaması, yan ve aksesuar kanalların, çatlakların belirlenmesinin zorlaşması ve kanal eğimini takip etmek için birkaç farklı kesit yapılması gerekliliği olarak sıralamışlardır. Boya penetrasyon çalışmaları sonuçlarının arasında farklılıklar bulunması, tekrarlanabilirliğinin ve karşılaştırılabilirliğinin zor olması, sızıntı verilerinde paralellik olmaması, örneklerin

parçalanması nedeniyle yöntemin tekrarlanabilirliğinin olmaması yöntemin güvenilirliğinin sorgulanmasına neden olmuştur (166,174).

2.9.1.2. Radyoaktif İzotop Testi

Çeşitli radyoizotop solüsyonlarının ¹²⁵I (175,176), ³H-timidin (175,177) kullanılmasıyla otoradyografi tekniği kullanılmaya başlanmıştır. Dişe işaretleyici olarak uygulanan radyoizotop maddeler belli süreler beklettikten sonra köklerden horizontal kesitler alınarak gamma sayacı (176) veya örnek solüsyon alınarak sintilasyon sayacı (177) yardımıyla sızıntı ölçümleri yapılmaktadır. Çalışma zorluğu, kullanılan maddelerin insan hayatı ve çevre için son derece riskli olması, radyoizotop çaplarının bakteri çaplarından çok daha küçük olması, ayrıca uygulanan diğer sızıntı tekniklerine göre çok belirgin bir üstünlüğünün bulunmaması sistemin dezavantajlarıdır (163).

2.9.1.3. Bakteri ve Toksin İnfiltrasyon Testi

Goldman ve arkadaşları (178) tarafından 1980 yılında belirli bir bakteri cinsi ve işaretleyici besi ortamı kullanılarak geliştirilmiştir. Birçok farklı bakteri tipi, marjinal sızıntıyı tespit etmek için kullanılmakta; sonuçların farklı olması farklı bakteri tipinin kullanılmasına bağlanmaktadır (179,180). Bu test yönteminde apikal ve koronal kısımlar ayrı ayrı değerlendirilebilir. Pulpa odası kontamine olursa, mikroorganizmalar için rezervuar görevi görür. Bu iki türlü probleme yol açar. Biri, kök kanalının sızdırmazlığını etkiler ve kanal tedavisi başarısız olur. İkinci olarak mikroorganizmalar pulpa odasının tabanındaki aksesuar kanallar yolu ile furkasyon bölgesine ulaşabilirler (181). Barthel ve arkadaşları (164); bakteri ve bakteri ürünlerinin penetrasyonu ile enflamatuar cevabın başlayacağını veya tükürük sızıntısının kanal içine sıkışmış bakteri büyümesini arttıracığını belirtmişlerdir. Endotoksinler Gr (-) bakterilerin eksternal zarına ait lipopolisakkaritlerdir. Carratu ve arkadaşları (182); endotoksinlerin en az bakteriler kadar apikal enflamasyona yol açma riskinin olduğu teorisi üzerine 2 farklı dolun tekniğini kullanarak hem bakterilerin hem de endotoksinlerin kök kanal dolusuna penetre olma zamanlarını incelemişlerdir. 60 deney günü boyunca endotoksin grubunda sızıntı görülmezken; bakteri kullanılan gruplarda 37. günün sonunda üreme belirlenmiştir. Bunun nedeni

olarak da bakterilerin güta perka, siman ya da dentin üzerinde enzimatik aktivite göstermesinin patin btnlgnde bozulmaya neden olması gösterilmektedir.

2.9.1.4. Elektrokimyasal Teknik

İlk olarak Jacobson ve Fraunhofer tarafından 1976 yılında geliştirilen bu yöntemde ana prensip diş rneği ile birlikte bir elektrik devresi oluşturmaktır (183). Test dzenegnde yer alan iki elektrot arasında akım geçmesini ve dolayısıyla devrenin tamamlanmasını sağlayan faktör kanal dolgusunda meydana gelen sızıntıdır (166). Bu devredeki empedans değerlerinin ölümü sızıntı sonuçlarını verir (184). Delivanis ve Chapman (185); yaptıkları bir çalışmada elektro-kimyasal sızıntı testini otoradyografik ve boya testleriyle karşılaştırmışlar; çalışma sonucunda elektro-kimyasal yöntem ve diğer iki teknik arasında sadece elektriksel veri aralıklarının uç değerleri söz konusu olduğunda bir korelasyon belirlemişlerdir. Elektrokimyasal yöntemin en önemli avantajları örneklerin bozulmaması ve istendiği durumlarda tekrarlayan ölümler yapılabilmesi, elde edilen verilerin kantitatif olması ve kolayca analiz edilip karşılaştırılabilmesidir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı ise bakır anot üzerinde korozyon ürünlerinin birikmesi ve iyon akışı için difüzyon bariyeri oluşturarak sızıntı sonuçlarını engelleyebilmesidir (186).

2.9.1.5. Sıvı Filtrasyon Sızıntı Testi

Mikrosızıntı test tekniklerinin avantajları ve dezavantajları incelendiğinde daha kantitatif ve objektif sızıntı inceleme yöntemleri bulmaya yönelik araştırmalar yapılmıştır. Sıvı filtrasyon testi endodontik sızıntı çalışmaları için Wu ve arkadaşları tarafından modifiye edilmiştir (187-189). Apikal sızıntı çalışmaları için modifiye edilmiş olan bu teknik sayesinde kök örneklerinin zarar görmemesi, tekrarlanabilir ölümler yapılabilmesi, kantitatif sonuçların elde edilmesi, pozitif basınç kullanıldığı için hapsolmüş hava veya sıvının neden olabileceği problemlerin elimine edilebilmesi gibi avantajları vardır (190,191). Ancak lm zamanı, uygulanan basınç, hava kabarcığını içeren tüpün çapı, hava kabarcığının uzunluğu gibi nedenler sonucu etkileyebilir (192,193). Kök basınç altında su ile dolu bir tüpe bağlanır. Tp içinde bir hava kabarcığı yaratılır. Sızdırmaz bir kanal tedavisinde basınç rağmen bu hava kabarcığı hareket etmez. Sızıntı varlığında hava kabarcığının yer değiştirmesi llr.

Sonuçlar genellikle $\mu\text{l dak}^{-1}$ olarak ifade edilir. Bunun yanında mikrosızıntı ölçümleri aynı örnek üstünde hem apikal hem koronal yönde yapılabilir (169,194,195).

Kanal dolgusu içinde sıkışıp kalan havanın bakteri sızıntı ve sıvı penetrasyon yöntemlerinin sonuçlarını etkilediği bilinmektedir. Wu ve arkadaşları (189) yaptıkları bir çalışmada bu tür hava boşluklarının bakterileri bloke ettiği için kesin sonuç elde edilemediğini bildirmişlerdir. Aynı örnekler sıvı penetrasyon düzeneği ile test edildiklerinde ise pozitif basınç uygulanması sebebiyle en küçük hava boşlukları bile belirlenebilmiştir. Bu özellik klinik açıdan önemlidir. Çünkü bakteriler bu boşluklardan geçemeyecekken bakteri toksinleri geçiş sağlayacak boyutlardadır.

2.9.1.6. Glikoz Penetrasyon Testi

Xu tarafından geliştirilen bir diğer sızıntı testi olan glikoz penetrasyon testi kök kanal dolgusu boyunca glikozun penetrasyon derecesi esasına dayanmaktadır (163). Glikoz oral kaviteden kanal içine girdiğinde, kanal içinde kalmış olan bakteri bölünerek periapikal enflamasyona neden olabilir. Glikozun bu nedenle mikrosızıntı testlerinde kullanılan diğer izleyici maddelerden klinik olarak daha uygun olduğu düşünülmektedir. Glikoz 180 Da molekül ağırlığına sahiptir. Düşük molekül ağırlığına sahip olmaları sayesinde toksinlerin dentin kanallarına penetrasyonunu taklit eder. Doldurulmuş kök kanalından sızarak apikal rezervuarda toplanmış glikozun miktarı spektrofotometre yardımıyla ölçülerek sızıntının niceleyici analizi mümkün olmaktadır (163,196).

Bu yöntemde, sızan solüsyondaki glikoz miktarını ölçmek için bakır veya ferrisiyanit metotlarına göre daha fazla hassasiyet ve en yüksek belirlilik oranı gösterdiğinden dolayı enzimatik glikoz oksidaz metodu seçilmiştir. Bu metotla oksijen varlığında glikoz, glikoz oksidaz enzimi ile hidrojen peroksit ve glikonik asit oluşturmaktadır. Daha sonra peroksidaz enzimi varlığında, kromojenik oksijen alıcısı (4-aminoantiprin ve fenol) hidrojen peroksit ile oksitlenerek kırmızı ürün oluşturmaktadır. Spektrofotometre ile hesaplanan bu oksitlenmiş kromojen miktarı, ilk reaksiyondaki glikoz miktarı ile orantılıdır (163).

Bu metot ile endodontik mikrosızıntının zamana bağlı değişimi değerlendirilebilmektedir. Ayrıca bu metotta kullanılan koronal düşük basınç

hapsedilmiş hava veya sıvının çıkarılmasına yardımcı olabilir ve bu basınç miktarı yüksek hassasiyet ile sistemi kullanmak için yeterli olarak görülmektedir.

Shemesh ve arkadaşları, Keçeci ve arkadaşları (197,198) glikoz testinin sıvı filtrasyon testinden daha hassas olduğunu belirtmişlerdir. Glikoz penetrasyon yönteminde sızan glikoz miktarı spektrofotometre kullanılarak hassas enzimatik bir reaksiyon ile sayısal olarak hesaplanırken, sıvı filtrasyon yöntemindeki baloncuğun hareketi göz ile değerlendirilmektedir. Ayrıca sıvı filtrasyonda kullanılan basınç miktarı, uygulanan süre ve baloncuğun çapı ve uzunluğu test sonucunu etkilemektedir.

2.10. Adezyon

Adezyon, farklı materyallerin ara yüzeylerindeki moleküller arasında görülen çekim kuvveti olarak ifade edilebilir. Adezyon oluşturmak için ilave edilen materyale 'adeziv' uygulandığı maddeye ise 'aderent' denir. Kanal dolusunda kullanılan kanal dolgu patı adeziv, uygulandıkları yüzey kök kanal dentini ise aderent olarak adlandırılır.

Adezyon birbirine bağlanan iki cisim arasındaki yüzeyde başarısız olursa adeziv başarısızlık; ara yüzeyde değil de cisimlerden birinde meydana gelirse koheziv başarısızlık olarak adlandırılır. İki başarısızlık tipinin bir arada görülmesi sonucu karışık (mix) tip başarısızlık da gözlenebilir (199,200). Kök kanal sisteminin doldurulmasında kullanılan standart yöntem; kor materyali ile birlikte bir kök kanal patının kullanılmasıdır. Kök kanal patının sahip olması istenilen önemli özelliklerinden biri dentine ve kor materyaline adezyon göstermesidir. Patın dolguyu bir arada tutması için koheziv dayanıma sahip olması da gerekmektedir (201). Kök kanal patlarının dentin ve gütâ perka ya bağlanma yeteneği daha iyi sızdırmazlık sağlar. Adezyon ayrıca post preparasyonu gibi işlemler sırasında kök dolgusunun stabil olmasını sağlar. Kanal dolgu maddesinin nem oranı, sıcaklığı, kimyasal yapısı, materyalin ısısal genişleme katsayısı bağlanma dayanımını etkiler (202). Kök kanal dolgusu ile dentinal duvarlar arasındaki adezyonun 2 temel avantajı vardır. Statik durumda; dolgu ile duvar arasında ağız sıvıları ve mikroorganizmaların geçişine izin vermeyecek şekilde boşlukları elimine eder (203). Dinamik durumda ise;

manipülasyon sırasındaki dolgunun yer değiştirmesini önlemek amacı ile önemlidir (204). Kök kanal dentinine bağlanma dayanımı, koronal dentine bağlanma dayanımından düşüktür. Aksesuar kök kanalları, rezorpsiyon alanları, gömülü veya serbest pulpa taşları ve dentin yapısındaki varyasyonlar, kök kanal duvarının farklı seviyelerinde dentin tübüllerinin yoğunluğu ve uygulanan dolum tekniği bağlanma üzerinde etkilidir (205,206). Kanal boşluğunun preparasyonu sırasında; sonucu etkileyebilecek C faktör konfigürasyonu ve rezin bazlı materyallerin polimerizasyon büzülmesi gibi test sonuçlarını etkileyebilecek değişiklikler meydana gelebilir (207,208). Kanal duvarları gibi sınırlı alanlarda bağlanan yüzey alanının bağlanmayan yüzey alanına oranı yani C faktör yüksek olduğunda bağlanma istenildiği gibi sağlanamaz (209). Özellikle ışıkla sertleşen materyaller için, kök kanalının uygun olmayan geometrik konfigürasyonu içinde oluşturulan sertleşme stresi çok yoğun olabilir ve rezin kompozitin dentin duvarlarından ayrılmasına ve arayüzde boşlukların yaratılmasına neden olabilir (210). Ayrıca bağlanma dayanımını etkileyen bir diğer faktör olarak kök kanallarının kemomekanik preparasyonu sırasında dentin duvarlarında oluşun smear tabakasının uzaklaştırılması için kullanılan EDTA ve NaOCl'in dentin kollajeni üzerine etkilerinin bağlanma dayanımına etkisi olabileceği düşünölmektedir (211).

2.10.1. Adezyonun Test Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

Kanal dolgu maddelerinin kök kanal dentinine olan bağlantısının incelenmesinde daha çok çekme ve makaslama testleri (212), post simantasyonunda kullanılan rezinlerin adezyonunun incelenmesinde ise mikrotensile testleri kullanılmaktadır (207,213). Bu testler arasında en çok bilinen ve sıklıkla kullanılanlar çekme (tensile), makaslama (shear) ve itme (push-out) testleridir. Tüm bu mekanik testlerin uygulanmasında, 'Universal Test Cihazı' kullanılmaktadır.

2.10.1.1. Çekme Testi

Özel kalıplarda hazırlanan deney yüzeyi, test cihazının tablasına yerleştirilerek uygun konumda sabitlenmekte ve düzeneğe uygun olarak hazırlanan deney materyali cihazın kuvvet uygulayan ucu yardımıyla ters yönde sabit hızda çekilerek bağlanma dayanımı ölçölmektedir. Çekme testlerinde, deney yüzeyi ile deney materyalinin aynı düzleme getirilmesi sağlandığında, daha düzgün bir stres dağılımı sağlandığı

düşünülmektedir (212). Ancak, germe bağlanma testi hassastır ve örnekteki veya yük uygulaması esnasındaki stres dağılımındaki küçük değişikliklerin sonuçlar üzerinde önemli etkileri vardır (214). Kök kanal dentini ile çeşitli rezin materyallerin adezyonunu değerlendirmek için mikro germe (mikrotensile) test tekniği kullanılmıştır (213,215). Küçük boyutta örnek kullanan mikro germe (mikrotensile) yöntemi, bağlanma ara yüzeyinde daha düzenli stres dağılımına izin verir. Aynı zamanda bu yöntem kök kanalının içi gibi küçük alanların bağlanma dayanımlarını da ölçebilir. Bu teknikle çoğunlukla post simantasyonunda kullanılan rezin siman veya cam iyonomerlerin (C&B Metabond, Panavia F, Variolink II, Rely X) kök kanal dentini ile olan bağlanma dayanımları değerlendirilmektedir.

2.10.1.2. Makaslama Testi

Makaslama testi düz intra-radiküler dentin örnekleriyle kullanmak; yüksek plastisitesi olan güta perka gibi materyallerin bağlanma kuvvetini değerlendirmeye imkan sağlar. Düz intra-radiküler dentin örneği kullanmak örneklerin standardize edilmesini sağlar (216). Makaslama testlerindeki ana problem, makaslama yük cihazının bağlanma ara yüzeyine yakın konumlandırılmasındaki güçlülüdür. Eğer yük ara yüzden uzak bir yerde ise, kırılma momenti oluşur (217). Ayrıca, cihazın ucunun bağlantı noktasından bir miktar farklı bir bölgeye temas etmesi, deney sonuçlarında değişikliklere neden olabilmektedir.

Kanal dolgu patlarının güta perka veya kök kanal dentini ile olan bağlanma dayanımlarını değerlendirmek için kullanılan germe ve makaslama test yöntemlerinde vertikal olarak ayrılan diş köklerinin pulpa kanalları üzerine test edilecek olan materyaller uygulanıp farklı kuvvetlerle (0,5-1 mm/dak) bağlanma dayanımları değerlendirilmiştir. Ancak bu test yöntemlerinde kanal dolgu patlarının veya güta perkanın homojen bir şekilde kök dentini yüzeyinde adapte olamaması yöntemlerin standardizasyonunu zorlaştırmaktadır (203,218).

2.10.1.3. Push-Out Testi

Push-out bağlanma dayanımı testi geleneksel gerilme ve makaslama testlerine göre örneğe daha fazla makaslama kuvveti iletmesi (219), örnek hazırlanması sırasında bağlanma yüzeyinde daha az stres birikimi olması (220-222) ve uygulanan kuvvetin kliniği taklit eder tarzda dentin tübüllerine dik, bağlantı yüzeyine paralel

gelmesinedeniyle günümüzde ilk tercih edilen bağlanma dayanımı test yöntemidir (218).

İlk olarak kemikle ortopedik implantların bağlanmasının test edilmesinde kullanılan push-out testi biyomedikal araştırmalarda yaklaşık kırk yıldır kullanılmaktadır (223). Diş hekimliğinde push-out testleri dolgu materyallerinin ve postların kök kanalına bağlanmalarının test edilmesinde sıkça kullanılmaktadır (224,225). Kök kesitleri dolgu materyalinin uzun aksına dik olacak şekilde farklı kalınlıklarda hazırlanabilir (220,224,225). Makaslama bağlanma dayanımı dolgu materyalinin çapından daha küçük bir ucun dolguya uyguladığı kuvvetle ölçülür. Bağlanma dayanımı, uygulanan kuvvet ve dolgu ile kanal duvarı arasındaki alan kullanılarak hesaplanır.

Push-out testleri kanal dolgu materyallerinin kök kanalına bağlanma dayanımlarının ölçülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (218,226) ve klinik durumu taklit ettiği yapılan çalışmalarla kabul edilmiştir (227).

Push-out bağlanma dayanımı testlerinde güta perka gibi termoplastik materyallerin deformasyonunu engellemek için kanal anatomisine uygun farklı çaplarda uçlar kullanılmalıdır (219,228-230). Örnek geometrisindeki varyasyonlar ve kuvvetin uygulanma şekli bağlanma dayanımı testlerinin sonuçlarını etkilemektedir (231). Uygulanan kuvvet ve hazırlanan örnek dikey düzlemde aynı hizaya getirilmelidir; çünkü örneğin pozisyonu da uygulanan kuvvetin açısı da test sonucunu doğrudan etkilemektedir (219,224). Bu problemlerin önüne geçmek için; kanal çapına uygun uçlar kullanılmalı, uygulanacak kuvvet ile örnek hizalanmalı ve kanal konikliği göz önünde bulundurulmalıdır (229).

2.10.1.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile İnceleme

Taramalı Elektron Mikroskobu veya SEM (Scanning Electron Microscope), çok küçük bir alana odaklanan yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibiyle çalışır. Manfred von Ardenne öncülüğünde 1930'lı yıllarda geliştirilmiştir. En sık kullanıldığı biçimiyle, yüzeyden yayılan ikincil (secondary) elektronlarla yapılan ölçüm, özellikle yüzeyin engebeli (topografik) yapısıyla ilişkili bir görüntü oluşturur (232).

Yüksek enerjili demet elektronları numune atomlarının dış yörünge elektronları ile elastik olmayan girişimi sonucunda düşük enerjili Auger elektronları oluşur. Bu elektronlar numune yüzeyi hakkında bilgi taşır ve Auger Spektroskopisinin çalışma prensibini oluşturur. Yine yörünge elektronları ile olan girişimler sonucunda yörüngelerinden atılan veya enerjisi azalan demet elektronları numune yüzeyine doğru hareket ederek yüzeyde toplanırlar. Bu elektronlar ikincil elektron (secondar electrons) olarak tanımlanır. İkincil elektronlar numune odasında bulunan sintilatörde toplanarak ikincil elektron görüntüsü sinyaline çevrilir. İkincil elektronlar numune yüzeyinin 10 nm veya daha düşük derinlikten geldiği için numunenin yüksek çözünürlüğe sahip topografik görüntüsünün elde edilmesinde kullanılır (232).

Kullanım alanları temel bilimlerden tıbbi ve diğer teknolojik uygulamalara kadar geniş bir yelpazeyi kapsar.

SEM endodontik araştırmalarda:

1. İrrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin araştırılmasında
2. Kanal dolgu maddelerinin dentine adaptasyonu ve kanal postlarının adezyonunun incelenmesinde
3. Sızıntı çalışmalarında
4. Materyallerin histolojik etkilerinin incelenmesinde
5. Anatomik çalışmalarda
6. Mikrobiyoloji çalışmalarında
7. Endodontik enstrümanların yapısının incelenmesinde
8. Diş beyazlatma ajanlarının dentine etkilerinin incelenmesinde kullanılmaktadır.

SEM görüntüyü oluşturmak için elektronları kullanan bir mikroskoptur. Bu mikroskop ile optik mikroskoplarla sağlanandan daha iyi çözünürlük ve yüksek büyütme sağlanmaktadır. Dolgu ile diş ara yüzeyinin SEM ile incelenmesinin bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Sadece incelenen yüzey görüntülenmekte ve iki yüzeyin adaptasyonu üç boyutlu olarak değerlendirilememesine rağmen (233) endodontik cerrahi çalışmalarında; kök ucu dolgu materyallerinin kapama kabiliyetini ve marjinal uyumunu, retro-uçlar veya frezlerle açılan kavitelere oluşan çatlakları, kavite duvarlarını incelemek gibi birçok alanda kullanılmaktadır (234-237). Örneklerin SEM

için hazırlanması bu yöntemin en önemli noktalarındandır. Aslında dehidratasyon ve kurutma prosedürleri sert dokularda artefakt oluşturabilir. Örneklerin altınla kaplanmasından önce hazırlanması için iki farklı yaklaşım bildirilmiştir. Janda (238) yapmış olduğu çalışmada bu iki yöntemi karşılaştırmıştır. Direk yaklaşım orijinal örneğin dehidratasyonu ve kurutulmasını içermektedir. Farklı konsantrasyonlardaki etanol/su ve daha sonra etanol/aseton karışımları kullanılarak sert diş dokularının kritik kuruma noktasından kaçınılabılır. İndirekt yaklaşım ise diş yüzeyinin polisiloksan gibi ölçü materyali ile ölçüsünün alınıp, şeffaf rezin veya epoksi rezin ile kopyasının oluşturulmasını içerir. Daha sonra hazırlanan örnekler vakum altında altınla kaplanarak SEM’de incelenir. İndirekt metot artefakt oluşumunu engellese de özellikle diş yapısı 400 ve üzeri büyütmelelerde incelendiğinde orijinal diş yüzeyinin detaylı olarak görüntülenmesini sağlayamaz. Janda (238) indirekt metodu sadece direk incelemenin mümkün olmadığı durumlarda tavsiye etmektedir. Eğer çekilmiş dişin kurutma işleminden etkileneceği düşünülüyorsa indirekt yöntem kullanılabilir (239).

2.11. Endodontik Cerrahide Operasyon Mikroskobunun Yeri

Dental operasyon mikroskobunun kullanımı, 1981 yılında Apotheker tarafından sunulmuştur (240). Bu mikroskop; ergonomik olarak kullanımı zor, sadece bir büyütme kapasitesi (x8), sabit zemine yerleştirilmiş, zayıf dengeli ve çok uzun odak uzaklıklı olması gibi dezavantajlarından dolayı yaygın olarak kabul görmemiştir.

Endodonti literatüründe operasyon mikroskobuyla ilgili ilk yayın 1989 yılında Howard Selden (241)’e aittir. 1999’ de Dr Gary Carr (242) endodonti için ergonomik olarak yapılandırılmış, hemen hemen tüm endodontik işlemlerde kolay kullanım sağlayan bir operasyon mikroskobunu kullanıma sunmuştur. Bu mikroskop, x3.5 ile x30 arasında 5 farklı büyütme, duvara ya da tavana monte edilebilme, operatörün oturarak işlem yapmasına imkân sağlama özelliklerine sahiptir. Ayrıca yardımcı asistan için ayrı bir oküler ve video kamera bağlama adaptörleri de bulunmaktadır.

Günümüzde kliniklerde kullanılan modern operasyon mikroskopları farklı büyütme oranlarına sahip ve odaklama dâhil olmak üzere birçok ayarının elektronik olarak yapılabildiği oldukça gelişmiş cihazlardır. Diş hekimliğinde birçok branşta kullanılan operasyon mikroskopları, özellikle ayrıntılı görüşe ve iyi bir aydınlatmaya çok ihtiyaç duyan endodontistlerin işini kolaylaştırmaktadır. Etkili operasyon

mikroskobu kullanımı ileri eğitim gerektirir. Çoğu endodontik işlem x10 ile x15 arasındaki büyütme, bazı işlemler ise x30 büyütme yapılır (242).

Mikrocerrahi, operasyon mikroskobu altında oldukça küçük ve kompleks bir alanda gerçekleştirilen cerrahi işlemler olarak tanımlanmaktadır. Operasyon mikroskobu, operatörün patolojik değişimleri çok daha net ayırt edebilmesine ve çevre dokulara zarar vermeden daha kesin bir şekilde bunları uzaklaştırabilmesine olanak sağlamaktadır. Modern endodontik cerrahi prosedürlerinin, 'endodontik mikrocerrahi' olarak isimlendirilmesi, operasyon mikroskobunun endodontik cerrahi alanına girmesiyle başlamıştır (37,243). Operasyon mikroskobunun endodontik mikrocerrahiye kazandırdığı birçok avantaj mevcuttur.

İşlem yapılan alan yüksek büyütme altında incelenebildiği için ekstra apikal foramen ve lateral kanallar gibi küçük ancak önemli anatomik detaylar tespit edilip, gerekli işlemler yapılabilir. Anatomik detaylar haricinde kök yüzeyindeki çatlak ya da kırık hattı, perforasyon varlığı gibi soruna yol açan etkenler kolayca tanımlanabilir. Görüş kalitesi arttığı için cerrahi alanda artık doku bırakılmadan, hastalıklı dokular tamamen uzaklaştırılabilir. Endodontik cerrahide çalışılan saha küçük bir alan olduğu ve anatomik yapılar birbirine çok yakın konumlandığı için, cerrahi esnasında her zaman kolay ve hızlı bir şekilde kök ile kemiğin sınırları ayırt edilememektedir. Yüksek büyütme altında bu anatomik yapıların sınırları çok daha net anlaşılabilir (37).

Cerrahi mikroskopların kullanımı cerrahi başarıyı arttırdığı bildirilmiştir (40). Operasyon mikroskobu ile endodontik mikrocerrahi işlemi gerçekleştirilmeden önce, konsept ile ilgili açıklığa kavuşturulması gereken bazı unsurlar vardır. Sanıldığı gibi aksine en yüksek büyütme, en iyi çalışma koşulunu her zaman sağlamaz. Endodontik mikrocerrahi işlemleri için 30 kattan fazla büyütme ihtiyacı yoktur. Bu kadar yüksek büyütme hastanın en ufak hareketi, odağın bozulmasına neden olacaktır. Endodontik mikrocerrahide belli işlemler için doğru aralıklarda büyütme kullanmak, operasyon mikroskobunun işlevli bir şekilde kullanımını sağlayacaktır (37,243). Operasyon mikroskobu ile ilgili yanlış anlaşılabilen bir diğer nokta da, cerrahi alana ulaşımı kolaylaştırdığı düşüncesidir. Cerrahi yapılacak olan sahaya ulaşım zaten limitli ise, operasyon mikroskobu ile aynı alan görülmeye çalışıldığında da bu sorun devam edecektir. Öte yandan cerrahi alana düzgün bir ulaşım sağlandığında, büyütme ve

aydınlatma özelliği sayesinde operasyon mikroskobu ilgili alanın çok daha detaylı ve net görüntüsünü sağlayacaktır (37).

Çalışmamızda kullanılan MTA, BioAggregate ve Biodentine'in glikoz penetrasyon ve push-out testi ile karşılaştırıldığı başka bir çalışma bulunamamıştır. Ayrıca DOM'un retrograd kavitelelerin hazırlanması ve doldurulmasını karşılaştırmalı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu projenin amacı bioseramik ve kalsiyum silikat içerikli üç farklı kök ucu dolgu materyalinin (MTA, BioAggregate ve Biodentine), apikal örtücülüklerinin ve bağlanma dayanımlarının dört farklı parametre ile *ex-vivo* olarak incelenmesidir. Bu çalışmada;

- DOM ile büyütmenin, çıplak göz ile çalışmadan farkı,
- Kök ucu kavitesinin ultrasonik uçlarla veya frezle açılmasının dolgu kalitesine olan etkisi,
- Dolgu materyallerinin glikoz penetrasyon testi ile sızdırmazlık özellikleri,
- Dolgu materyallerinin push-out testi ile bağlanma dayanımının karşılaştırılması ve
- Dolgu ve diş arasındaki bağlantı ve yüzey özelliklerinin SEM ile analizi incelenmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu *ex-vivo* çalışma; Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Çalışma Projeleri Danışma ve Koordinasyon Kurulu'nun 26.02.2014 72867572/050/894 tarih/sayılı kararı ile etik kurul izni alınmıştır.

Hipotezler aşağıdaki şekilde kurulmuştur:

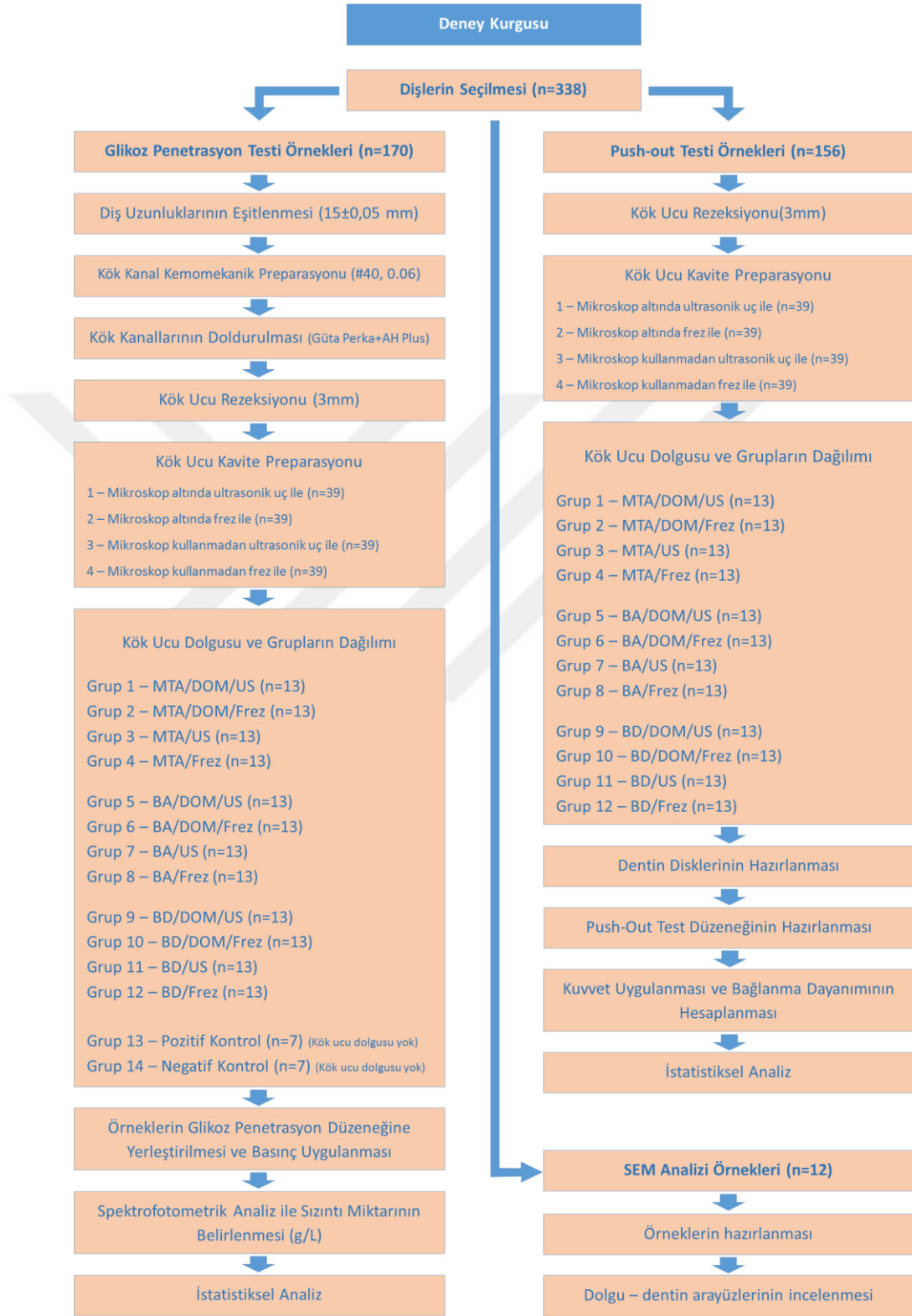
- H₀ hipotezi: Gruplar arasında glikoz sızıntı veya bağlanma dayanımı değerleri açısından fark yoktur.
- H₁ hipotezi: Gruplar arasında glikoz sızıntı veya bağlanma dayanımı değerleri açısından fark vardır.

Deney kurgusu **Tablo 1**'de gösterilmiştir.

3.1. Dişlerin Seçilmesi

Bu çalışma için anatomik özellikleri benzer, 338 adet tek köklü ve düz kanallı maksiller anterior insan dişleri seçildi. Kök kanallarının anatomisi bukko-palatinal ve mezyo-distal yönde alınan periapikal radyograflar yardımıyla değerlendirildi. Aşırı geniş kanal, iç rezorpsiyon, eğri kanal, ilave kanal, kalsifikasyon bulunan dişler çalışmaya dahil edilmedi. Dişlerden 170'i glikoz sızıntı testi; 156'sı push-out testi; 12 adedi ise SEM analizi için kullanılmak üzere rastgele üçe ayrıldı.

Tablo 1. Deney kurgusu



3.2. Glikoz Sızıntı Testi İçin Dişlerin Hazırlanması

Kök boylarının eşitlenmesi

170 adet dişin kronları kök boyları $15 \pm 0,05$ mm olacak şekilde düşük hızda ve su soğutması altında çalışan kesit cihazı (Micracut 125, Metkon, Türkiye) ile uzaklaştırıldı (**Resim 1, 2**).



Resim 1. Kesit cihazı



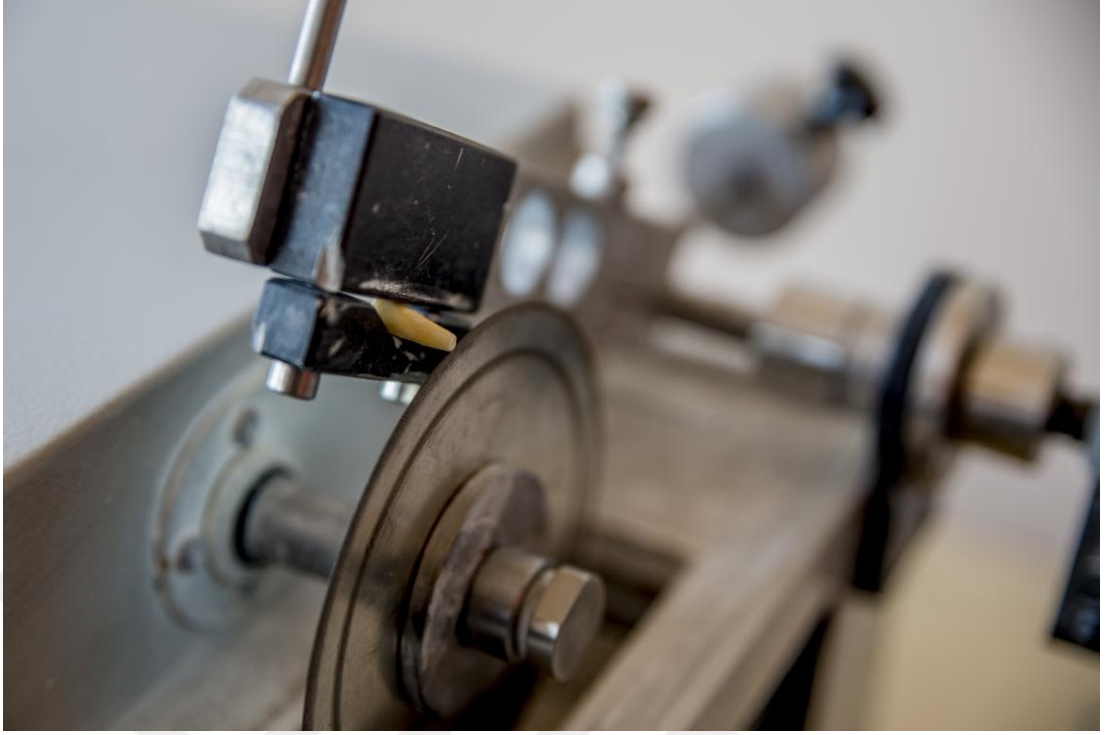
Resim 2. Kök boyları $15 \pm 0,05$ mm'ye eşitlenen dişler

Kök kanal preparasyonu ve dolumu

Kök kanalları apikal foramenden 1mm kısa ve ProTaper (Dentsply/Maillefer, Baillagues, İsviçre) nikel titanyum döner aletlerle AMF (apikal ana eğe) #40, 0.06 olacak şekilde genişletildi. Genişletme sırasında lubrikant olarak jel formunda % 17'lik EDTA (Etilendiamintetraasetik asit) (Diadent, Dia-Prep Plus EDTA Jel, Kore) kullanıldı. Her alet değişiminde 3 mL %2,5' lik NaOCl (Çağlayan Kimya, Konya, Türkiye) ile yıkama yapıldı ve final irrigasyonunda 3 mL %17 EDTA solüsyon (Emir Kimya, Ankara, Türkiye) ile 1 dakika ve 3 mL distile su ile 1 dakika süre ile yıkama işlemi tamamlandı. Kök kanalları kağıt konlar ile kurulandı ve lateral kompaksiyon tekniği uygulanarak AH plus (Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) ve #40, 0.06 ana kon ve yan güta perkalar ile dolduruldu.

Kök ucu rezeksiyonu

Kök uçları apiko-koronal yönde 3 mm olacak şekilde düşük hızda ve su soğutması altında çalışan kesit cihazı yardımıyla 90 derecelik açı ile uzaklaştırıldı (**Resim 3**).



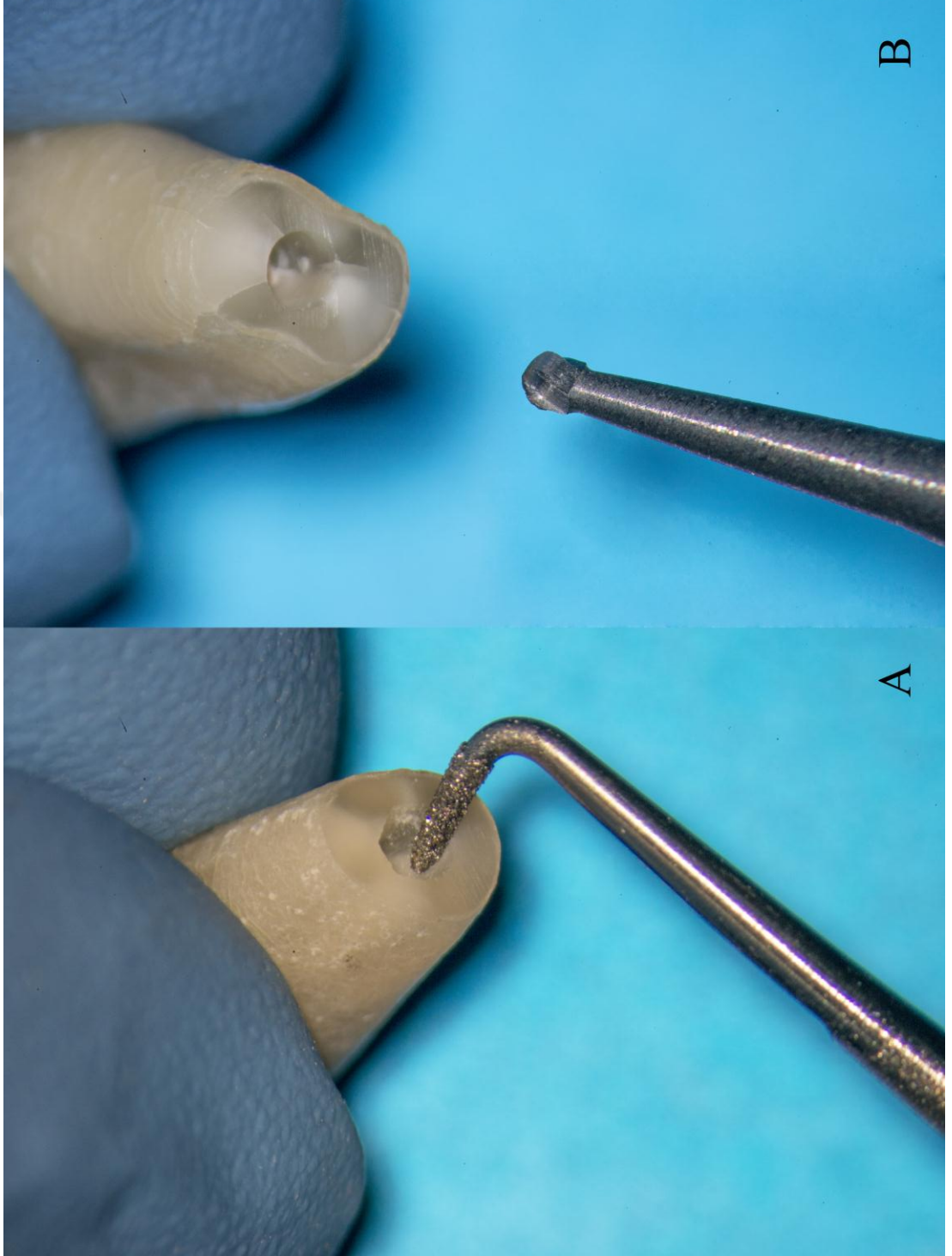
Resim 3. Kök ucunun uzaklaştırılması

Kök ucu kavite preparasyonu

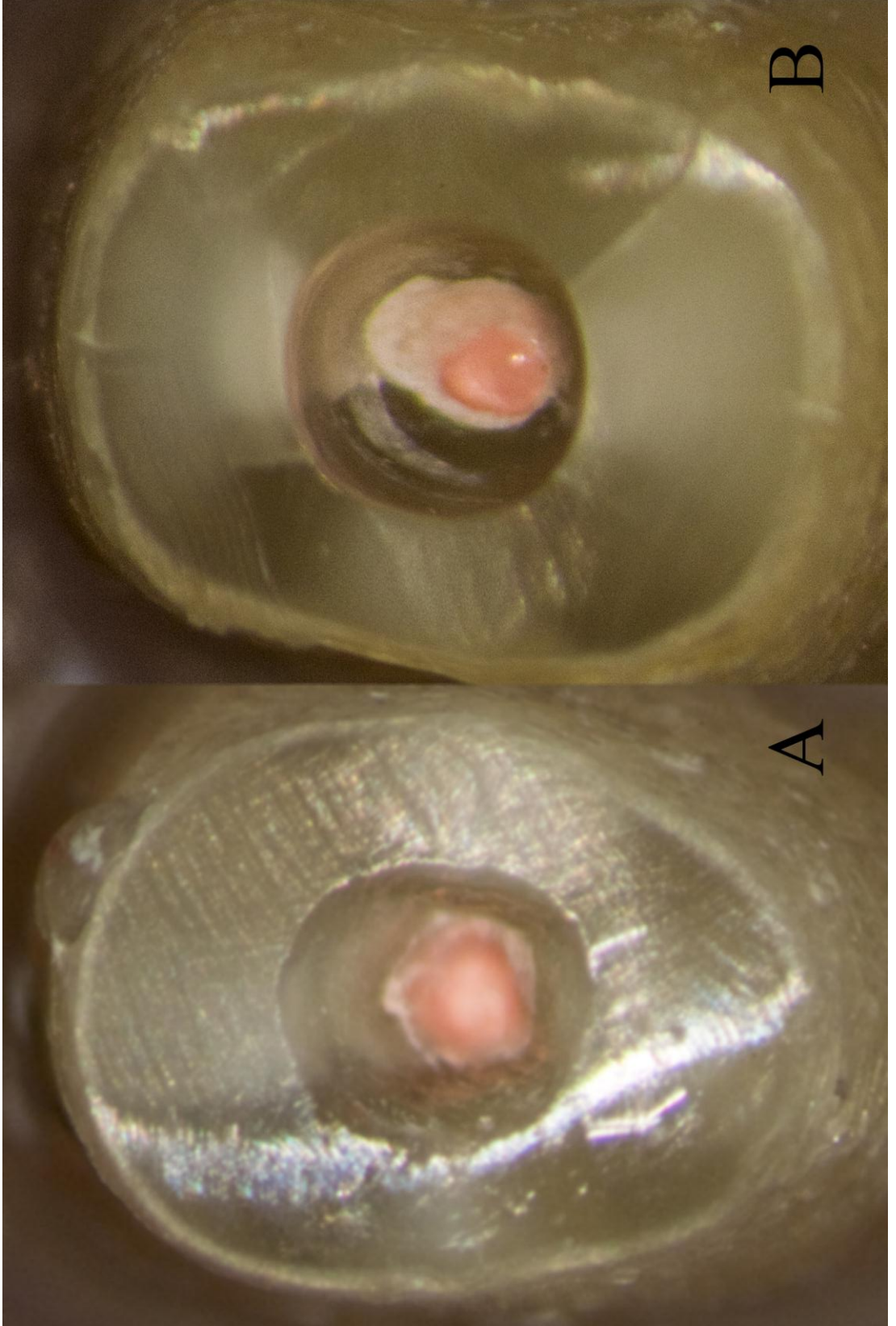
156 örneğin kök ucu kavite preparasyonları 3 mm derinlikte, DOM (OPMI Pro Ergo, Carl Zeiss, Oberkochen, Almanya) altında veya çıplak gözle, ultrasonik uç veya frez yardımıyla olacak şekilde 4 ayrı yöntemle tamamlandı:

1. Mikroskop altında ultrasonik uç ile (n=39) (**Resim 4a, 4b**)
2. Mikroskop altında frez ile (n=39) (**Resim 4a, 4b**)
3. Mikroskop kullanmadan ultrasonik uç ile (n=39) (**Resim 5a, 5b**)
4. Mikroskop kullanmadan frez ile (n=39) (**Resim 5a, 5b**)

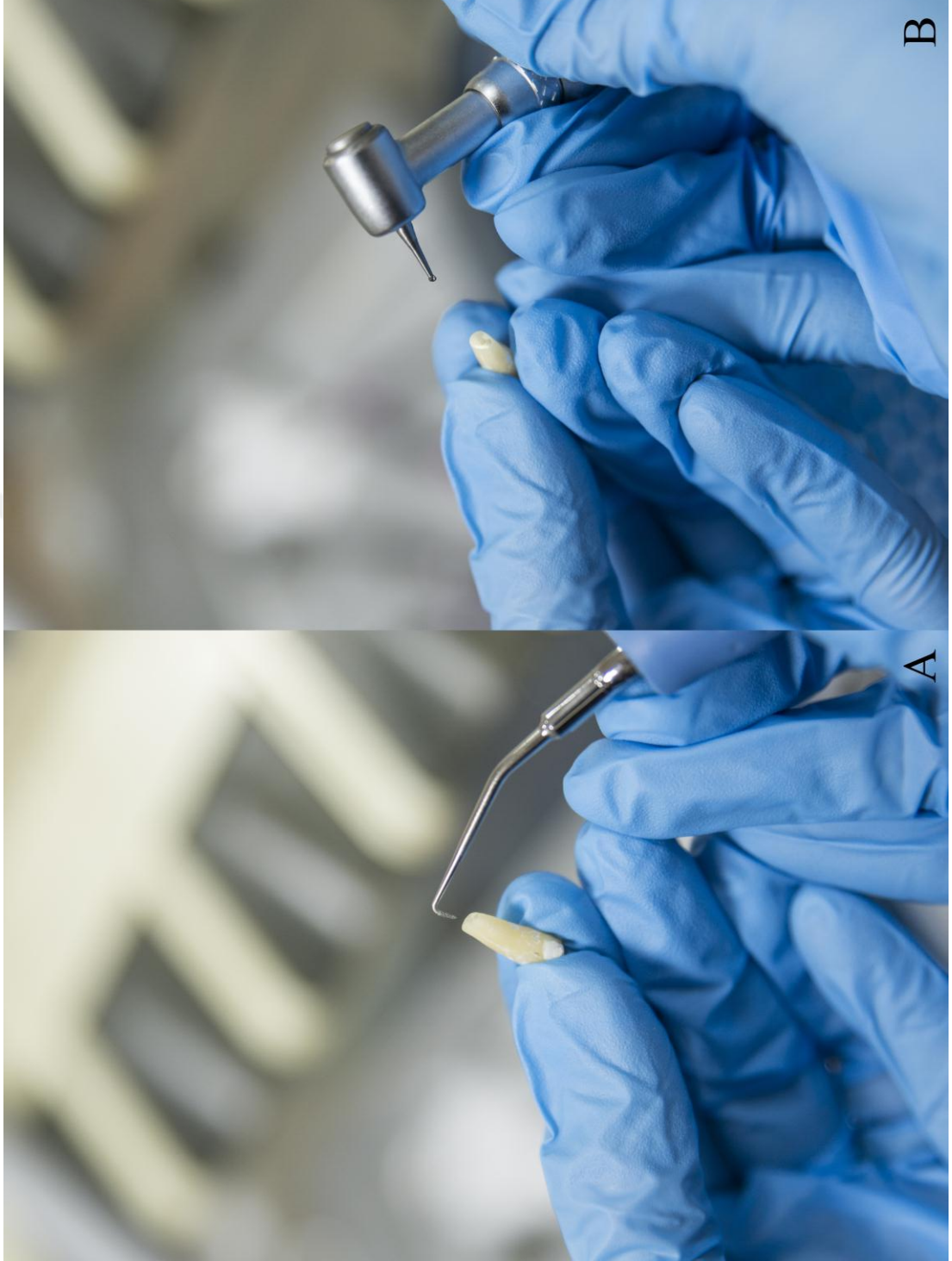
Örneklerin hazırlanmasında orta güçte çalışan bir ultrasonik cihaz (LM Powerhand Solo, LM-Instruments Oy, Finlandiya) ile elmas kaplı ultrasonik uç (LM Apical Surgery Tip AP-3, LM-Instruments Oy, Finlandiya) veya düşük hızlı angldurva ile #2 nolu carbide rond frez (Dentsply/Maillefer, Baillagues, İsviçre) kullanıldı.



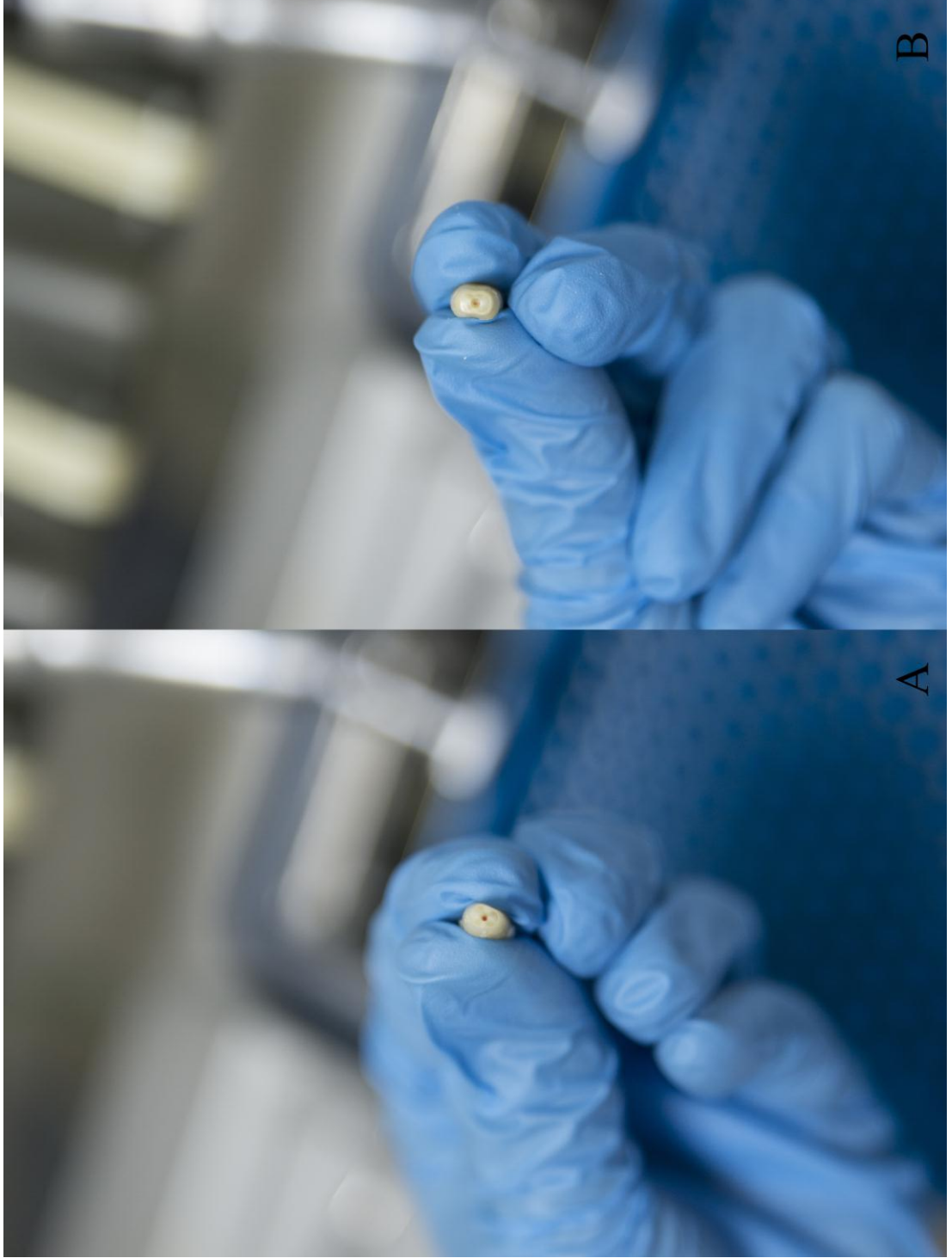
Resim 4a. DOM altında kavite hazırlığı. A, ultrasonik uç ile preparasyon; B, frez ile preparasyon.



Resim 4b. DOM altında hazırlanmış kaviteler. A, ultrasonik uç ile preparasyon;
B, frez ile preparasyon.



Resim 5a. Çıplak göz ile kavite hazırlığı. A, ultrasonik uç ile preparasyon; B, frez ile preparasyon.



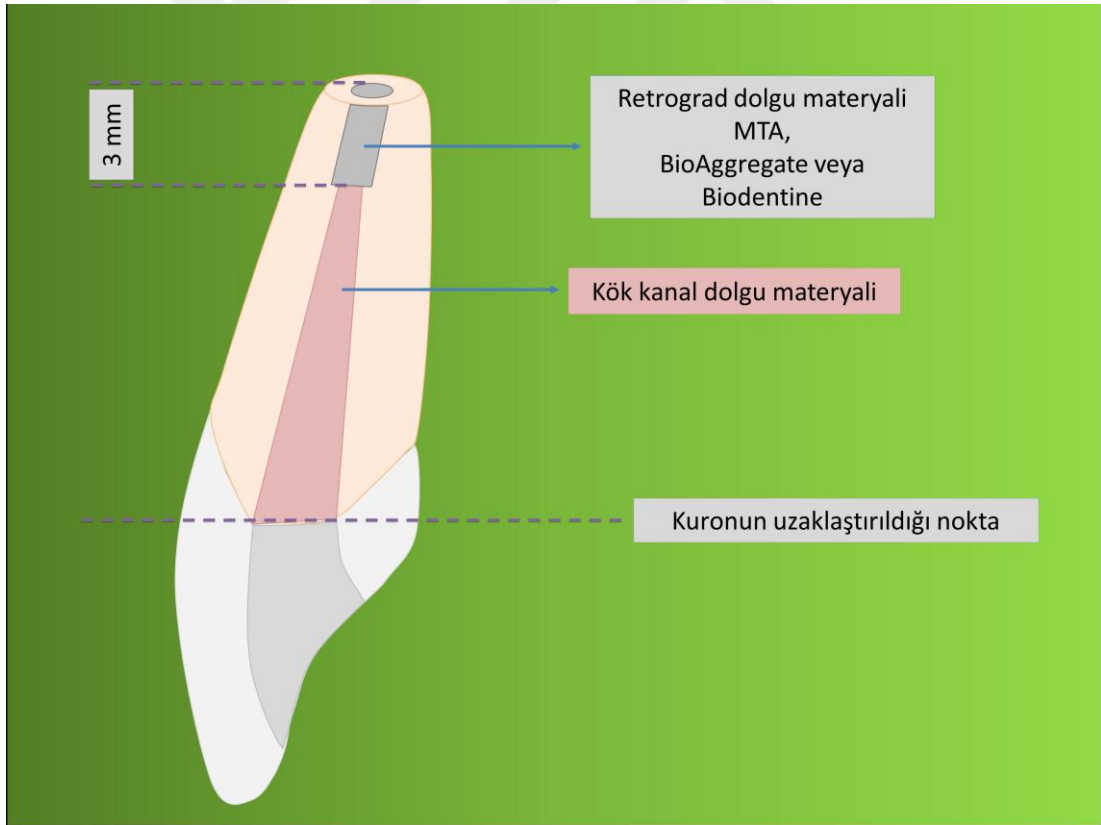
Resim 5b. Çıplak göz ile hazırlanmış kaviteler. A, ultrasonik uç ile preparasyon;
B, frez ile preparasyon.

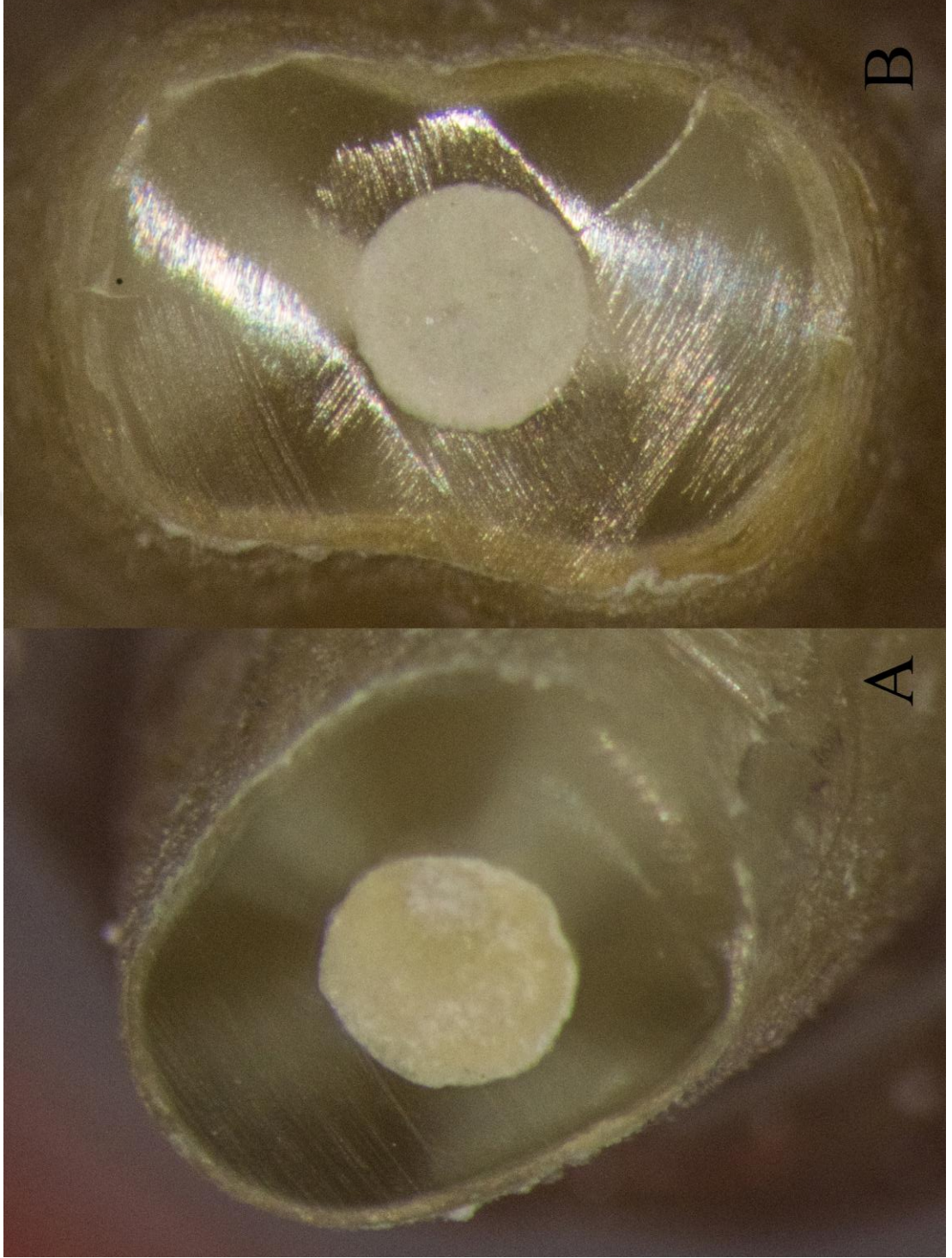
Kök ucu dolgusu

Kök uçlarına 3 mm derinliğinde retrograd kaviteler açıldıktan sonra smear tabakasının uzaklaştırılması için kavitelere 15' er saniye %35' lik fosforik asit uygulandı ve sonrasında 60 saniye boyunca distile su ile yıkama yapıldı. Daha sonra her bir kavite preparasyon tekniğindeki örnekler 13'er kökten oluşan 3 alt gruba ayrıldı (**Tablo 2**). Alt gruba ayrılan örneklerin kök ucu dolguları; MTA (ProRoot® MTA, Dentsply Tulsa Dental Specialties, ABD), BioAggregate (DiaDent DiaRoot® BioAggregate, Innovative Bioceramics Inc., Kanada) ve Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) ile üretici firmaların talimatları doğrultusunda hazırlanarak yapıldı (**Şekil 3**) (**Resim 6a, 6b**).

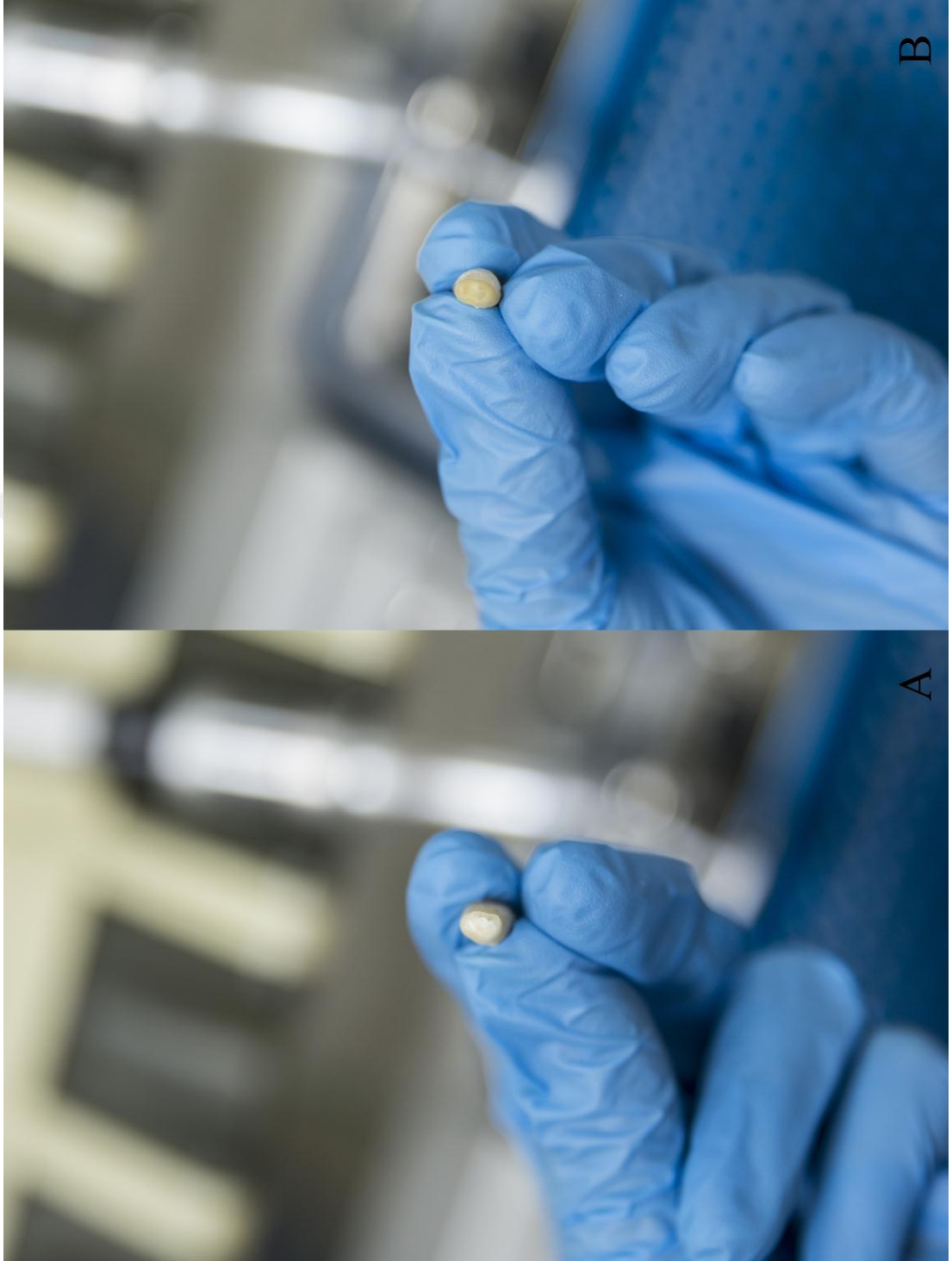
Negatif (n=7) ve pozitif (n=7) kontrol gruplarındaki örneklerle kök ucu kavite preparasyonu ve dolgusu yapılmadı.

Şekil 3. Kök ucu dolgu materyallerinin uygulanması. Çizim: Anıl TEKE





Resim 6a. DOM altında, kavite preparasyon tekniğine göre kök ucu dolgularının görünümü. A, ultrasonik uç ile prepare edilen kavitenin doldurulması; B, frez ile prepare edilen kavitenin doldurulması.



Resim 6b. Çıplak göz ile kavite preparasyon tekniğine göre kök ucu dolgularının görünümü. A, ultrasonik uç ile prepare edilen kavitenin doldurulması; B, frez ile prepare edilen kavitenin doldurulması.

Negatif kontrol grubundaki örneklerin kanal ağızları ve apikal foramenleri dahil tüm yüzeyleri; deney grupları ve pozitif kontrol grubunda ise köklerin kanal ağızları ve apikal foramenleri hariç tüm yüzeyleri iki kat tırnak cilası ile kaplandı.

Örnekler retrograd dolgu materyallerinin sertleşmesini tamamlanabilmesi için bu çalışmada kullanılmak üzere hazırlanan düzenekte 72 saat boyunca sabit sıcaklık ve nemde (37 °C de %100 nemli ortam) bekletildi (**Resim 7**).

Tablo 2. Glikoz sızıntı testi için grupların dağılımı

Glikoz sızıntı testi (n=170)
Grup 1 – MTA/DOM/US (n=13)
Grup 2 – MTA/DOM/Frez (n=13)
Grup 3 – MTA/US (n=13)
Grup 4 – MTA/Frez (n=13)
Grup 5 – BA/DOM/US (n=13)
Grup 6 – BA/DOM/Frez (n=13)
Grup 7 – BA/US (n=13)
Grup 8 – BA/Frez (n=13)
Grup 9 – BD/DOM/US (n=13)
Grup 10 – BD/DOM/Frez (n=13)
Grup 11 – BD/US (n=13)
Grup 12 – BD/Frez (n=13)
Grup 13 – Pozitif Kontrol (n=7)
Grup 14 – Negatif Kontrol (n=7)

DOM, dental operasyon mikroskobu; **MTA**; mineral trioksit agregat; **BA**, BioAggregate; **BD**, Biodentine; **US**, ultrasonik.

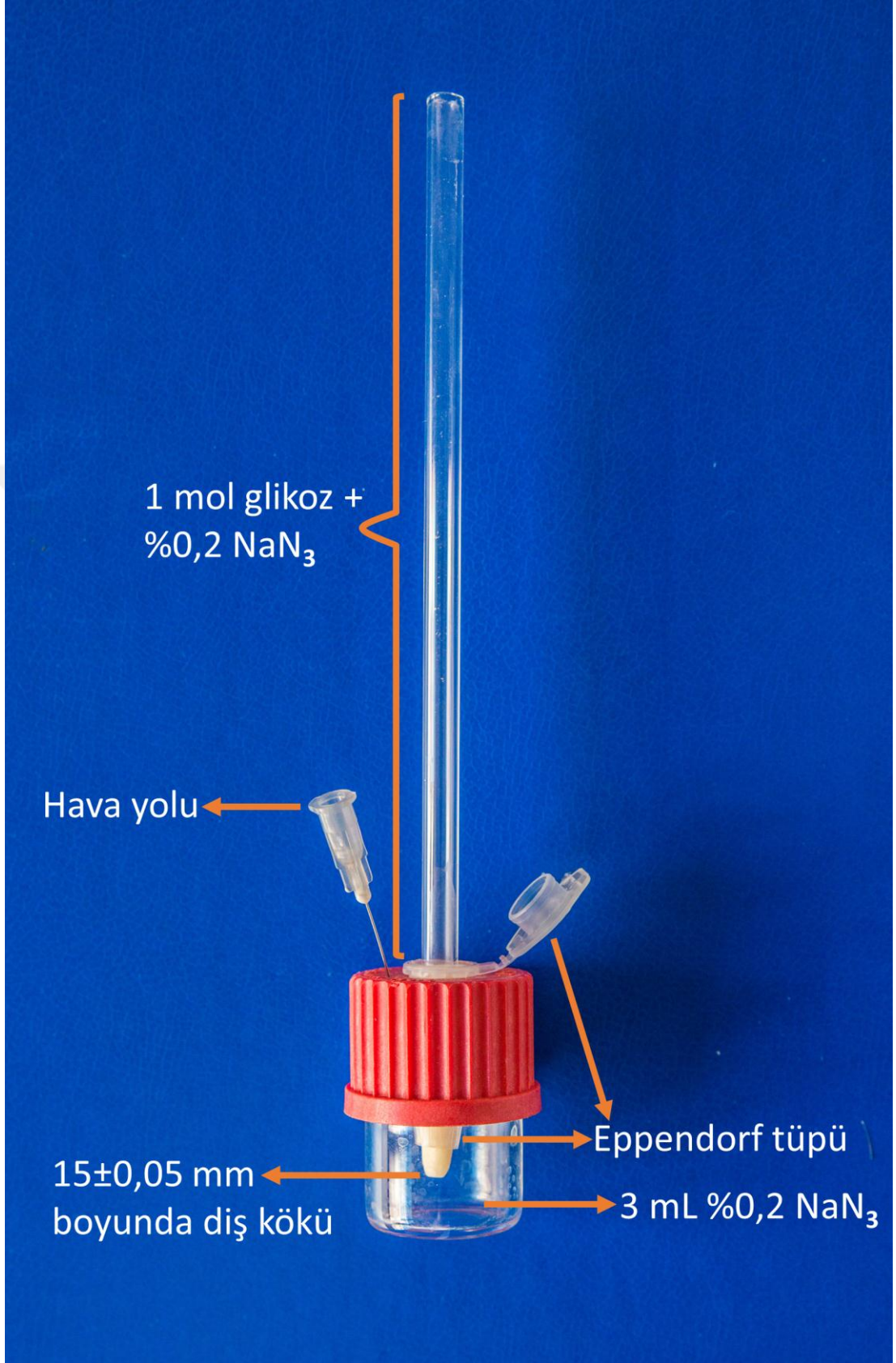


Resim 7. 37 °C de %100 nemli ortam oluşturan düzenek

3.2.1. Kök Ucu Dolgularının Mikrosızıntı Değerlerinin Belirlenmesi

3.2.1.1. Örneklerin Hazırlanması

170 adet eppendorf tüpünün uç kısmı kesilerek kök uçları dışarıda kalacak şekilde her bir kök ayrı ayrı eppendorflara yerleştirilip koronal kısımlarından siyonaakrilat ile yapıştırıldı. Eppendorfların üst kısımlarına lastik bir conta kullanılarak 15 cm uzunluğundaki cam borular yerleştirildi. Hazırlanan bu örnekler 5 mL hacmindeki kapaklı cam kavanozlara kapaklarının ortasından bir delik açılarak monte edildi. Düzeneklerdeki bağlantı noktalarında oluşabilecek herhangi bir sızıntı ihtimaline karşı parçalar arası bütün bağlantı noktaları siyonaakrilat kullanılarak kapatıldı (**Resim 8a, 8b**).

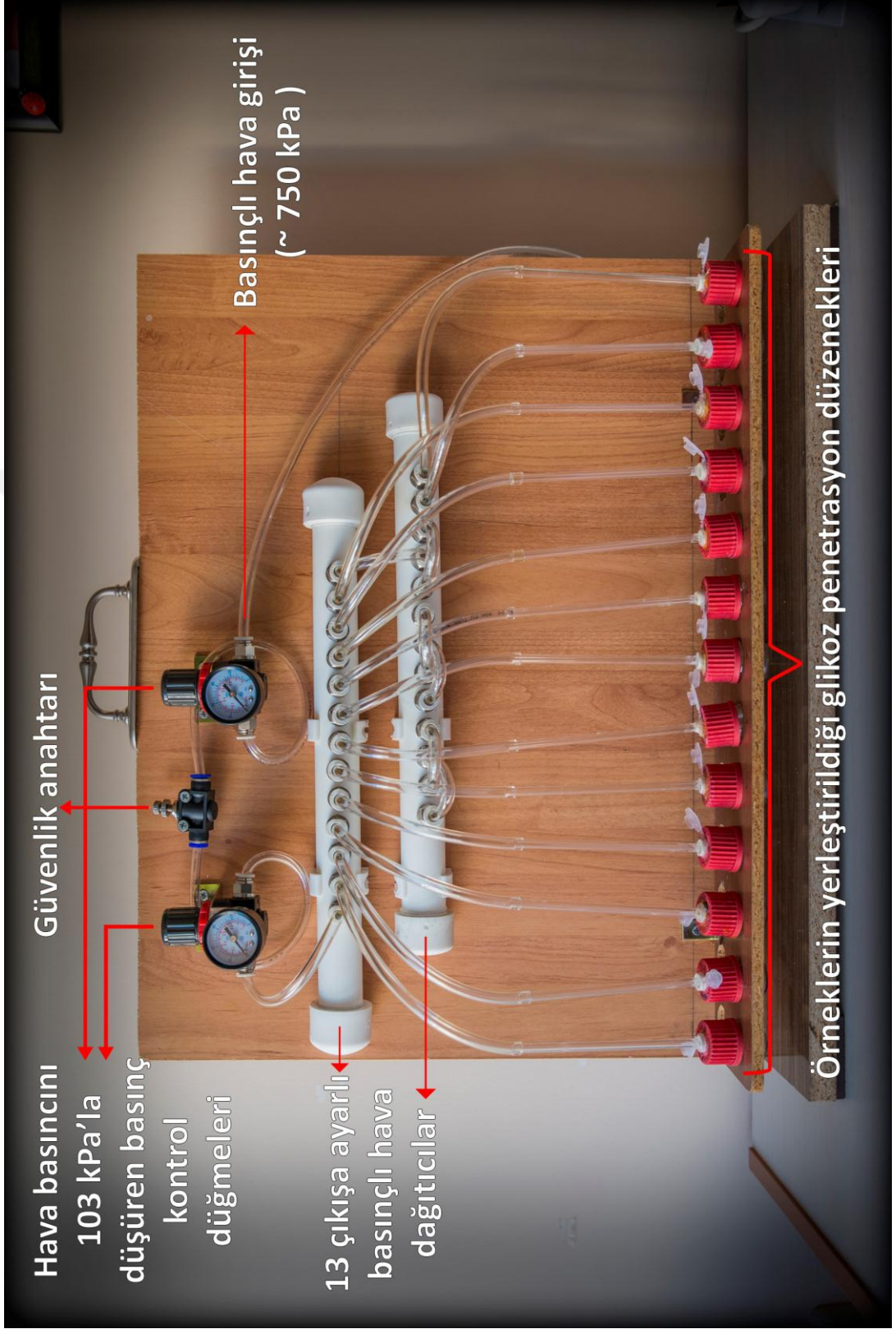


Şekil 8a. Bir örneğin yerleştirildiği glikoz penetrasyon düzeneği



Şekil 8b. Örneklerin yerleştirildiği glikoz penetrasyon düzenekleri

Endodontik mikrosızıntının değerlendirilmesinde izleyici madde olarak 180 Da (Dalton) molekül ağırlığına sahip 37 °C’ de pH=7 olan 1 mol/L glikoz solüsyonu kullanıldı. Her bir düzenekteki cam tüpler içerisine %0,2’ lik NaN_3 içeren 2,5 mL glikoz solüsyonu dolduruldu. Ayrıca cam kavanozlar içerisine de glikozu dekompozede edebilecek mikroorganizmaların proliferasyonunu engellemek için 3’ er mL %0,2’ lik NaN_3 solüsyonu konuldu. Her bir gruptaki örnekler özel olarak hazırlanan basınç ayarlı bir düzenek kullanılarak 60 dakika boyunca 103 kPa’ lık hava basıncına maruz bırakıldı (**Resim 9**).



Resim 9. Basınç ayarlı sızıntı düzeneği. 13'er örneğin yerleştirildiği düzenek hava kompresörüne bağlandı ve manometreler yardımıyla düşürülen basınç 103 kPa'da sabitlendi.

3.2.1.2. Spektrofotometrik Analiz ile Mikrosızıntının Değerlendirilmesi

Her rnek için 60 dakikalık hava basıncı uygulamasından sonra cam pipetlerden kavanozlar içine sızdırmış olan solüsyondan mikropipet yardımıyla 10 µL alındı. Spektrofotometrik analiz için glikoz kiti (Glucose Kit, Biolabo, Fransa) kullanıldı. Üreticinin belirttiği üzere kör deneme titrasyonu (blank) olarak 10µL NaN₃ ve 1 mL monoreagent kullanıldı. Standart olarak, 10 µL kitin standart solüsyonundan ve 1 mL monoreagent kullanıldı. 10 µL'lik örnek solüsyonların üzerine de 1 mL monoreagent eklendi (**Resim 10a,10b**) (**Tablo 3**).



Resim 10a. Sırasıyla; Kör, rnek ve standart solüsyonları.



Resim 10b. Spektrofotometrik analiz öncesi bir gruba ait 13 örnek

Tablo 3. Monoreagent, glikoz kiti standart solüsyonu, kör, örnek ve standart solüsyonlarının içerikleri

Monoreagent	150 mmol/L fosfat tamponu, Glikoz oksidaz(GOD) \geq 20 000 UI/L, Peroksiaz(POD) \geq 1000 UI/L, 0,8 mmol/L 4-amino-antiprin(PAP), 2mmol/L kloro-4-fenol
Glikoz kiti standart solüsyonu	100 mg/L (5,55 mmol/L) glikoz
Kör	10 μ L NaN ₃ , 1 mL monoreagent
Örnek	10 μ L örnek solüsyonu, 1 mL monoreagent
Standart	10 μ L standart solüsyon, 1 mL monoreagent

Blank, örnek ve standart solüsyonlarının aborbans değerleri 500 nm dalga boyunda UV-Vis (ultraviole-görünür ışık) spektrofotometrede (Perkin Elmer, Lambda 20 UV VIS Spectrophotometer, Norwalk, CT, ABD) ölçüldü (**Resim 11**) (**Şekil 4**).

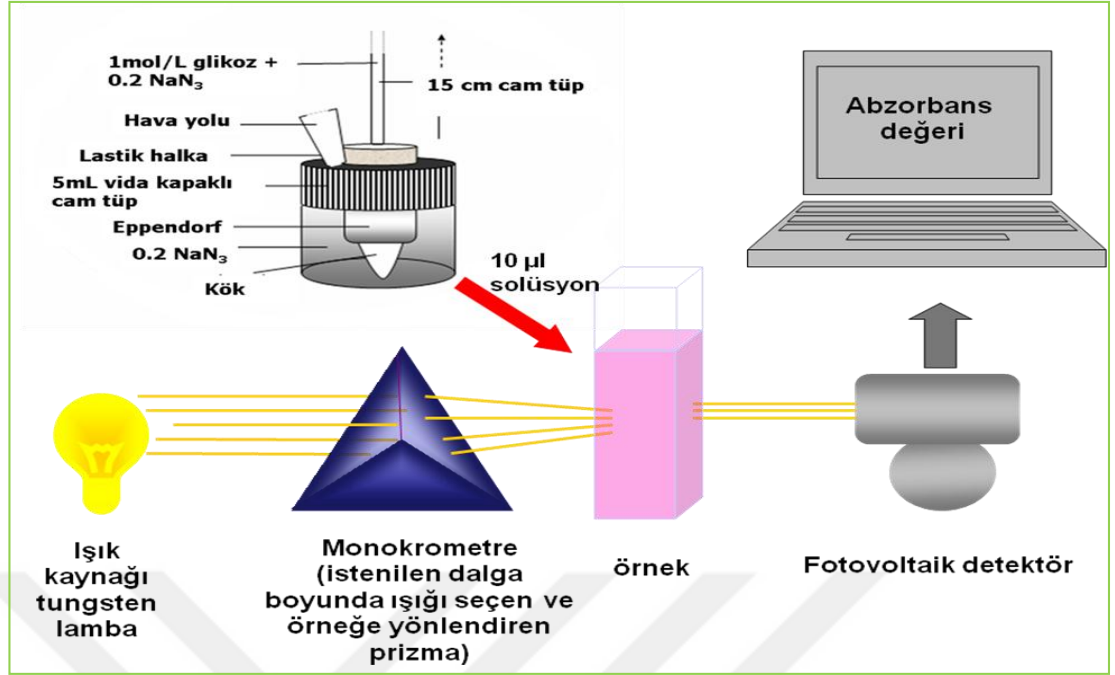


Resim 11. Spektrofotometre cihazı

Sızıntı g/L olarak şu formülle hesaplandı;

$$Abs_{örnek} \div Abs_{standart} \times K_{standart} = \text{mg/dl glikoz}$$

$$1 \text{ mg/dl} = 0,01 \text{ g/L}$$



Şekil 4. Bir örneğin yerleştirileceği düzenek ve sıızan glikoz miktarının spektrofotometrik olarak ölçülmesi (244).

3.3. Push-Out Testi İçin Dişlerin Hazırlanması

Kök ucu rezeksiyonu

156 örneğin kök uçları apiko-koronal yönde 3mm olacak şekilde düşük hızda ve su soğutması altında çalışan kesit cihazı yardımıyla 90 derecelik açı ile uzaklaştırıldı (**Resim 3**).

Kök ucu kavite preparasyonu

Kök ucu kavite preparasyonları 3 mm derinlikte, DOM altında veya çıplak gözle, ultrasonik uç veya frez yardımıyla olacak şekilde 4 ayrı yöntemle tamamlandı:

1. Mikroskop altında ultrasonik uç ile (n=39) (**Resim 4a, 4b**)
2. Mikroskop altında frez ile (n=39) (**Resim 4a, 4b**)
3. Mikroskop kullanmadan ultrasonik uç ile (n=39) (**Resim 5a, 5b**)
4. Mikroskop kullanmadan frez ile (n=39) (**Resim 5a, 5b**)

Örneklerin hazırlanmasında orta güçte çalışan bir ultrasonik cihaz (LM Powerhand Solo, LM-Instruments Oy, Finlandiya) ile elmas kaplı ultrasonik uç (LM Apical Surgery Tip AP-3, LM-Instruments Oy, Finlandiya) veya düşük hızlı angldurva ile #2 nolu carbide rond frez (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kullanıldı.

Kök ucu dolgusu

Kök uçlarına 3 mm derinliğinde retrograd kaviterler açıldıktan sonra smear tabakasının uzaklaştırılması için kavitelere 15' er saniye %35' lik fosforik asit uygulandı ve sonrasında 60 saniye boyunca distile su ile yıkama yapıldı. Daha sonra her bir kavite preparasyon tekniğindeki örnekler 13'er kökten oluşan 3 alt gruba ayrıldı (**Tablo 4**). Alt gruba ayrılan örneklerin kök ucu dolguları; MTA (ProRoot® MTA, Dentsply Tulsa Dental Specialties, ABD), BioAggregate (DiaDent DiaRoot® BioAggregate, Innovative Bioceramix Inc., Kanada) ve Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) ile üretici firmaların talimatları doğrultusunda hazırlanarak yapıldı (**Şekil 3**) (**Resim 6a, 6b**).

Tablo 4. Push-out bağlanma dayanımı testi için grupların dağılımı.

Push-out bağlanma dayanımı testi (n=156)
Grup 1 – MTA/DOM/US (n=13)
Grup 2 – MTA/DOM/Frez (n=13)
Grup 3 – MTA/US (n=13)
Grup 4 – MTA/Frez (n=13)
Grup 5 – BA/DOM/US (n=13)
Grup 6 – BA/DOM/Frez (n=13)
Grup 7 – BA/US (n=13)
Grup 8 – BA/Frez (n=13)
Grup 9 – BD/DOM/US (n=13)
Grup 10 – BD/DOM/Frez (n=13)
Grup 11 – BD/US (n=13)
Grup 12 – BD/Frez (n=13)

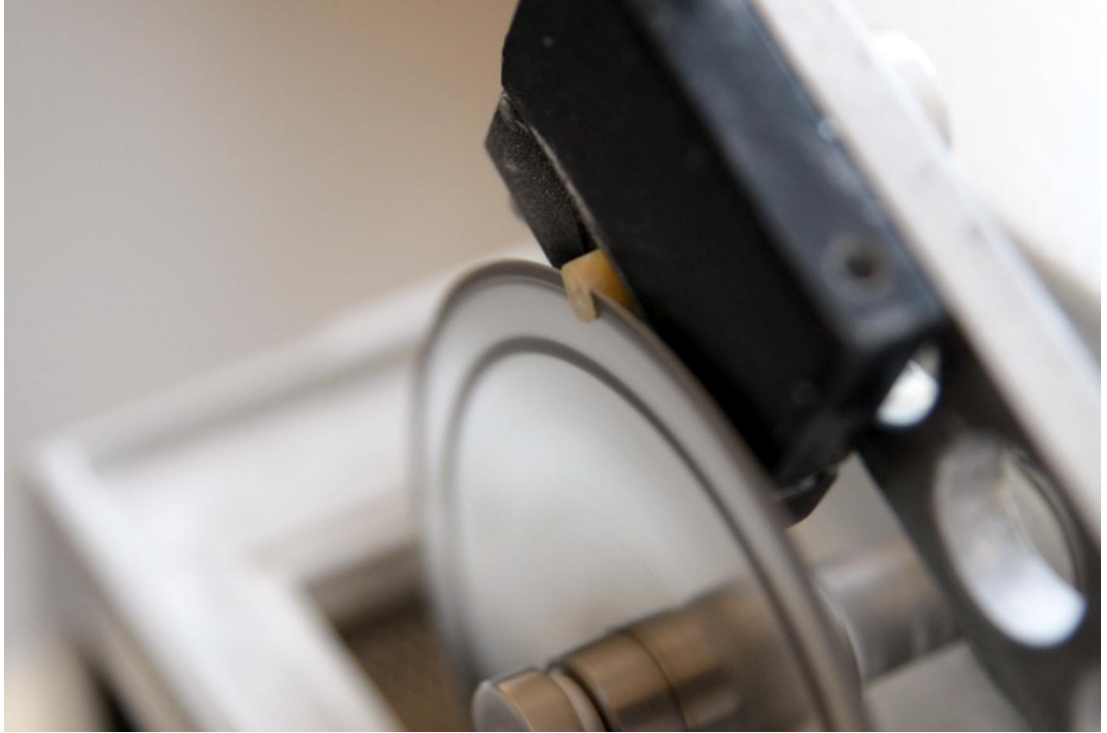
DOM, dental operasyon mikroskobu; *MTA*; mineral trioksit agregat; *BA*, BioAggregate; *BD*, Biodentine; *US*, ultrasonik.

Örnekler retrograd dolgu materyallerinin sertleşmesini tamamlanabilmesi için bu çalışmada kullanılmak üzere hazırlanan düzenekte 72 saat boyunca sabit sıcaklık ve nemde (37 °C de %100 nemli ortam) bekletildi (**Resim 7**).

3.3.1. Kök Ucu Dolgularının Kök Dentinine Bağlanma Dayanımlarının Belirlenmesi

3.3.1.1. Dentin Disklerinin Hazırlanması

Kök ucu dolgusu yapılmış olan 156 adet örneğin her birinden düşük hızda ve su soğutması altında hassas kesme cihazı (Micracut 125, Metkon, Türkiye) ile kesitler alındı. Dentin diskleri 3 mm lik kök ucu dolgularının orta $1 \pm 0,05$ mm'lik kısmından elde edildi (**Resim 12a, 12b**)



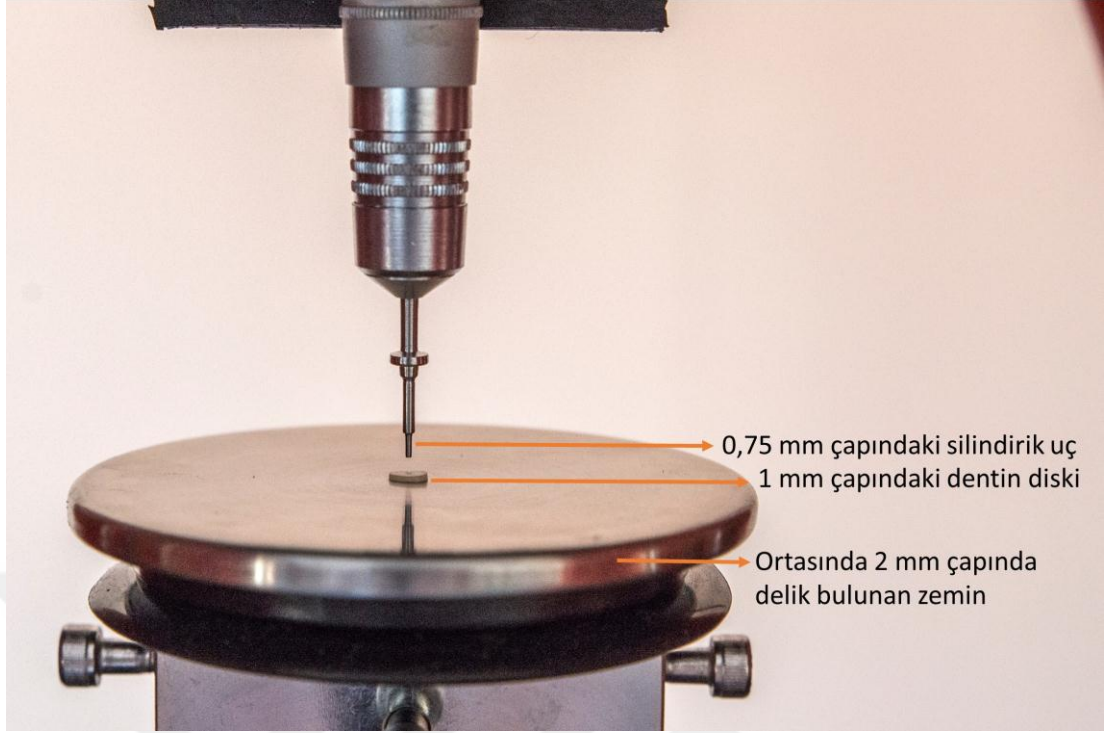
Resim 12a. Dentin disklerinin hazırlanması



Resim 12b. 3 mm lik kök ucu dolgularının orta $1 \pm 0,05$ mm'lik kısmından elde edilen dentin diskleri.

3.3.1.2. Push-Out Test Düzeneginin Hazirlanmasi

Örneklerin bağlanma dayanımları Universal test cihazı (Profi X6, Universal Test Cihazı, Alşa, Türkiye) kullanılarak test edildi. Dentin diskleri ortasında 2 mm çapında delik olan bir zemine kök ucu dolgusu delik kısma denk gelecek şekilde yerleştirildi. Paslanmaz çelikten yapılmış 0.75 mm çapındaki silindirik bir uç cihaza monte edilerek sadece kök ucu dolgusuna temas edecek şekilde konumlandırıldı (**Resim 13**).



Resim 13. Universal test cihazında 0,5 mm/dk hızda kuvvet uygulanarak bağlanma direncinin ölçülmesi

3.3.1.3. Kuvvet Uygulanması

Dentin diskleri push-out test düzeneğine yerleştirildikten sonra kök ucu dolgularının kök kanal dentini ile olan bağlanma dayanımlarının ölçülmesi işlemine geçildi. Kök kesitlerinin merkezindeki dolgu maddesi üzerine konumlandırılan silindirik metal uç 0,5 mm/dk hızında ilerleyerek kök ucu dolgusu kanaldan uzaklaşana kadar kuvvet uygulandı. Kanal dolgusunun kanal duvarından ayrıldığı andaki kuvvet değeri bilgisayar tarafından tespit edilerek oluşan en yüksek değer Newton(N) cinsinden kaydedildi (**Resim 13**).

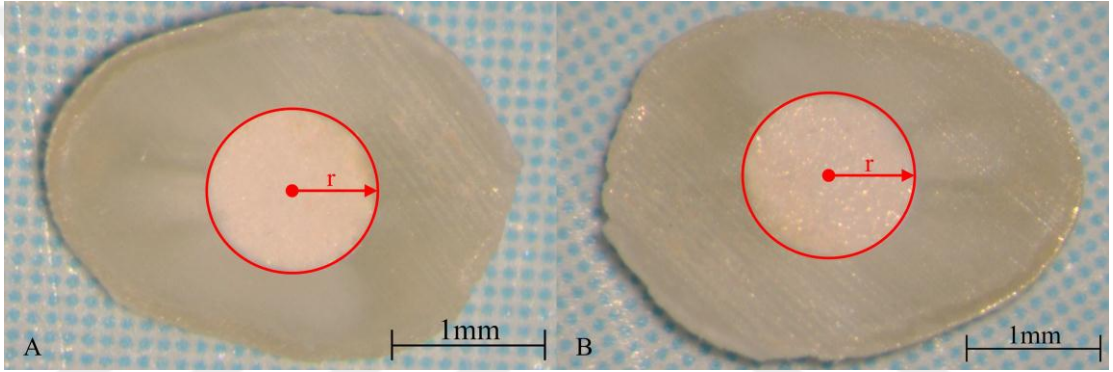
3.3.1.4. Bağlanma Dayanımının Hesaplanması

Bağlanma dayanımını belirlemek için Newton olarak kaydedilen kuvvet değerleri Megapaskal (MPa) cinsinden şu formül kullanılarak hesaplandı;

$$\text{Bağlanma dayanımı (MPa)} = \frac{\text{Maksimum kuvvet (N)}}{\text{Bağlanma yüzey alanı (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Bağlanma yüzey alanı (mm}^2\text{)} = 0,5 [\text{apikal çevre (}2\pi r\text{)} + \text{kronal çevre (}2\pi r\text{)}]h$$

Bu formülde “r” mm cinsinden kök kanal yarıçapını; “h” ise mm cinsinden dentin disk kesitlerinin kalınlığını temsil etmektedir. “ π ” değeri olarak 3,14 kullanılmıştır (**Resim 14**).



Resim 14. Bağlanma yüzey alanının mm² cinsinden hesaplanması. A, apikal çevre; B, kronal çevre.

3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

SEM analizi için her grubu temsil eden birer diş olmak üzere toplam 12 diş hazırlandı. Örnekler su soğutması altında polisaj diskleri ile parlatma işlemi uygulandı.

Hazırlanan örnekler Erciyes Üniversitesi, Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde kurutulup altınla kaplandıktan sonra taramalı elektron mikroskobu (Leo 440 Computer Controlled Digital, LEO Electron Microscopy Ltd., İngiltere) altında 1000-2000 kat büyütme ile incelendi (**Resim 15**).

Dentin ile dolgu maddesinin arayüzünde bozuklukların varlığı, boyutu ve sıklığı incelendi. Boşluk boyutları ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda,

Maryland, ABD) programında $1\mu\text{m}'$ ye kalibre edildi ve en geniş aralıklar (gap) mikrometre cinsinden ölçüldü.



Resim 15. Dentin-dolgu arayüzü incelemesinde kullanılan taramalı elektron mikroskobu

3.5. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS versiyon 19.0 (SPSS, Inc., Chicago, Illinois) yazılımı kullanılarak yapıldı. Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $P < 0,05$ kabul edildi.

3.5.1. Glikoz Sızıntı Testinin İstatistiksel Analizi

Bağımlı değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu **Shapiro-Wilk testi** kullanılarak analiz edildi ve verilerin normal dağılım göstermediği görüldü ($p < 0,05$).

Veriler normal dağılım göstermediği için, gruplarda farklılık olup olmadığı, non-parametrik hipotez testi olan **Kruskal-Wallis varyans analizi** kullanılarak test edildi. Hangi gruplar arasında fark olduğu ise ikili karşılaştırmalar ile **Mann-Whitney U testi** kullanılarak analiz edildi.

3.5.2. Bağlanma Dayanımı Testinin İstatistiksel Analizi

Bağımlı değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu **Shapiro-Wilk testi** kullanılarak analiz edildi ve gruplardaki verilerin normal dağılım gösterdiği görüldü ($p > 0,05$).

Veriler normal dağılım gösterdiği için, gruplarda farklılık olup olmadığı, parametrik bir hipotez testi olan **Tek yönlü varyans analizi** kullanılarak test edildi.

Hangi gruplar arasında fark olduğu ise **post hoc Tukey HSD testi** kullanılarak analiz edildi.

4. BULGULAR

4.1. Glikoz Sızıntı Testine Ait Bulgular

Glikoz penetrasyon testine ait bulgular **Tablo 5** ve **Grafik 1**'de gösterilmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p < 0,05$). Kök ucu kavitesi hazırlanması ve kök ucu dolgusunun yerleştirilmesi sırasında DOM kullanılmayan gruplarda, DOM kullanılan gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla glikoz sızıntısı meydana geldiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ayrıca kavite preperasyonu sırasında ultrasonik uçların kullanıldığı gruplarda, frez kullanılan gruplara göre daha az sızıntı gözlenmiştir fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Değerlere bakıldığı zaman, 12 deney grubu arasında en az sızıntı gösteren grup BioAggregate+DOM+Ultrasonik grubu oldu ($1,26 \pm 0,15$ g/L). En çok sızıntı ise MTA+Frez grubunda görüldü ($1,41 \pm 0,07$ g/L).

Gruplar, kullanılan retrograd dolgu maddesi açısından değerlendirildiğinde glikoz sızıntı miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı.

Pozitif kontrol grubu deney sonunda yüksek miktarda glikoz sızıntısı gösterdi ($3,60 \pm 0,27$ g/L). Negatif kontrol grubunda ise herhangi bir glikoz sızıntısı gözlenmedi.

Tablo 5. Deney sonucunda g/L cinsinden elde edilen glikoz pentrasyon değerleri.

<i>g/L Cinsinden Glikoz Konsantrasyonları</i>			
<i>Kavite Preparasyon Tekniği</i>	MTA (n=52)	BA (n=52)	BD (n=52)
DOM+US uç (n=39)			
<i>Ortalama ± SS</i>	1,29 ± 0,14^a	1,26 ± 0,15^a	1,27 ± 0,16^a
<i>Min-Max (Ortanca) (g/L)</i>	1,05-1,50 (1,31)	1,10-1,46 (1,28)	1,03-1,51 (1,23)
DOM+Frez (n=39)			
<i>Ortalama ± SS</i>	1,31 ± 0,14^a	1,28 ± 0,12^a	1,30 ± 0,17^a
<i>Min-Max (Ortanca) (g/L)</i>	1,03-1,43 (1,38)	1,10-1,50 (1,28)	1,03-1,53 (1,36)
Çıplak göz+US uç (n=39)			
<i>Ortalama ± SS</i>	1,35 ± 0,13^b	1,35 ± 0,14^b	1,37 ± 0,31^b
<i>Min-Max (Ortanca) (g/L)</i>	1,03-1,46 (1,42)	1,12-1,56 (1,37)	1,03-2,03 (1,25)
Çıplak göz+Frez (n=39)			
<i>Ortalama ± SS</i>	1,41 ± 0,07^b	1,39 ± 0,10^b	1,39 ± 0,23^b
<i>Min-Max (Ortanca) (g/L)</i>	1,30-1,48 (1,44)	1,17-1,53 (1,38)	1,10-1,76 (1,50)

Farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (P<0,05). **DOM**, dental operasyon mikroskobu; **US**, ultrasonik; **MTA**, mineral trioksit agregat; **BA**, BioAggregate; **BD**, Biodentine; **SS**, standart sapma; **g**, gram; **L**, litre



Grafik 1. Glikoz penetrasyon testinde g/L cinsinden elde edilen ortalama değerlerin gruplara göre dağılımının sütun grafiği ile gösterilmesi.

4.2. Bağlanma Dayanımı Testine Ait Bulgular

Deney gruplarına ait push-out bulguları **Tablo 6 ve Grafik 2**'de gösterilmiştir. Kök dentinine bağlanma dayanımı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kök ucu kavitesi hazırlanması ve kök ucu dolgusunun yerleştirilmesi sırasında DOM kullanılmayan gruplarda, DOM kullanılan gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Kavite preperasyonu sırasında ultrasonik uçların kullanıldığı gruplar, frez kullanılan gruplara göre daha iyi bağlanma dayanımı göstermiştir fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 6. Deney sonucunda MPa cinsinden elde edilen push-out bağlanma dayanımı değerleri.

<i>Kavite Preparasyon Tekniği</i>	<i>MPa Cinsinden Push-out Bağlanma Değerleri</i>		
	<i>MTA (n=52)</i>	<i>BA (n=52)</i>	<i>BD (n=52)</i>
DOM+US uç (n=39)	8,21 ± 0,62 ^a	8,72 ± 0,47 ^a	8,57 ± 0,59 ^a
DOM+Frez (n=39)	8,06 ± 0,62 ^a	8,11 ± 0,48 ^a	8,02 ± 0,51 ^a
Çıplak göz+US uç (n=39)	7,06 ± 0,65 ^b	7,16 ± 0,61 ^b	7,05 ± 0,57 ^b
Çıplak göz+Frez (n=39)	6,66 ± 0,54 ^b	6,94 ± 0,69 ^b	6,89 ± 0,58 ^b

Farklı harfi taşıyan ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($P < 0,05$). **DOM**, dental operasyon mikroskobu; **US**, ultrasonik; **MTA**, mineral trioksit agregat; **BA**, BioAggregate; **BD**, Biodentine; **SS**, standart sapma; **MPa**, megapaskal.



Grafik 2. Push-out testinde MPa cinsinden elde edilen ortalama değerlerin gruplara göre dağılımının sütun grafiği ile gösterilmesi.

Deney grupları arasında en iyi bağlanma dayanımı değerlerini BioAggregate+DOM+Ultrasonik ($8,72 \pm 0,47$ MPa) grubu gösterdi ($p<0,05$). En düşük dayanım ise MTA+Frez ($6,65 \pm 0,54$ MPa) grubunda görüldü ($p<0,05$).

Gruplar, kullanılan retrograd dolgu maddesi açısından değerlendirildiğinde bağlanma dayanımı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0,05$).

4.3. Glikoz Sızıntı Testi ve Bağlanma Dayanımı Testi Arasındaki İlişki

Glikoz sızıntı değerleri ile push-out bağlanma dayanımlarının ilişkisini tespit etmek için iki test arasında korelasyon analizi yapıldı. Veriler normal dağılım göstermediği için non-parametrik korelasyon testi olan *Kendall's tau-b* analizi kullanıldı. Apikal sızıntı değerleri ile bağlanma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı ve ters orantılı bir ilişki bulundu ($p=0.001$ ve $r=-0,57$). Apikal sızıntı ve bağlanma değerleri arasındaki ilişkinin orta düzeyde olduğu görüldü (**Tablo 7**).

Tablo 7. Sızıntı ve bağlanma değerleri arasındaki ilişki.

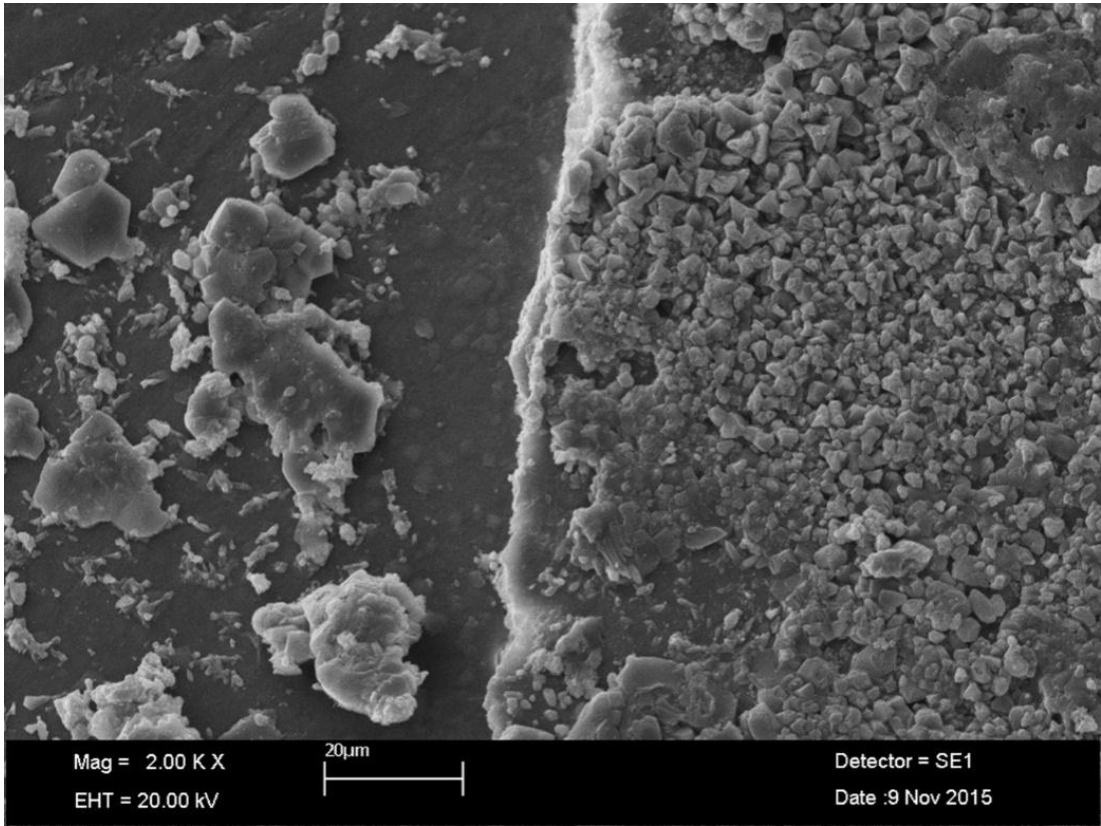
		Kök Dentinine Bağlanma Dayanımı (MPa)
Glikoz Penetrasyon	r	-0,57
Değerleri (g/L)	p	0,001

r, *Kendall's tau-b* korelasyon katsayısı. “-” işareti ilişkinin ters yönlü olduğunu, r ise ilişkinin gücünü göstermektedir. r değeri -1 ya da 1’ e yaklaştıkça ilişkinin gücü artmaktadır.

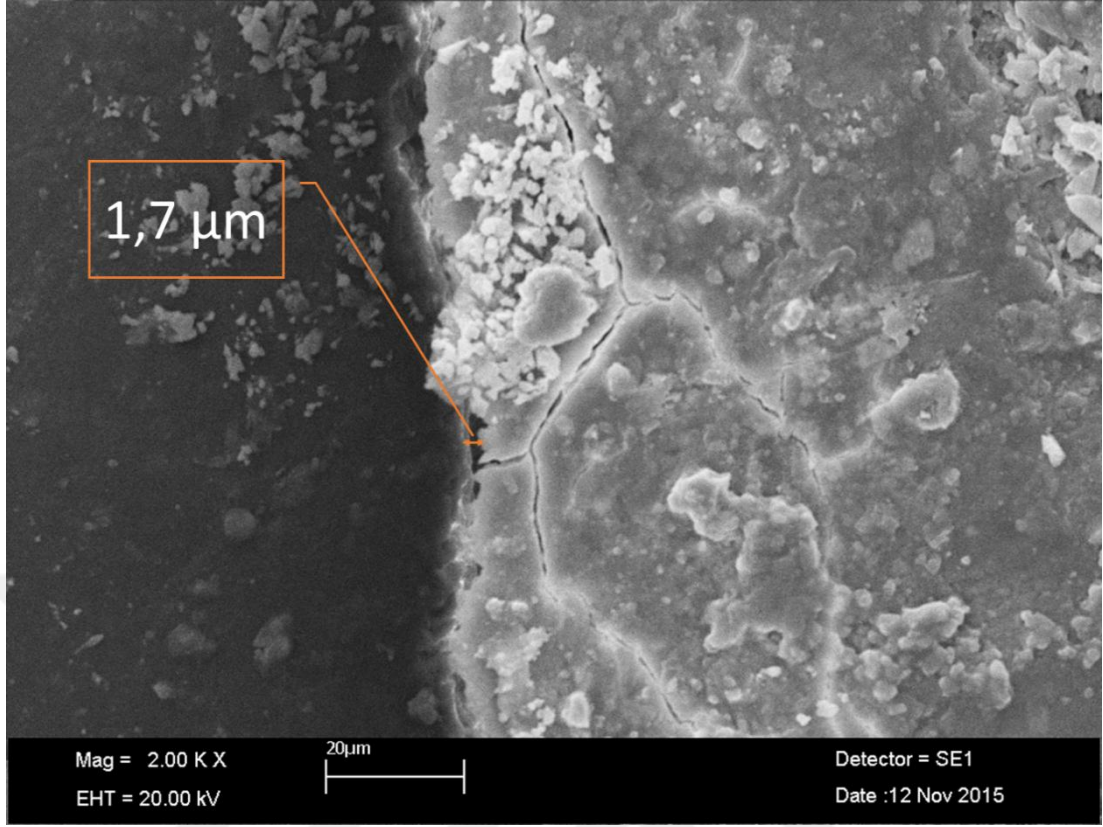
4.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi Bulguları

SEM’de 1000x ve 2000x büyütme ile incelenen 12 örnekte dentin ve dolgu arayüzleri ayrıntılı olarak izlenebildi. Mikrograflarda izlenen bozukluklar ve boyutları her deney grubundan 2 örnek olacak şekilde (**Resim 16-27**) gösterilmiştir.

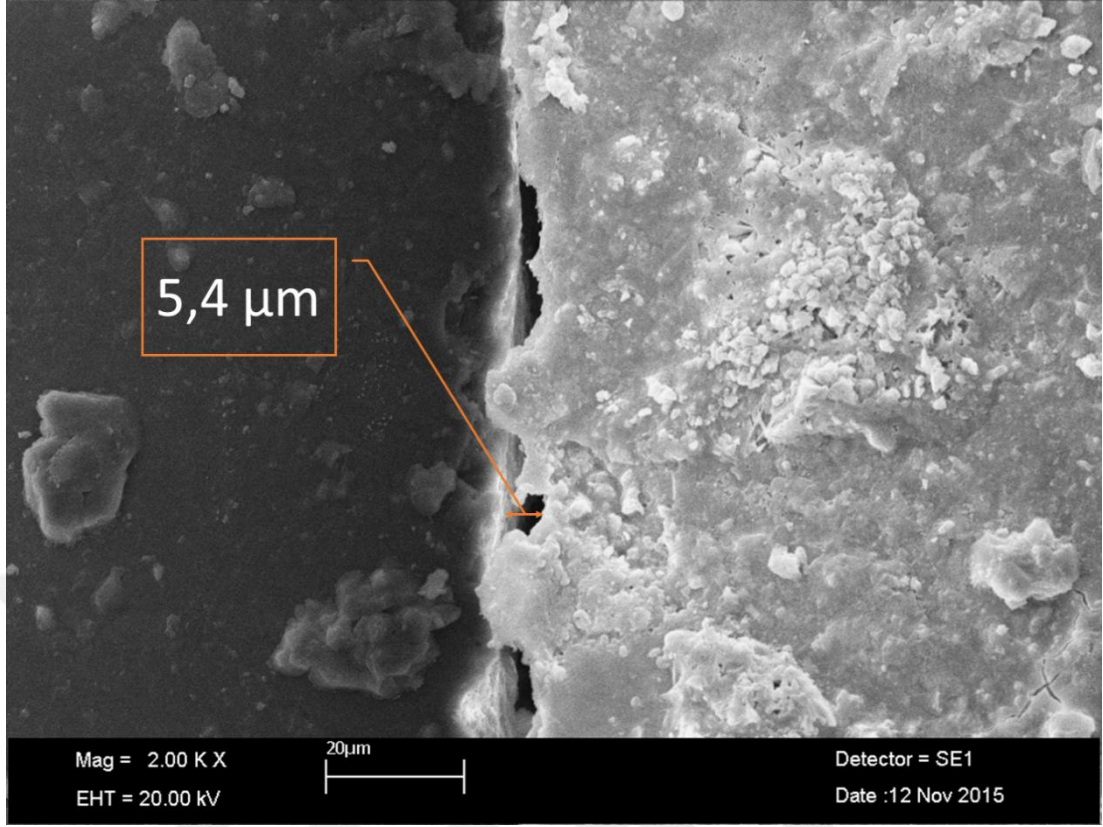
MTA grubunda 1,7-31,7 μm arasında; Bioaggregate grubunda 2,5-24,6 μm arasında; Biodentine grubunda ise 3,5-28,8 μm arasında bozukluklara rastlanmıştır. Bu mesafelerin arttığı gruplarda push-out değerlerinin düşük, glikoz sızıntı değerlerinin ise yüksek olması bulguları desteklemiştir.



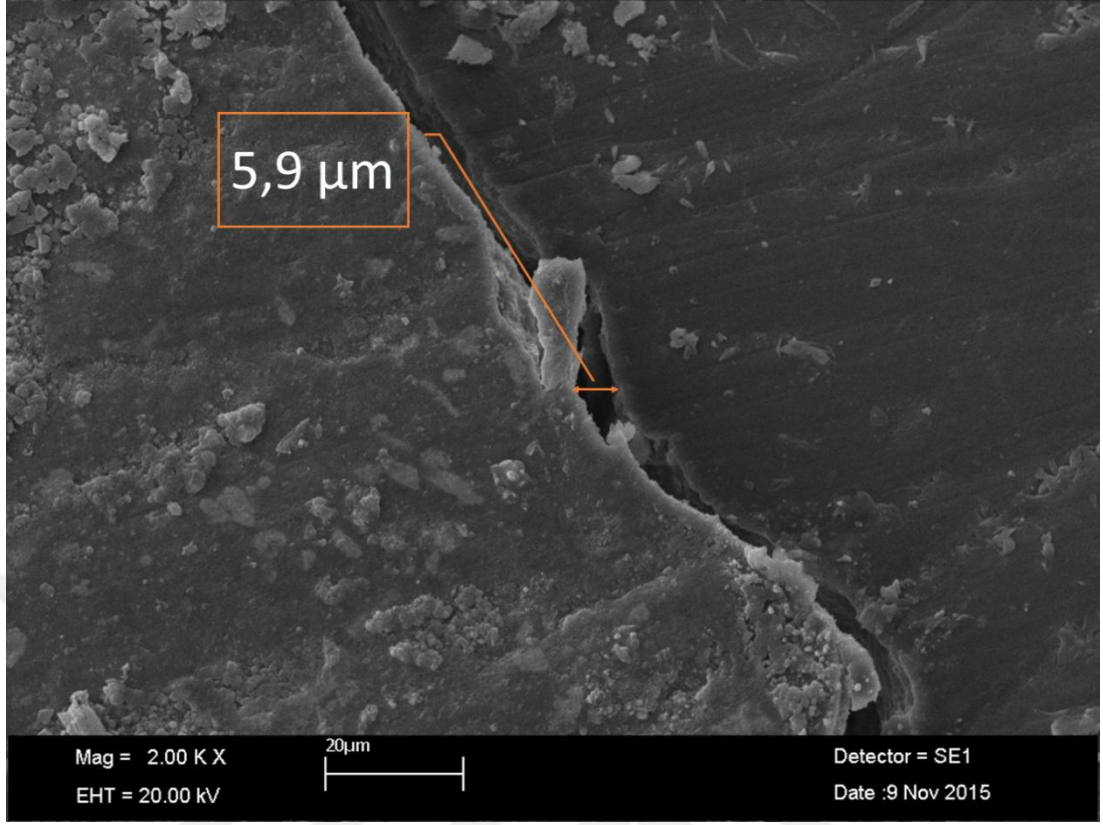
Resim 16a. MTA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrografında bağlanmanın boşluksuz ve devamlı seyrettiği saptanmıştır.



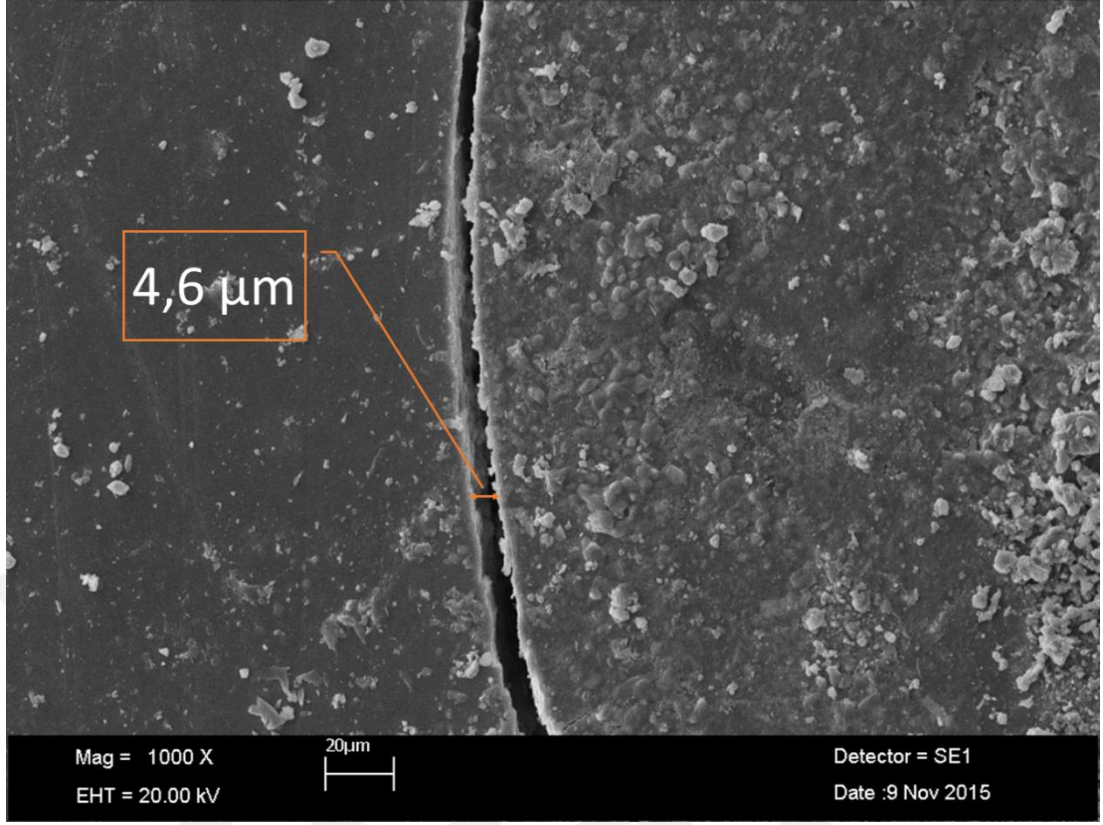
Resim 16b. MTA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrografında bağlanmanın oldukça iyi olduğu gözlenirken 1,7 µm boyutunda bir boşluk saptanmıştır.



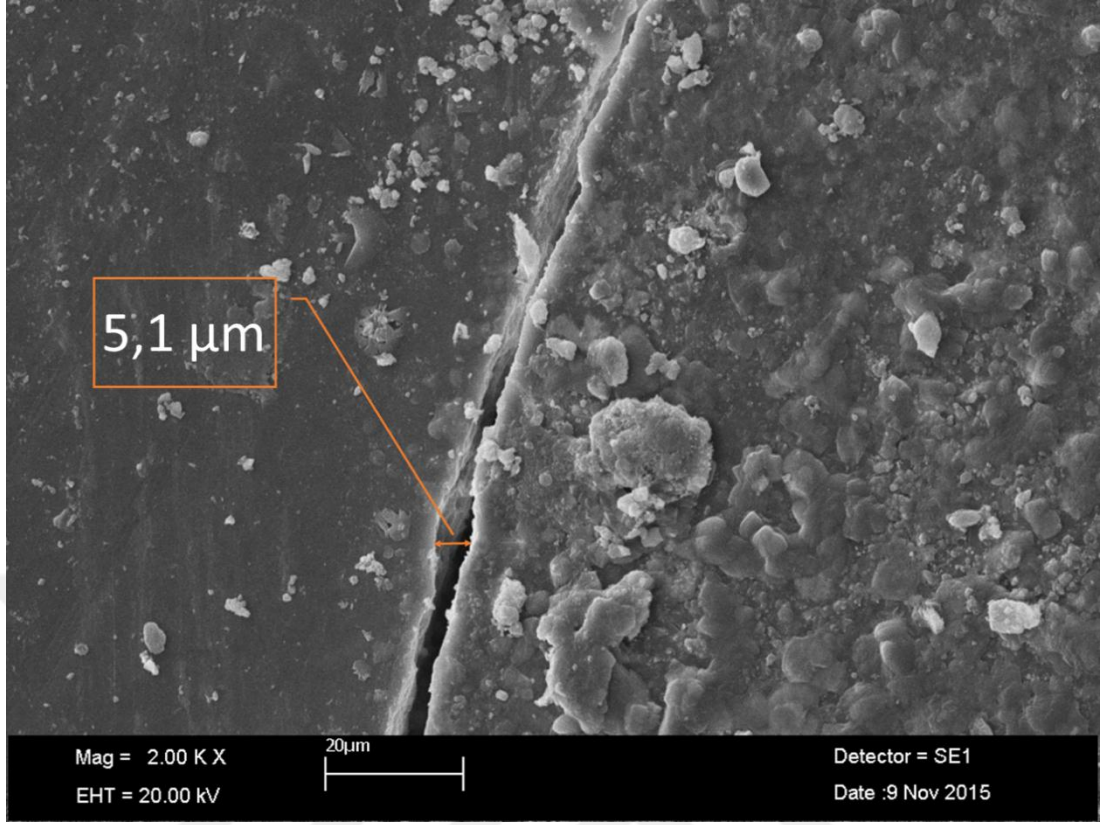
Resim 17a. MTA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrografında bağlanmada devamlılığın azaldığı gözlenirken 5,4 µm’lik bir boşluk saptanmıştır.



Resim 17b. MTA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrofında bağlanmada bozulma gözlenirken 5,9 µm boyutunda bir boşluk ile dolgu maddesinin duvardan ayrıldığı gözlenmiştir.

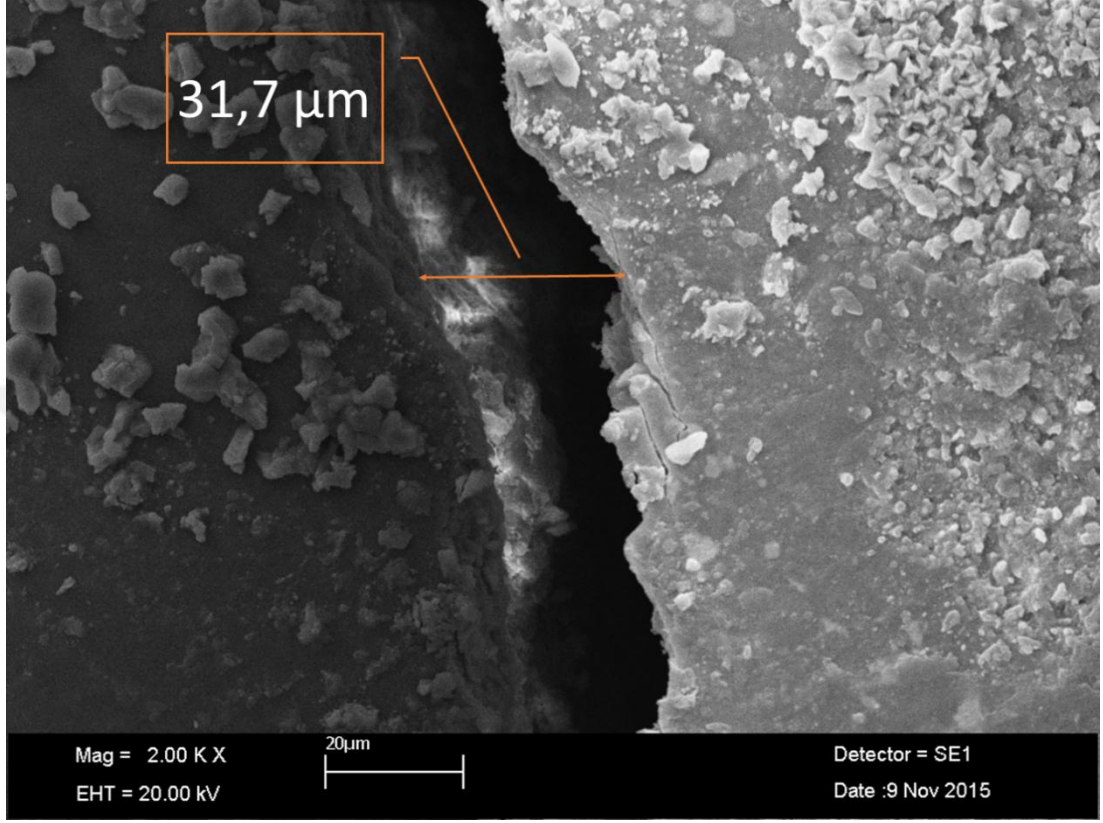


Resim 18a. MTA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrografında bağlanmada bozulma gözlenirken 4,6 µm boyutunda bir boşluk ile dolgu maddesinin duvardan ayrıldığı gözlenmiştir.

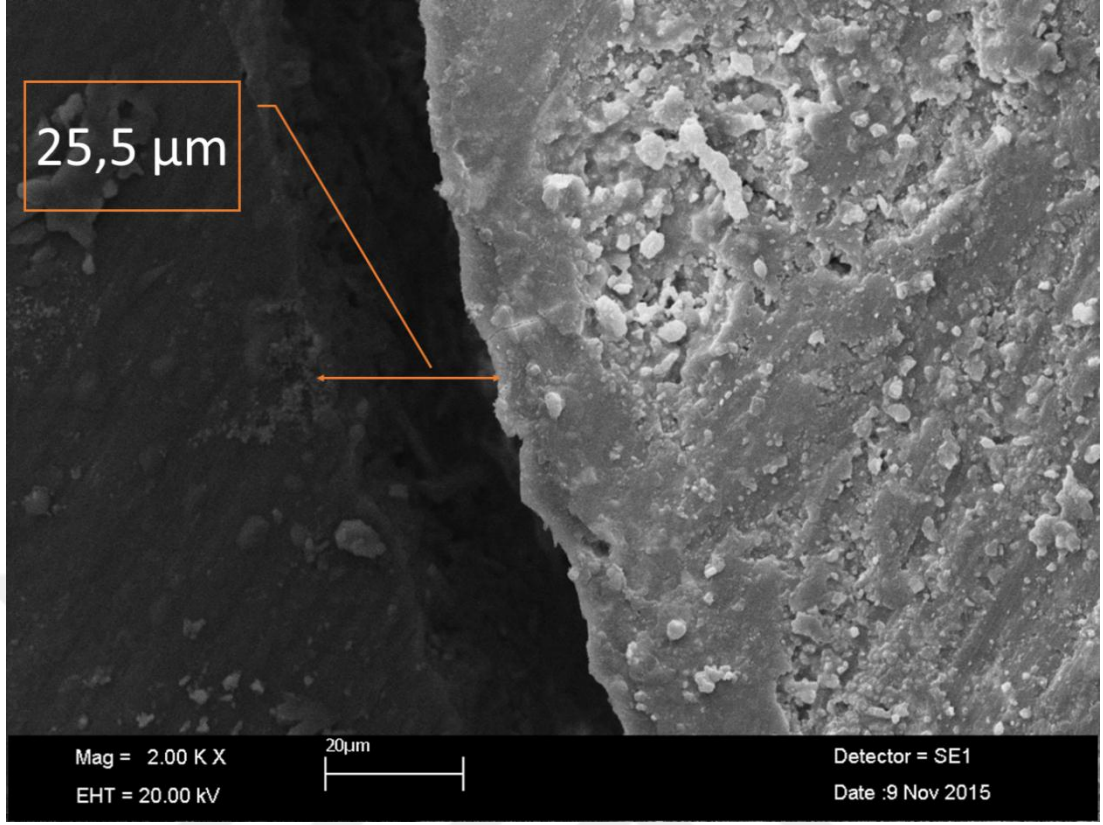


Resim 18b. MTA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM 2000X mikrografında MTA ile dentin adaptasyonunun çok iyi olmadığı ve dentin-dolgu arayüzünde 5,1 μm genişliğinde uzun aralıklar bulunduğu görülmüştür.

MTA ve frez kullanılan gruba ait SEM analizi sonucunda MTA ile dentin adaptasyonunun iyi olmadığı ve bazı bölgelerde dentin-dolgu arayüzünde 25-32 μm genişliğinde aralıklar bulunduğu görülmüştür (**Resim 19a, 19b**).

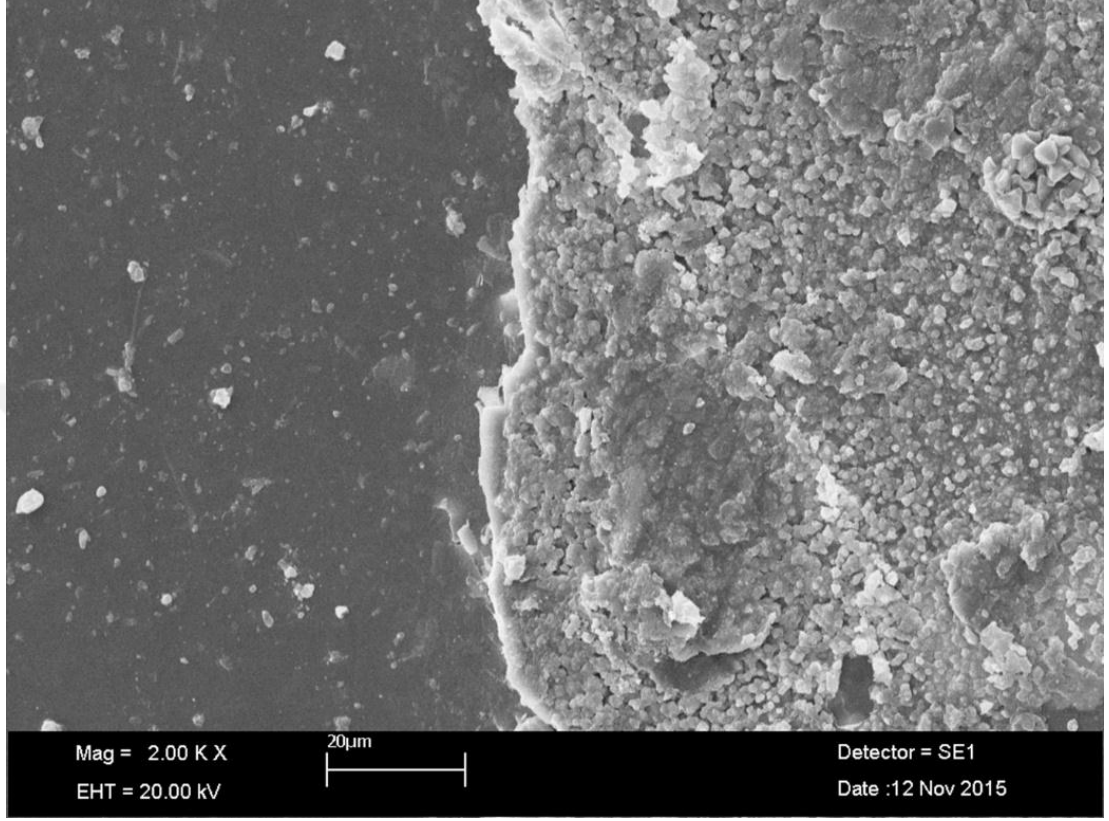


Resim 19a. MTA+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

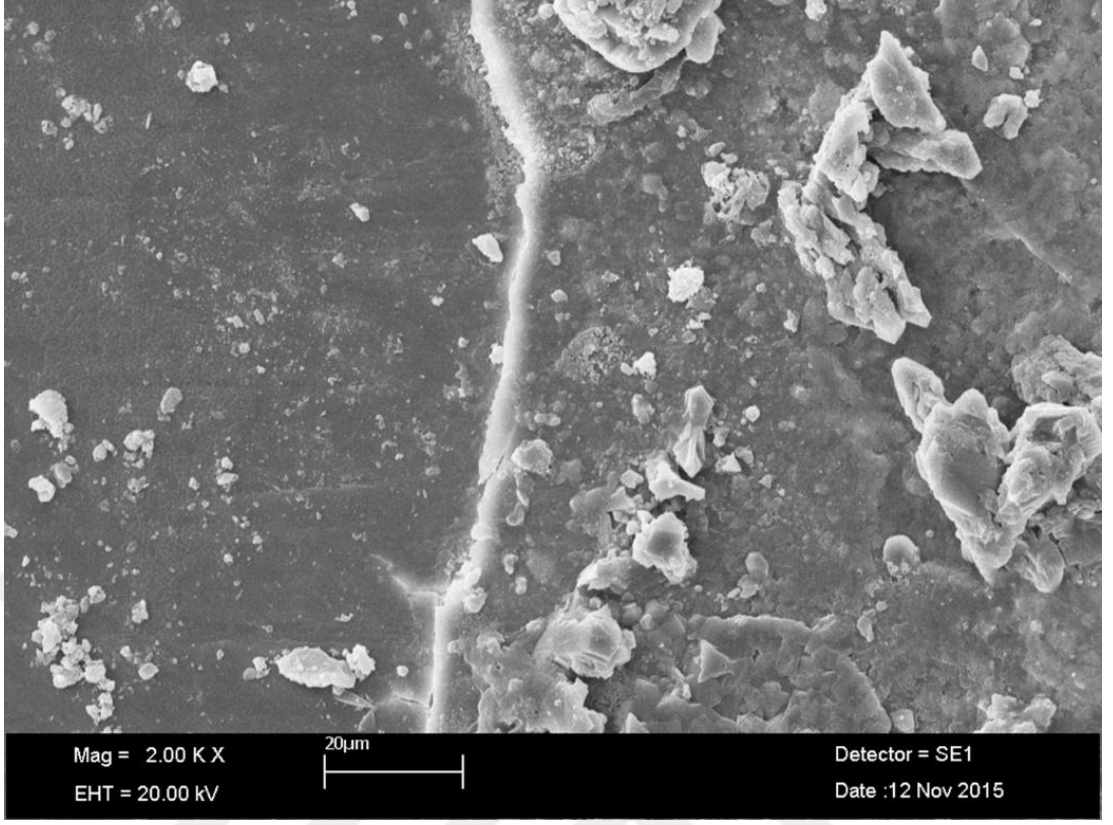


Resim 19b. MTA+Freze grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

BioAggregate, DOM ve ultrasonik uç kullanılan gruba ait SEM analizi sonucunda BioAggregate ile dentin adaptasyonunun oldukça iyi olduğu görülmüştür (Resim 20a, 20b).

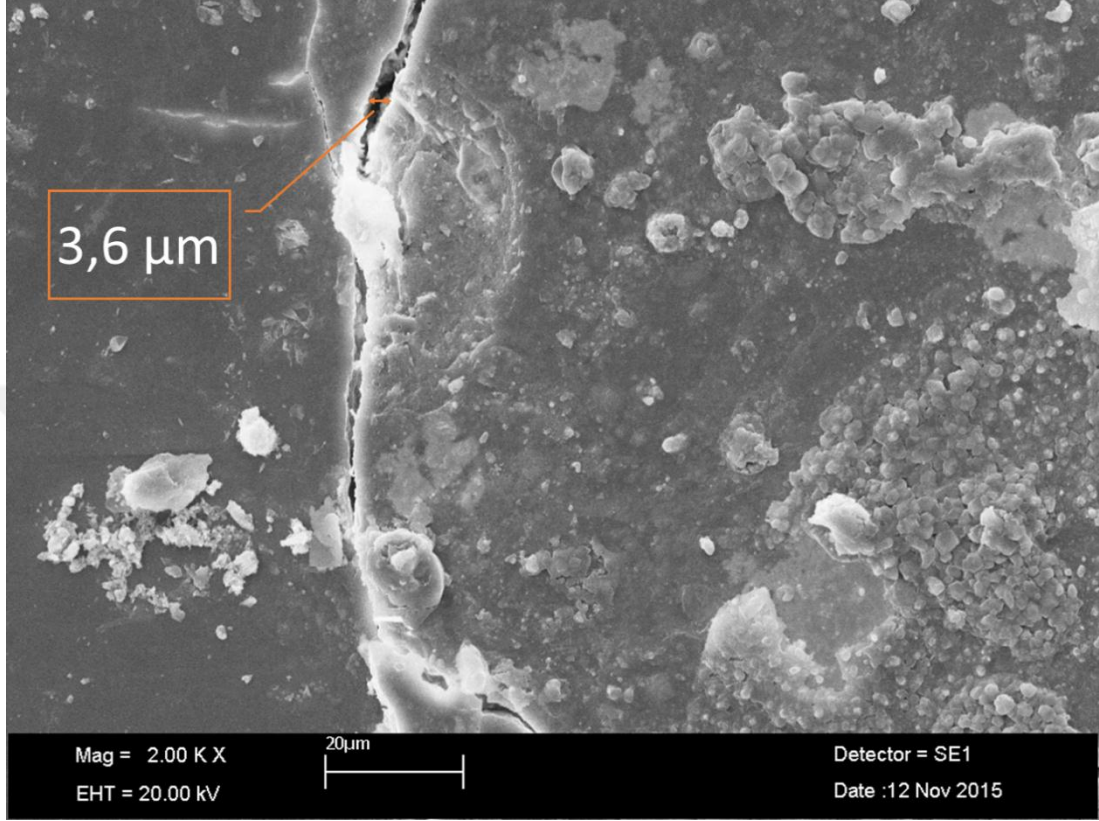


Resim 20a. BA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

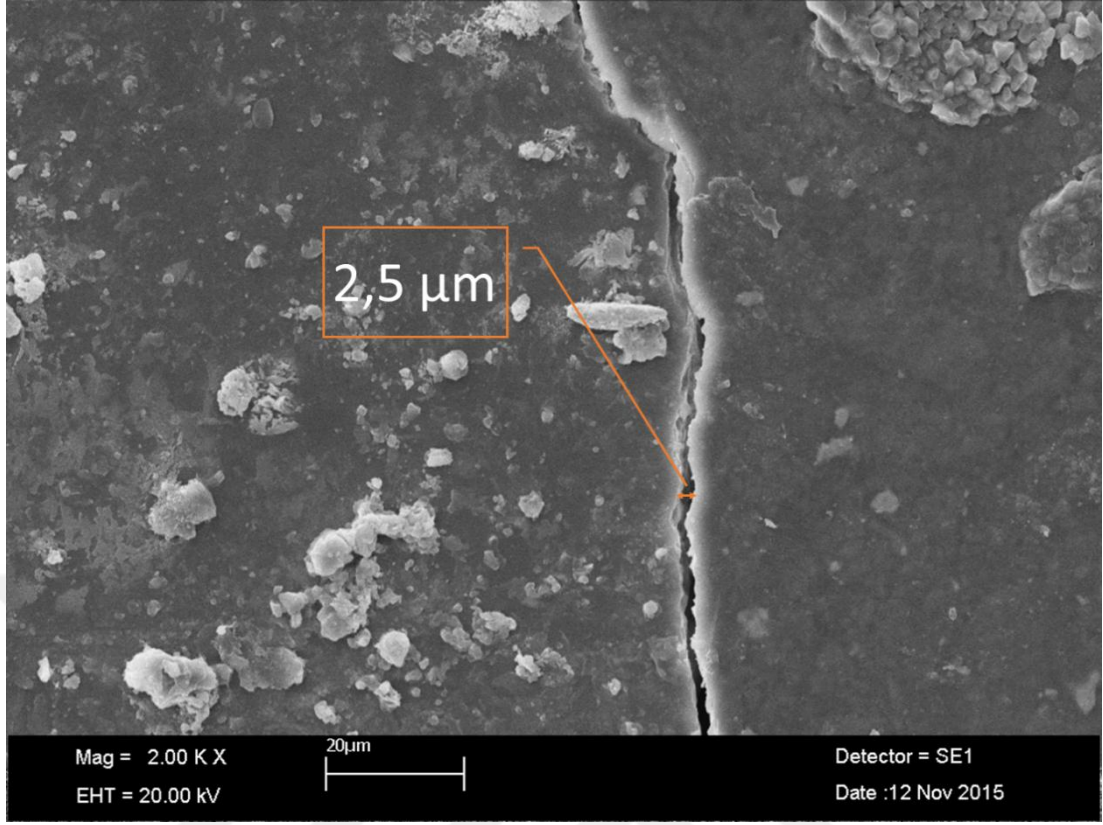


Resim 20b. BA+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi.

BioAggregate, DOM ve frez grubuna ait SEM analizi sonucunda BioAggregate ile dentin adaptasyonunun genel olarak iyi olduğu görülmüştür ve bazı bölgelerde 2-4 µm genişliğinde aralıklar bulunduğu gözlemlenmiştir (**Resim 21a, 21b**).

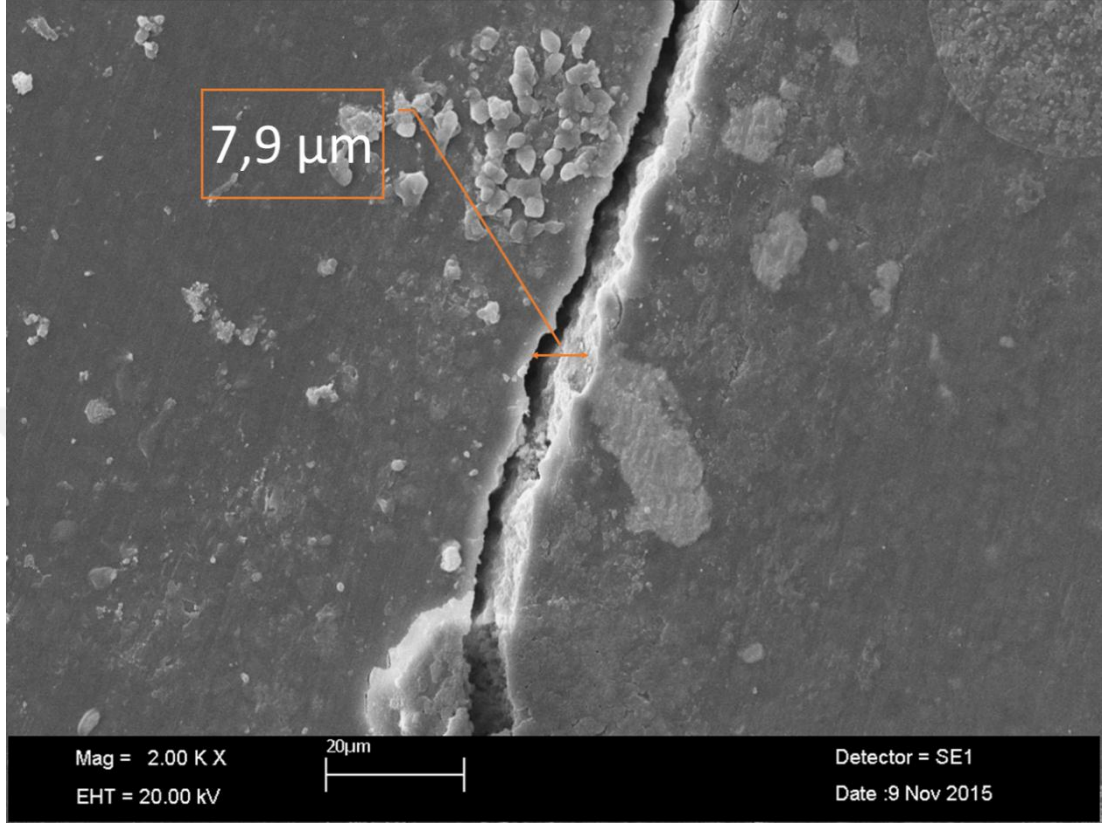


Resim 21a. BA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

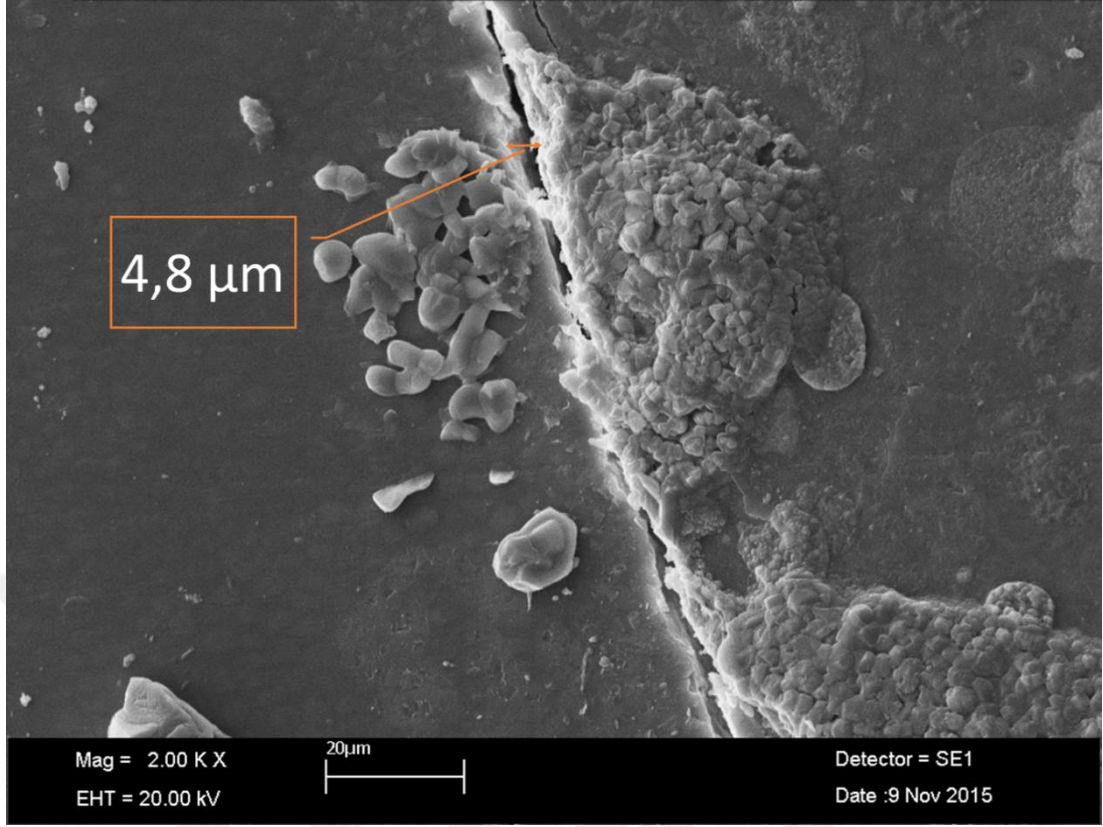


Resim 21b. BA+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

BioAggregate ve ultrasonik uç kullanılan gruba ait SEM analizi sonucunda BioAggregate ile dentin adaptasyonunun çok iyi olmadığı görülmüştür ve dentin-dolgu arayüzünde 4-8 μm genişliğinde uzun aralıklara rastlanmıştır (**Resim 22a, 22b**).

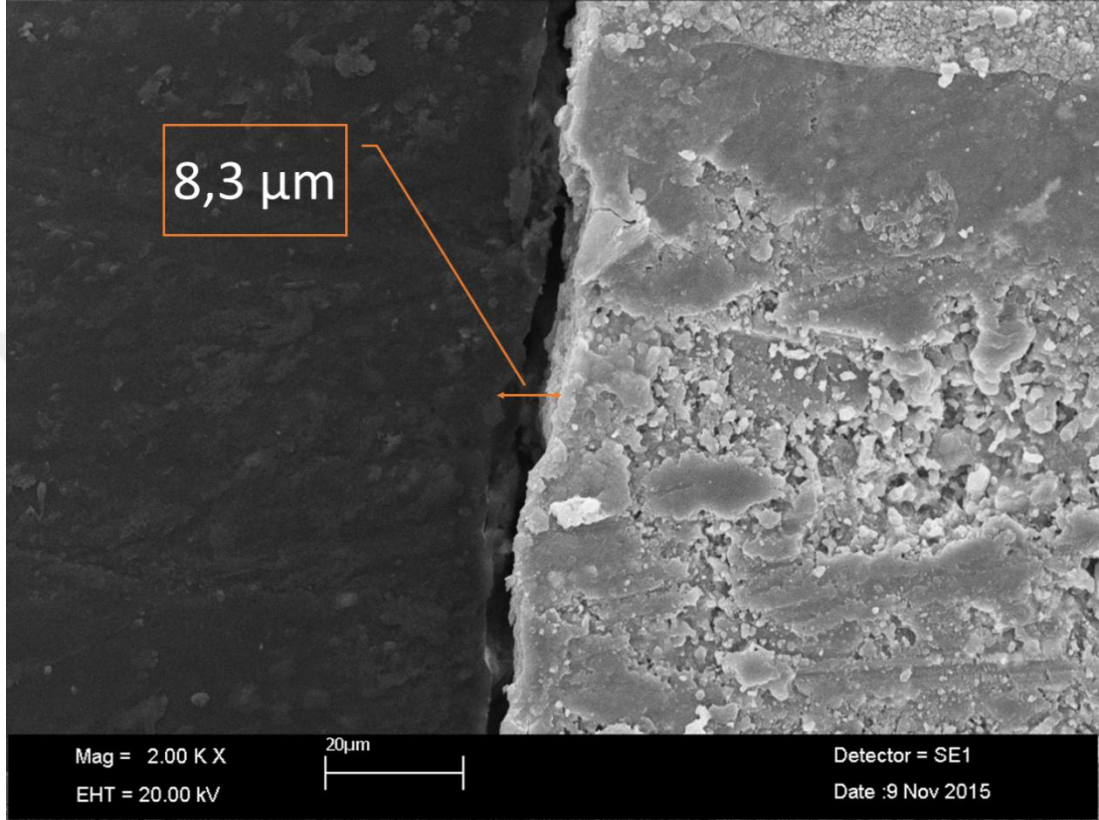


Resim 22a. BA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

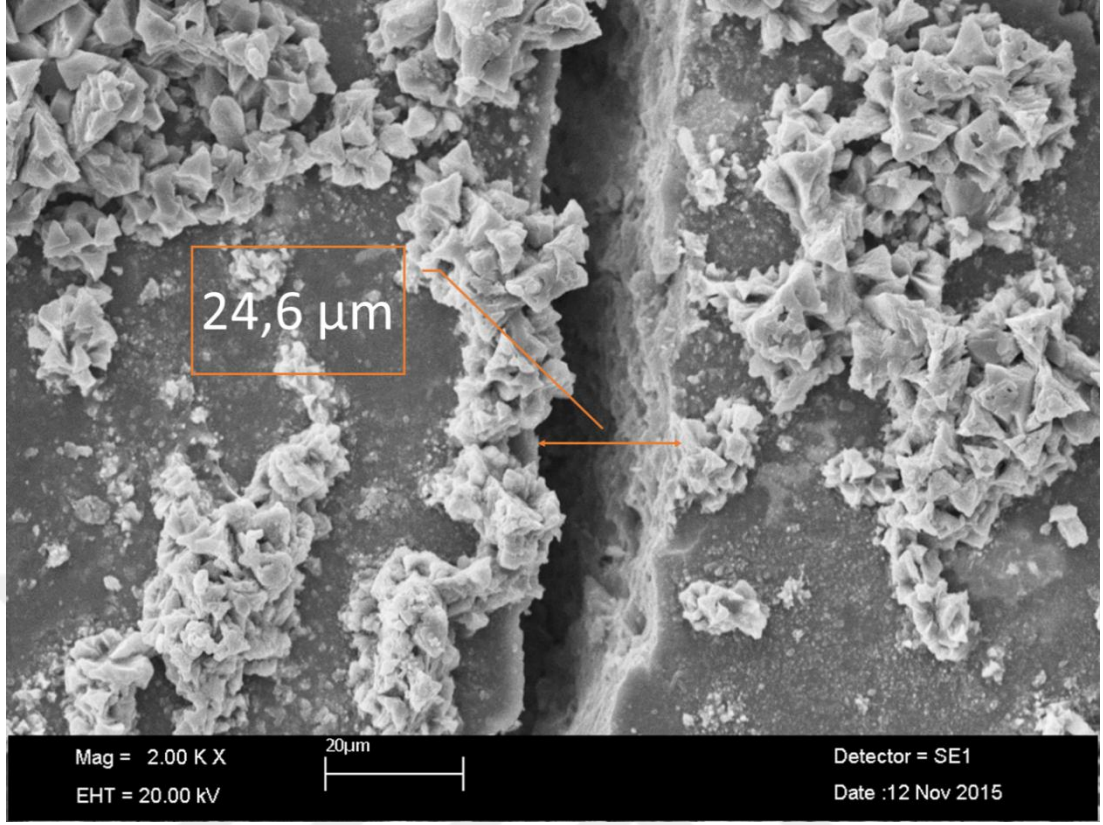


Resim 22b. BA+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi.

BioAggregate ve frez kullanılan gruba ait SEM analizi sonucunda BioAggregate ile dentin adaptasyonunun iyi olmadığı görülmüştür ve bazı bölgelerde dentin-dolgu arayüzünde 8-24 μm genişliğinde aralıklar bulunduğu gözlemlenmiştir (Resim 23a, 23b).

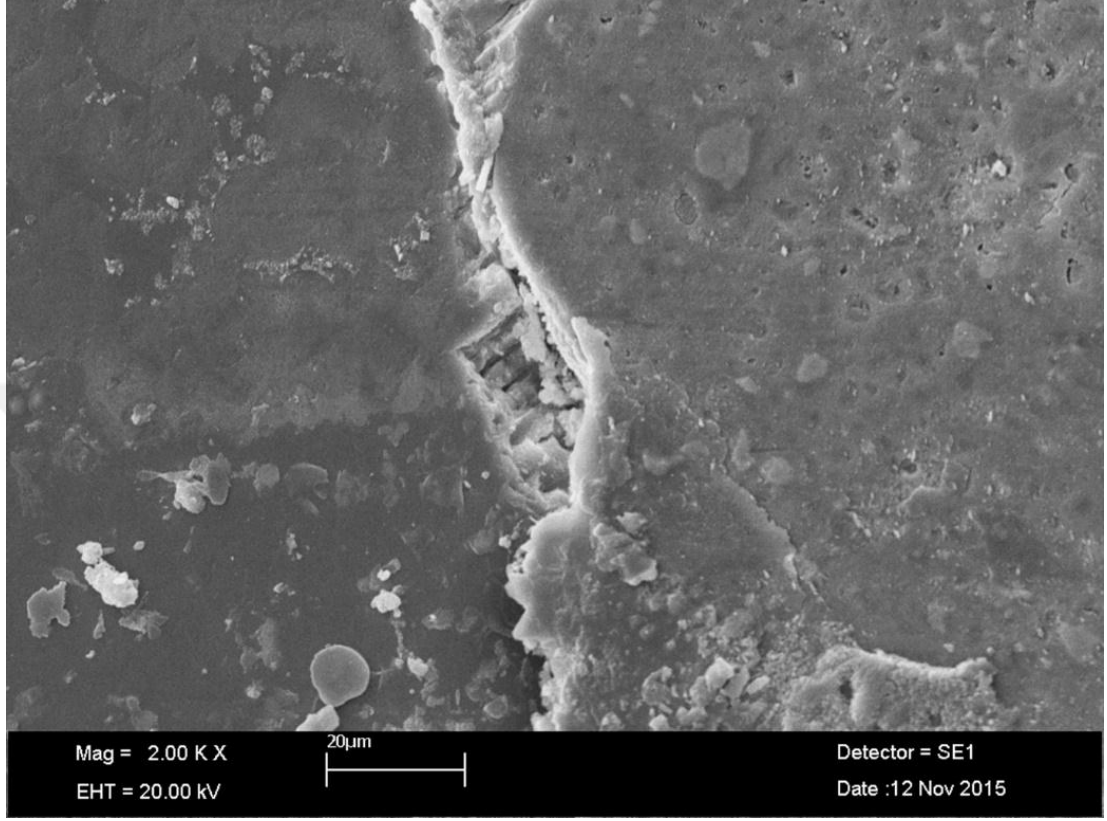


Resim 23a. BA+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

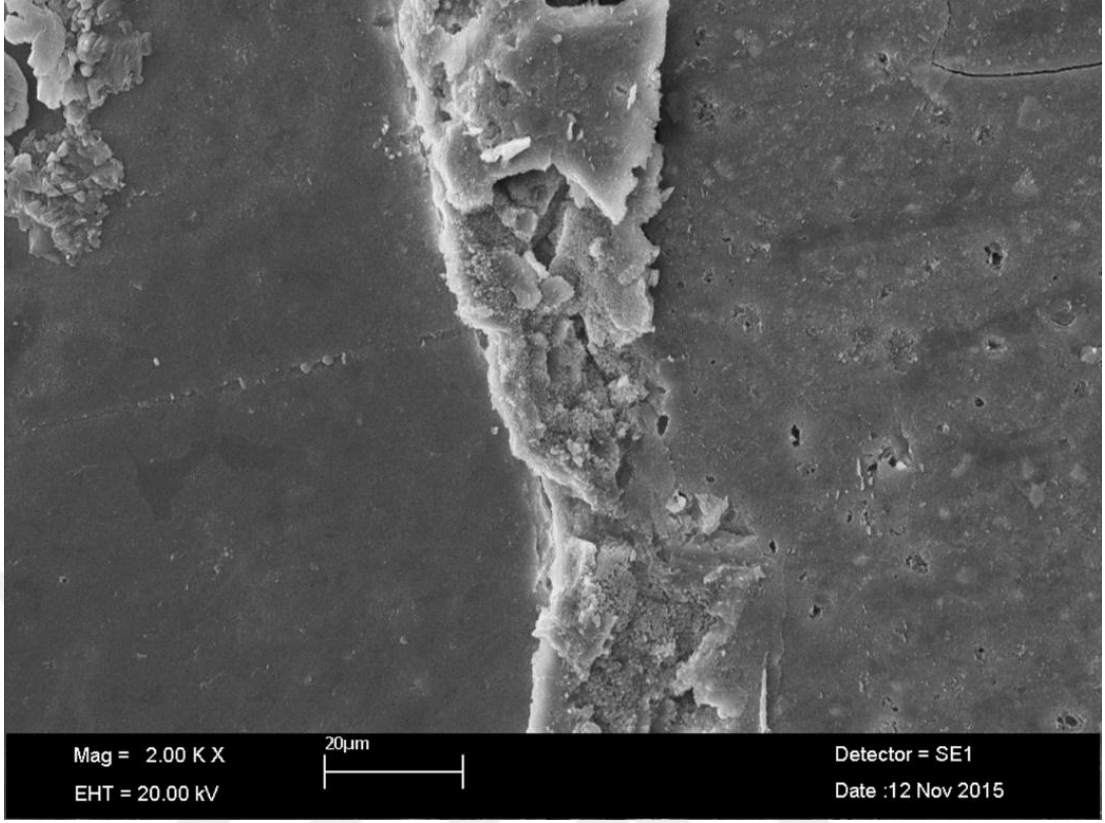


Resim 23b. BA+Freze grubuna ait örneğin SEM mikrografi.

Biodentine, DOM ve ultrasonik uç kullanılan gruba ait SEM analizi sonucunda Biodentine ile dentin adaptasyonunun oldukça iyi olduğu görülmüştür (**Resim 24a, 24b**).

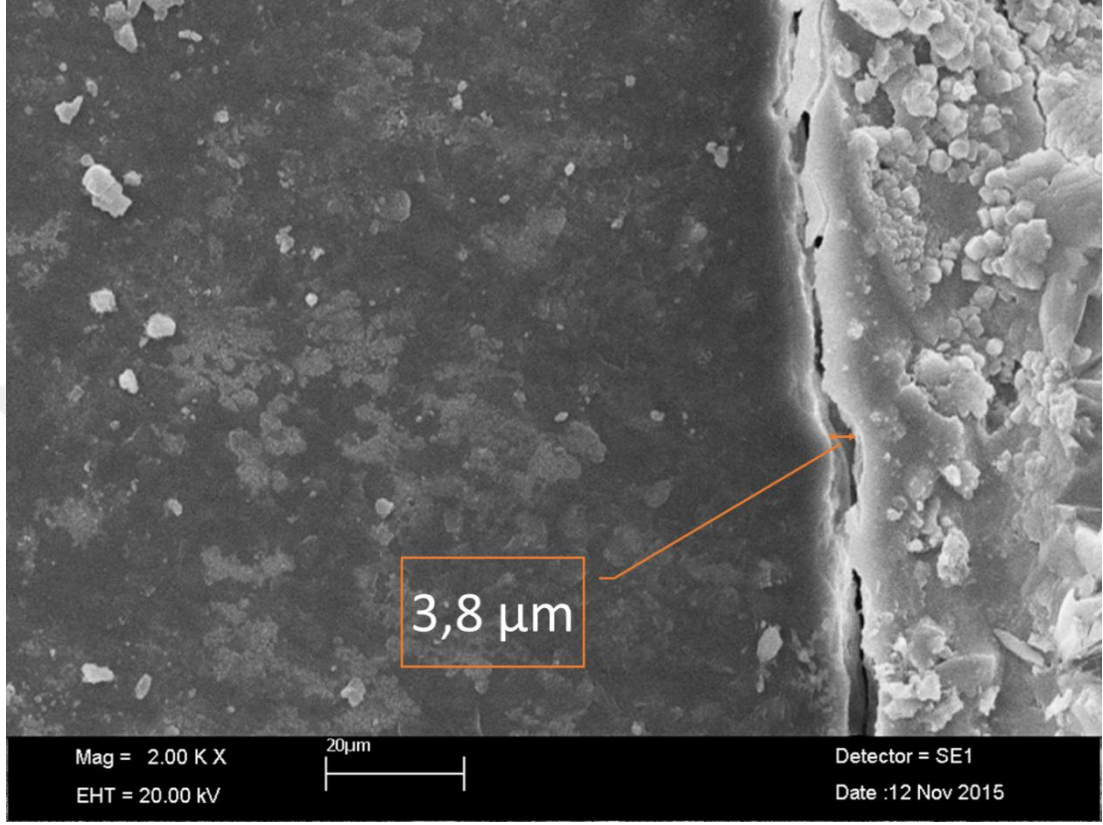


Resim 24a. BD+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi.

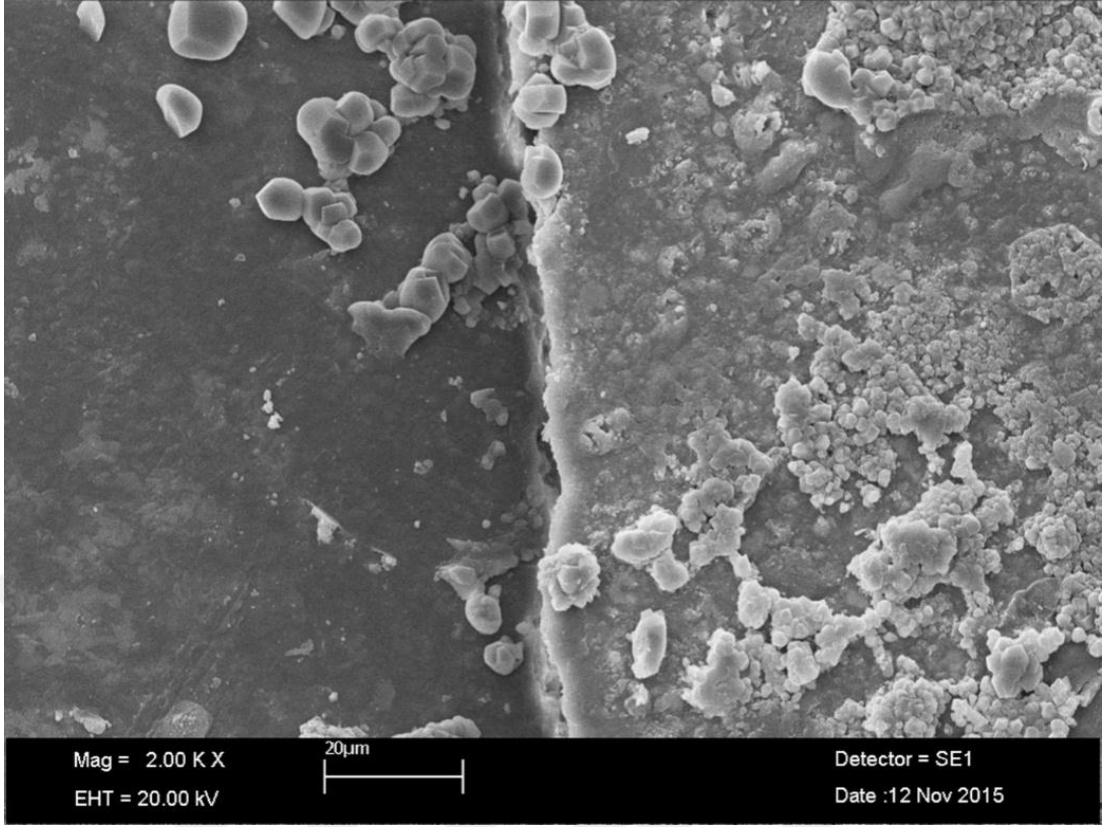


Resim 24b. BD+DOM+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografi.

Biodentine, DOM ve frez grubuna ait SEM analizi sonucunda, Biodentine ile dentin adaptasyonunun genel olarak iyi olduğu görülmüştür ve bazı bölgelerde 3-4 µm genişliğinde aralıklar bulunduğu gözlemlenmiştir (**Resim 25a, 25b**).

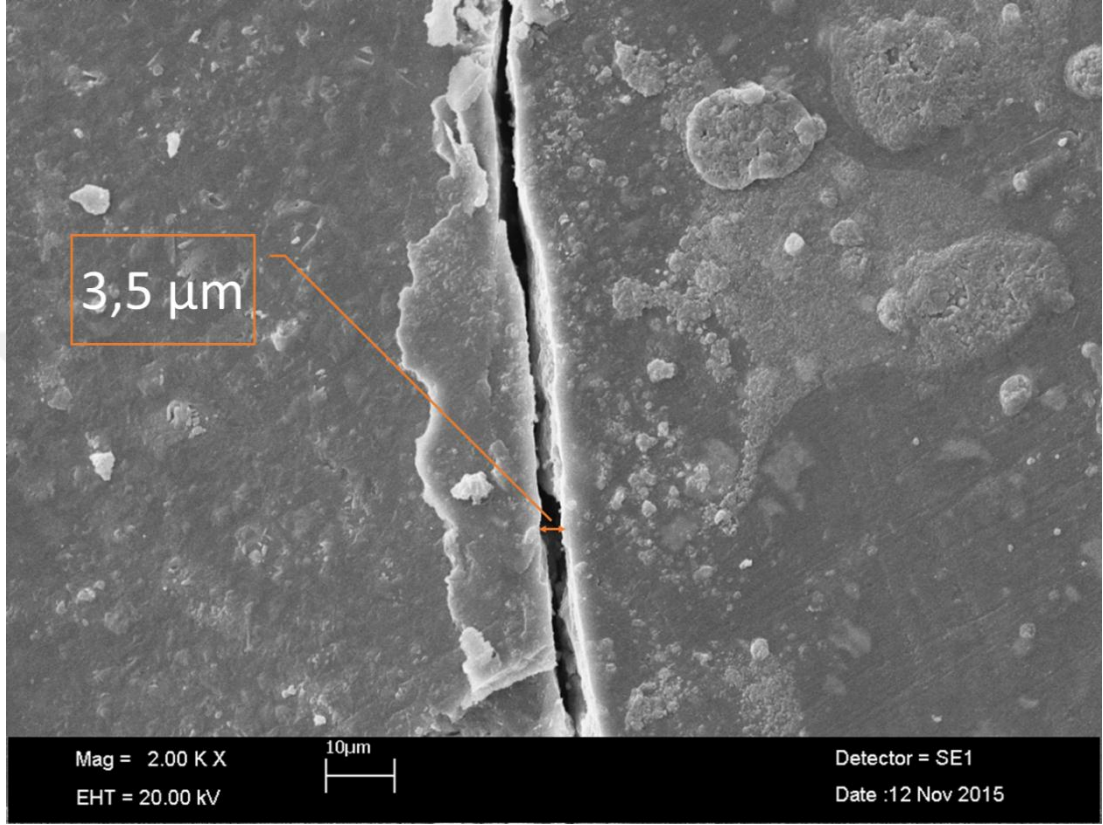


Resim 25a. BD+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

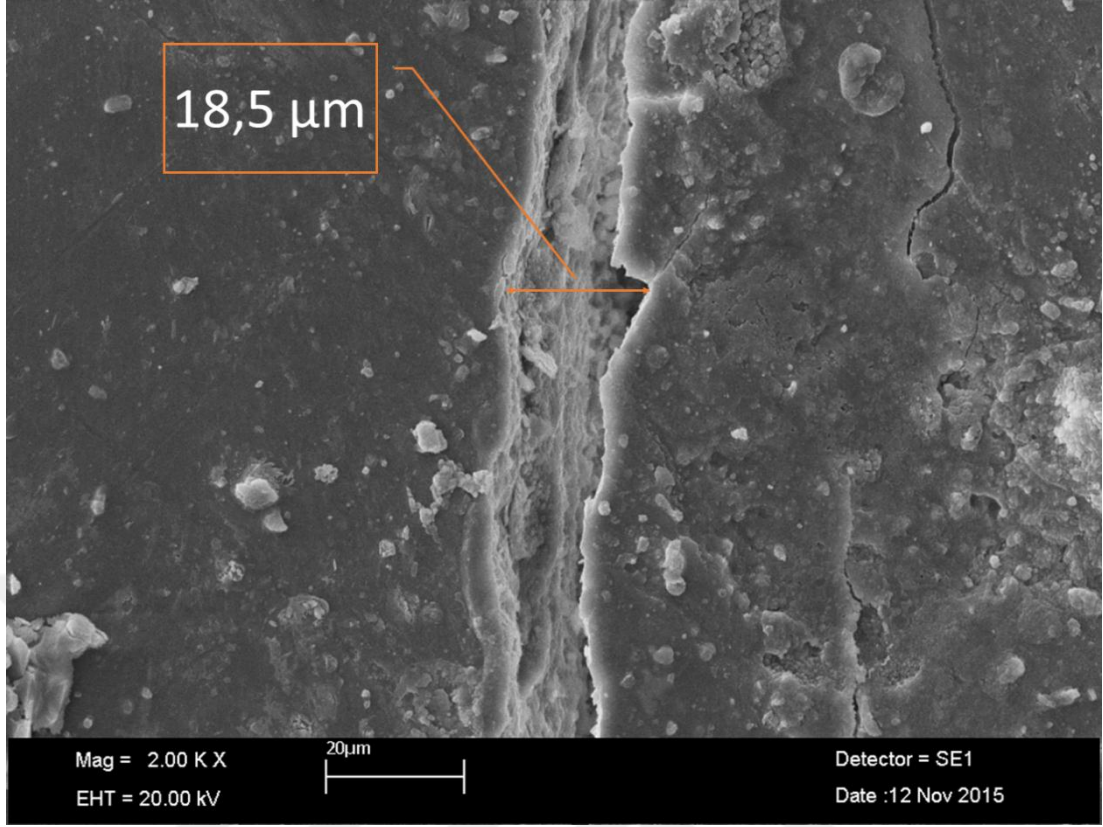


Resim 25b. BD+DOM+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi.

Biodentine ve ultrasonik uç kullanılan gruba ait SEM analizi sonucunda Biodentine ile dentin adaptasyonunun çok iyi olmadığı gözlemlenmiştir ve dentin-dolgu arayüzünde 3-19 μm genişliğinde uzun aralıklar bulunduğu tespit edilmiştir(**Resim 26a, 26b**)

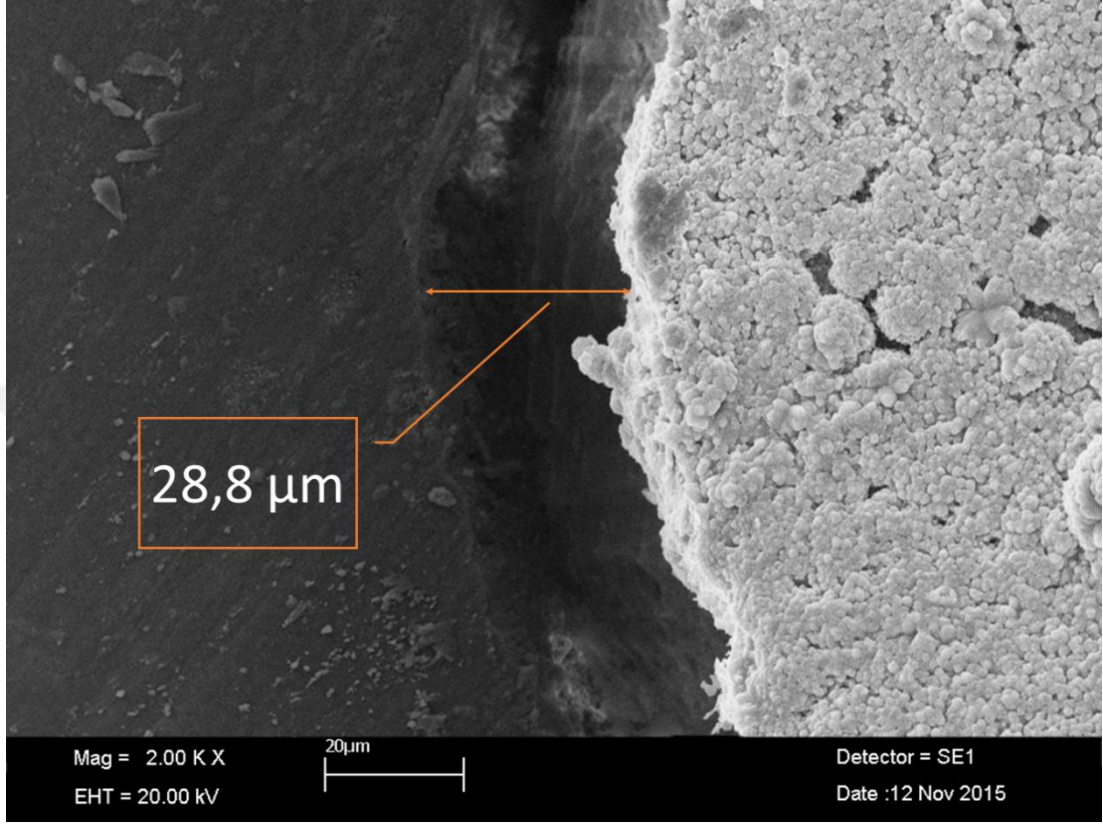


Resim 26a. BD+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

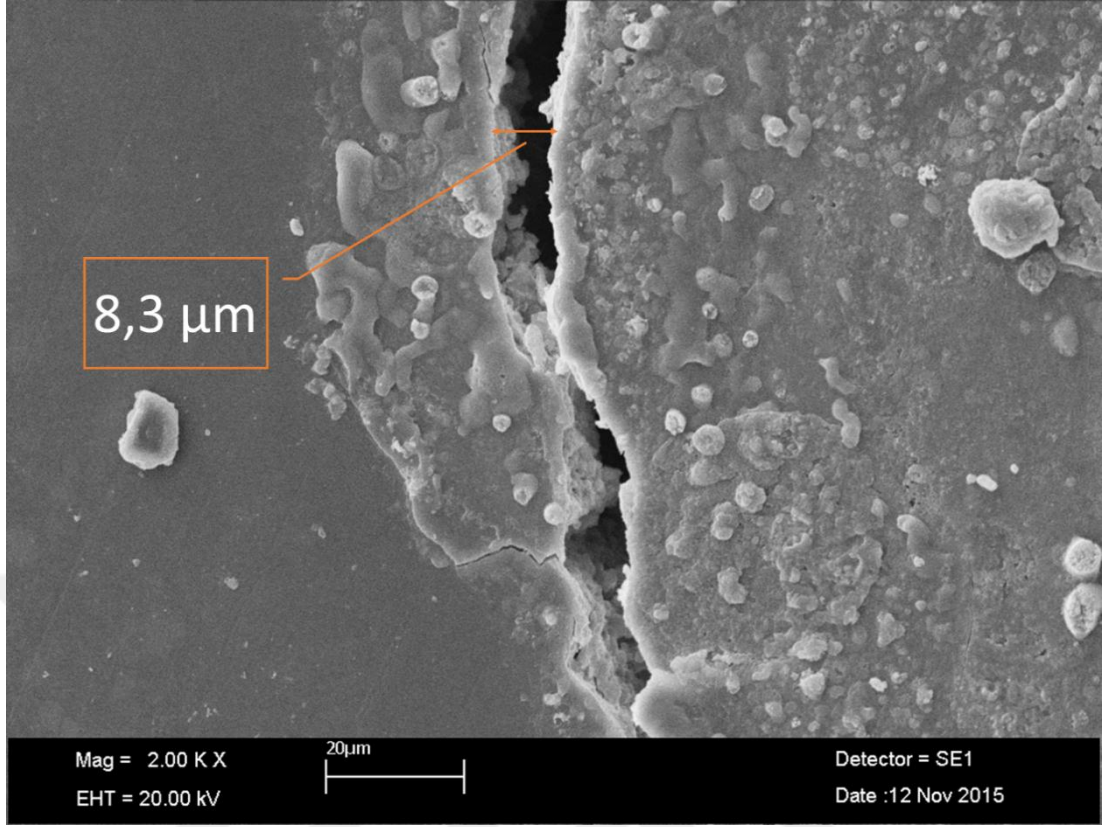


Resim 26b. BD+Ultrasonik grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

Biodentine ve Frez kullanılan gruba ait SEM analizi sonucunda Biodentine ile dentin adaptasyonunun iyi olmadığı görülmüştür ve dentin-dolgu arayüzünde 8-28 μm genişliğinde uzun aralıklar bulunduğu izlenmiştir (**Resim 27a, 27b**).



Resim 27a. BD+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografi.



Resim 27b. BD+Frez grubuna ait örneğin SEM mikrografı.

4.5. Uygulama süresi

Ultrasonikler ile ortalama $2,5 \pm 0,5$ dakikada açılan kaviteleler, frez ile 25 ± 5 saniyede tamamlanmıştır.

5. TARTIŞMA

Geçtiğimiz on yıl içinde, endodontik malzeme biliminde yeni gelişmeler görülmektedir. Bu gelişmeler arasında, bioseramik teknolojisinin birçok klinik uygulama alanı ile birlikte endodonti kullanımına sunulması önemli bir yer teşkil eder. Son nanoteknolojik gelişmeler sayesinde biyoseramikler, sağladığı tüm faydalarla birlikte kök kanal tamirinde, apikal retrograd dolgularda, apeksifikasyon ve vital pulpa tedavilerinde kullanılabilirliği gibi, kök kanal dolgu patı olarak da kullanımları mümkün olmuştur. Bu faydalardan ilki biyoseramiklerin fiziksel özellikleri ile ilgilidir. Biyoseramikler biyouyumludurlar, kanal dışına taşmaları durumunda dokularda önemli bir enflamatuvar cevaba sebep olamamaktadır. Uygulama sonrasında büzülme göstermezler ve kimyasal olarak stabillerdir (245,246).

Kök ucu dolgu materyallerinin apikal tıkama üzerine etkinliği ile ilgili çalışmalar bulunmasına rağmen bioseramik içerikli materyallerin apikal tıkama üzerine etkinliği ile ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bu materyallerin tıkama etkinliği ile kök ucu kavitesinin hazırlanması esnasında uygulanan yöntemler arasındaki ilişki de detaylı olarak bilinmemektedir. Ayrıca endodontik cerrahide operasyon mikroskobu kullanımı ile ilgili karşılaştırmalı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada operasyon mikroskobu altında veya mikroskop kullanmadan; ultrasonik uç veya frez ile hazırlanmış kök ucu kavite preparasyon tekniklerinin, bioseramik ve kalsiyum hidroksit içerikli farklı kök ucu dolgu materyalleri kullanılarak apikal sızıntının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Mikrocerrahi alet ve cihazlarının, ultrasoniklerin ve yeni dolgu maddelerinin apikal cerrahinin başarısına ve uygulama kolaylığına etkisi *ex-vivo* olarak incelenmiştir.

Hipotezlerin kabulü veya reddedilmesi

H₀ hipotezi reddedilmiştir. Gruplar arasında glikoz sızıntı miktarları ve bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

H₁ hipotezi kısmen kabul edilmiştir. Kök ucu kavite hazırlığında ve dolgusunun yapımında DOM kullanılan gruplar ile kullanılmayan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken; kavite preparasyonunda ultrasonik uçların veya frezlerin kullanımı ve kök ucu dolgusunda kullanılan materyal çeşidi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmamıştır.

Diş seçimi

Apikal cerrahide kök ucunu tıkamak için kullanılan dolgu materyallerinin sızıntı yöntemi ile değerlendirildiği pek çok *in-vitro* çalışmada tek köklü dişler kullanılmıştır (63,246,247). Üst kesici dişlerin geniş, düz ve yuvarlak kesitli bir kanal yapısına sahip olmaları ve klinik olarak apikal cerrahinin en çok uygulandığı grup olmaları açısından bu çalışmada üst ön kesici dişler seçildi. Sızıntı miktarının etkilenmemesi için tüm örneklerin kök kanal boyları 15 ± 0.05 mm olacak şekilde kronlarından ayrıldı ve kanal çapları AMF #40-0.06 olacak şekilde standardize edildi.

Kök ucu hazırlığının değerlendirilmesi

Apikal sızıntı çalışmaları kök ucu kavitesinin hazırlanmasında kök ucunun kesim açısının, retrograd kavitenin derinliğinin ve şeklinin apikal sızıntı üzerinde önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir (63,248). Kök ucunun kesimi esnasında eğim açısının artması ve preparasyon derinliğinin azalması sızıntıyı artırır. Kök ucunun kökün uzun aksına dik yani 90° kesildiği ve kök ucu kavite derinliğinin 1 mm olduğu durumlarda apikal sızıntının önemli ölçüde azaldığı gösterilmiştir. Ancak klinik uygulamada ideal bir kök ucu kavitesinin en az 3 mm derinliğinde olması ve kavite duvarlarının birbirine paralel oluşturulmasının gerektiği belirtilmiştir (63,249).

Kök ucu kavitesi hazırlarken en sık akla gelen başarısızlıklar bukko-palatinal boyutta kavite şeklinin düzensiz olması, dişin aksı boyunca paralellik ve yeterli derinliğin sağlanamayışı ve kavite hazırlama esnasında çatlakların oluşmasıdır. Kavite derinliği 3 mm'den daha az olduğunda apikal dallanmalar ve lateral kanallar tamamen uzaklaştırılmayacağı için başarısızlık riski artacaktır (63,249,250). Bu nedenle tez

çalışmasında örnekler, kök ucu kesim açısı 90° ve kök ucu kavite derinliği 3 mm olacak şekilde hazırlandı. Kök ucu kavitesinin hazırlanmasındaki amaç kök ucunun kesilmesi sonucu apikal daralımı ortadan kaldırılmış olan kök ucunu dolgu materyali ile tıkayabilmek için yer hazırlamaktır. Ancak dişlerin anatomisi ve köklerin açısı nedeni ile geleneksel uygulamalar ile kök ucunda ideal şekilde bir kavite hazırlamak zordur (57).

Kök ucu kavitesi hazırlarken frez kullanımı en klasik yöntemdir. Ancak frez ile kök ucu kavitesinin hazırlanmasında bazı problemler ortaya çıkabilir. Bu problemlerden en önemlileri apikal kök yüzeylerinde mikro çatlakların ve kavite yüzeyinde smear tabakasının oluşturulmasıdır. Ayrıca kök ucu kavitesini hazırlamak için freze uygun giriş açısı vermek de zordur ve bu nedenle perforasyon riski oldukça yüksektir. Bunlara ilaveten frezin şekli ve bölgenin anatomik yapısından dolayı yeterli derinlikte bir kök ucu kavitesi hazırlamak ve bu kavitenin duvarlarının da birbirine paralel olmasını sağlamak güçtür (57,251). Frez ile kök ucu kavite hazırlanmasında karşılaşılan bu zorluk ve olumsuzluklardan dolayı apikal cerrahide daha başarılı sonuçlar alınmasına yardımcı olabilecek farklı alternatif yaklaşımlara yönelilmiştir (251). Bunlardan en çok kullanılanı ultrasonik uçlardır. Ultrasonik uçların açılı şekli nedeniyle dolayısıyla daha kolay giriş ve yeterli kavite şeklinin oluşturulabildiği bildirilmiştir (63,251). Aynı zamanda küçük çapları ve açılı uçları nedeniyle daha az miktarda kemik kaldırılmasına neden olduğu için travmatik etkilerinin de daha az olduğu belirtilmiştir (252). Birçok çalışmada frezlere kıyasla bu uçlar ile daha derin, daha konservatif ve kanalın orijinal şekline daha uygun kavite hazırlanabildiği gösterilmiştir (251). Ancak titreşimli ve kök kanal duvarlarına temas ederek çalıştırdıklarından kavite yüzeylerinde frezlere göre daha az da olsa çatlak oluşturma riskleri mevcuttur. Bunun da uzun dönemde apikal sızıntısının artmasına neden olduğu bildirilmiştir (253,254). Ultrasonik ucun uygun güçte kullanımı ve uygun uç seçimi ile çatlak oluşturma riski azaltılabilir. Genellikle düz yüzeyli veya elmas kaplı ultrasonik uçlar daha fazla tercih edilmektedir (57,254,255).

Mehlhoff ve arkadaşları (256) ultrasonik uçlarla frezlere kıyasla daha dar, daha derin kök ucu kavitesi hazırlanabildiğini ve dentin duvarlarında daha az kaybin meydana geldiğini göstermişlerdir. Lin ve arkadaşları (62), hazırlanan kök ucu kavitesinin derinliği, kavite duvarlarının kökün uzun aksına paralellığı ve kaldırılan

kemik miktarı üzerine frez ve ultrasonik uç kullanımının etkilerini inceledikleri çalışmalarında, ultrasonik uç ile hazırlanan kavitelerin daha derin, kökün uzun aksına daha paralel ve daha az kemik kaybına neden olduğunu göstermişlerdir.

Bu çalışmada örneklerin hazırlanmasında orta güçte çalışan bir ultrasonik cihaz (LM Powerhand Solo, LM-Instruments Oy, Finlandiya) ve elmas kaplı ultrasonik uç (LM Apical Surgery Tip AP-3, LM-Instruments Oy, Finlandiya) kullanılmıştır. Bu cihaz esasen çok amaçlı klinik bir cihaz olarak tasarlanmış olup dört farklı güçte kullanılabilir. Üretici firma bu cihazın kök kanal tedavisi, apikal cerrahi, periodontal tedavi ve gütâ perkanın kondansasyonunu sağlamak gibi amaçlarla kullanılabilceğini belirtmiştir.

Kavitenin hazırlanmasında frez, ultrasonik uç ve lazer sistemlerinin (Er:YAG ve Er:Cr:YSGG) kullanımının dentin yüzeyinde çatlak oluşturma, smear tabakayı uzaklaştırma ve dentin tübülleri üzerindeki etkileri pek çok çalışma da incelenmiştir (49,257).

Kök ucu kavitesi hazırlama esnasında ultrasonik uç kullanımı nedeniyle apikal kök yüzeyinde çentik, çatlak ve mikro kırıkların oluştuğu bildirilmiştir (48,49,59,64,239,258-267). Ancak çatlak ve çentiklerin periradiküler dokuların iyileşmesi ve apikal sızıntı üzerindeki etkileri bilinmemektedir (251,268).

Gondim (268), Waplington ve arkadaşları (267), Morgan ve Marshall (259) yaptıkları çalışmada ultrasonik uç ile kök ucu kavitesinin hazırlanması sonucunda kavite kenarlarında çatlakların oluştuğunu, ancak oluşan bu çatlakların alanı ile düz elmas frez ile hazırlanan kavitelerde oluşan çatlak alanları arasında anlamlı fark olmadığını, ayrıca düz uçların elmas kaplı uçlara göre daha fazla çalışma zamanı gerektirdiğini ve kesme etkinliğinin de daha az olduğunu bildirmişlerdir. Zuolo ve arkadaşları (266) da elmas kaplı uçların geleneksel uçlara göre daha fazla kesme etkinliği olduğunu göstermişlerdir.

Saunders ve arkadaşları (49) kök ucunda düşük hızda rond frez veya ultrasonik uç ile kavite hazırladıkları ve çatlak oluşumunu inceledikleri çalışmalarında, ultrasonik uç ile hazırlanan kavitelerde daha fazla çatlak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Abedi ve arkadaşları (254) benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Çalışmamızın SEM bulgularında çatlak oluşumunun, kaviteleri frez kullanılarak açılan köklerde, ultrasonik kullanılan köklere göre daha fazla olduğu görülmüştür. Çalışmamızın tersine olan bu bulgular, kullanılan cihazların ve güç ayarlarının farklılıkları ile ilgili olabilir.

Waplington ve arkadaşları (267) güçlü ultrasonik uç veya frez ile hazırlanan kök ucu kavitelerinde oluşan çatlak sayıları arasında anlamlı bir farklılığın olmadığını, ancak ultrasonik uç kullanılan gruplarda daha fazla çentik oluştuğunu bildirmişlerdir.

De Bruyne ve Moor (64) çekilmiş dişler ve kadavra dişlerinde kök ucu kavitelerini düşük ve orta güçte ultrasonik uç kullanarak hazırlamışlar ve çekilmiş dişlerde kadavra dişlerine göre daha fazla çatlak ve çentik oluştuğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kadavra dişlerinde düşük ve orta güçte ultrasonik uç kullanımının çatlak sayısı ve çentik oluşumunu etkilemediği, ancak kadavralarda ortadan düşüğe doğru doz azaltıldığında çevre dokuların daha az zarar gördüğünü bildirmişlerdir. Calzonetti ve arkadaşları (265) ile Min ve arkadaşları (264) da kadavra üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında periodontal destek varlığında ultrasonik enerjinin çevre dokulara yayılarak diş tarafından daha az absorbe edileceğini belirtmişlerdir.

Bu bilgilerin doğrultusunda, çekilmiş dişlerin apikal kök yüzeyinde ultrasonik uç veya frez kullanılarak kök ucu kavitelerin hazırlandığı bu *ex-vivo* çalışmada hasta ağzında yapılan klinik uygulamalara göre daha fazla çatlak oluşturma riski söz konusudur. Ayrıca dişler çekilirken çatlak oluşma ihtimali de söz konusu olduğundan, çalışmaya başlamadan önce dişler çatlak varlığı açısından mikroskop altında incelenerek çatlak saptanan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir.

Çekilmiş dişler ve kadavralarda yapılan, ultrasonik uç ile tersine konik frezin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada dişler üç gruba ayrılıp, kök ucu kaviteleri yüksek hızlı motor ve frez, düşük güçte ve paslanmaz çelik ultrasonik uç, yüksek güç ve paslanmaz çelik ultrasonik uç kullanılarak hazırlanmıştır (269). Kavitelerin epoksi rezin kopyaları oluşturulmuş ve SEM’de incelenmiştir. Kök ucunda çatlak oluşumu açısından fark bulunamamıştır. Kadavra dişlerinde ultrasonikle hazırlanan kavite kenarlarında çentik oluşumu açısından farklılık görülmezken, çekilmiş dişlerde daha fazla çentik görülmüştür. Ultrasoniğin güç ayarındaki değişikliğin çentik oluşumuna etki etmediği bildirilmiştir.

Beling ve arkadaşları (61) paslanmaz çelik ultrasonik uçlarla düşük güç ayarını kullanarak açtıkları kök ucu kavitelerinde intradental ve tamamlanmamış çatlaklar oluştuğunu bulmuşlardır. Ayrıca doldurulmuş veya doldurulmamış kanallarda çatlak oluşumu açısından kök ucu kavite preparasyonundan önce ve sonrasında önemli bir fark bulamamışlardır.

Engel ve Steiman (270), mikromotor, ultrasonik ve her ikisinin kombinasyonu (önce mikromotor sonra ultrasonik ünit) ile açılmış kök ucu kavitelerini; preparasyon boyutu, oluşan debris ve preparasyon süresi açısından karşılaştırmışlardır. Ultrasonik veya mikromotor ile kavite açıldığında geçen süre değişmezken, kombine teknikte bu süre daha uzun olmuştur. Kavite genişliği ultrasonik grupta en az iken kombine grupta en fazla bulunmuştur. Mikromotor kullanımının kök ucu kavitesinde daha fazla debris oluşumuna neden olduğunu, bu sonuçlar ışığında kök ucu kavitesi hazırlarken ultrasonik kullanımının özellikle isthmus içeren derin yivli kanallarda önemli avantajları bulunduğunu ve perforasyon riskini azalttığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler bu çalışma ile uyumludur. Ultrasonikler ile ortalama $2,5 \pm 0,5$ dakikada açılan kavite, frez ile 25 ± 5 saniyede tamamlanmıştır.

Khabbaz ve arkadaşlarının (271) rond frez, paslanmaz çelik ve elmas ultrasonik uç ile hazırlanan kök ucu kavitelerinde apikal kök yüzeyinde oluşan çatlakları değerlendirdikleri bir çalışmada, çatlak oluşumunun kullanılan ultrasonik uçların eğimi ve dizaynı ile değil uçların tipi ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Kök ucu rezeksiyonundan sonra çatlak oluşmazken, düz paslanmaz çelik ultrasonik uçlar ve rond frezle açılan kaviteelerde birkaç tane küçük intradental çatlak görülmüştür.

Dentin debris rond frez kullanıldığında daha çok oluşurken, güta perka artışının ultrasonik ile hazırlanmış kaviteelerde daha çok olduğu görülmüştür. Ultrasonik ile hazırlanmış kaviteelerin daha merkezi ve minimal invaziv olduğu bildirilmiştir. Ultrasonik uçlarda, elmas kaplı olanların kesme etkinliği fazla ve çatlak oluşturma etkinliği az olduğundan çelik olanlara göre avantajlı bulunmuştur. Ayrıca ultrasonik uçlarla 2,5-3 mm derinliğinde kavite hazırlanabildiği ve bu derinliğin apikal tıkama sağlamada yeterli olduğu da rapor edilmiştir (59).

Kök kanal dolgusu ve kalan dentin kalınlığının da çatlak oluşumunu etkileyebileceği bildirilmiştir (254). Bu nedenle çalışmamızda kök kanalları standart

koşullar altında genişletildi ve kök ucu kaviteleri orta güçte çalışan bir ultrasonik cihaz kullanılarak hazırlandı.

Özetle; kök ucu kavitesinin hazırlanması sonrasında çatlak oluşumu kullanılan güç cihazı, hız, ucun tipi gibi faktörlere bağlı olarak kökün dış çeperinde (sementte), dentinde veya kanalın içinde gözlenir ve bu konuyu inceleyen çalışmaların birçoğunda oluşan çatlakların özellikle sement bölgesinde gözlendiği bildirilmiştir (261-263).

Literatürde kullanılan aletlerin smear tabaka üzerine etkisi ve smear tabakası ile kök ucu dolgu materyalleri arasındaki ilişki de pek çok çalışmada incelenmiştir (48,239,258-260,272-277). Ultrasonik uçların kesme ve temizleme etkinliğinin tanımlandığı çalışmalarda frezlere kıyasla daha az smear tabakası oluşumuna neden olduğu gösterilmiştir (48,239,258-260). Geleneksel frez ile hazırlanan kavitelerde dentin yüzeyinde oluşan smear tabakasının dentin ve retrograd dolgu maddesi arasındaki bağlanmayı etkileyeceği, bu nedenle de smear tabakanın uzaklaştırılması gerektiği kabul edilmektedir. Ultrasonik uç kullanımı, kavite yüzeyine asit uygulaması gibi yöntemler smear tabakasını uzaklaştırmak amacıyla kullanılan yöntemlerdendir. Bununla birlikte bazı araştırmalarda smear tabakanın tamamen uzaklaştırılmasının daha kuvvetli bir bağlanma sağlayacağı anlamına gelmediği bildirilmiştir (239).

Gutmann ve arkadaşları (48) kök ucu kavitesi yüzeyindeki debris ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında ultrasonik uç, frez ve frez + asit uygulamasının etkilerini inceledikleri çalışmada, ultrasonik ucun en az debris oluşumuna sebep olduğu, smear tabakayı ise en iyi frez + asit uygulaması ile uzaklaştırılabildiğini bildirmişlerdir.

Gorman ve arkadaşları (258) ise frez, ultrasonik uç veya frez + ultrasonik uç ile hazırladıkları kök ucu kavite yüzeyinde smear tabakayı en iyi ultrasonik uçların uzaklaştırdığını ve en az debris oluşumunun da frez + ultrasonik uç uygulaması ile elde edildiğini, ayrıca yüzey düzgünlüğü açısından gruplar arasında fark olmadığını da belirtmişlerdir.

Dentin yüzeyine asit uygulamasının smear tabakayı kaldırmada etkili bir strateji olduğu gösterilmiştir. Bunun yanısıra mineralize yapıya sahip peritübüler

dentinin demineralizasyonu sonucu dentin tübüllerinin açıldığı, dentinin geçirgenliğinin arttığı, minerallerin çözünmesine bağlı olarak kollajen fibrillerin açığa çıktığı ve intertübüler dentinin mikropörözitesinin arttığı belirtilmektedir (278,279). %35'lik fosforik asitin 15 saniye uygulanması ve 1 dakika yıkanması sonucu smear tabakasını %24'lük EDTA'dan daha iyi kaldırdığı belirtilmiştir (279). Bu nedenle çalışmamızda kök ucu kavitesi hazırlandıktan sonra kavitelere 15'er saniye %35'lik fosforik asit uygulandı ve ardından 1'er dakika distile su ile yıkama yapıldı.

Kök ucu dolgusu ve mikrosızıntının değerlendirilmesi

Apikal tıkama, apikal cerrahi tedavisinin prognozunu etkileyen en önemli faktördür. İdeal bir kök ucu dolgu materyalinin apikal kök ucunu üç boyutlu olarak tıkaması, periapikal dokularla uyumlu olması, diş yapıları ve periapikal dokuları renklendirmemesi, diş yapılarına bağlanması beklenir. Bu özellikler sağlanabilirse apikal tıkama işlemi ile sıvı ve bakteri geçişi sızdırmaz şekilde önlenebilir ve periradiküler dokuların onarım ve rejenerasyonu sağlanabilir. Apikal tıkama için çok çeşitli materyaller kullanılsa da ideal özelliklerin hepsini taşıyan bir materyal günümüzde bulunmamaktadır. Kök ucu dolgu materyallerinin tıkama etkinliğini, biyouyumluluğunu inceleyen ve materyalleri birbiri ile karşılaştıran *in-vivo* ve *in-vitro* çalışmaların birçoğunda kök ucu dolgu materyallerinin tıkama etkinlikleri apikal sızıntı metodları ile değerlendirilmiştir (94,280-290).

Torabinejad ve arkadaşları (233) kök ucunda hazırlanan kaviteyi tıkamak amacıyla MTA, Super-EBA, amalgam ve IRM kullandıkları çalışmada en az bakteriyel sızıntının MTA ile doldurulan kavitelere gözlendiğini belirtmişlerdir.

Adamo ve arkadaşları (74) fissür frez ile 90 derecelik kesim açısı ile kestikleri kök ucuna piezoelektrik enerjiyle çalışan ultrasonik uç kullanarak hazırladıkları 3 mm derinliğindeki kaviteyi MTA, Super-EBA, amalgam ve adeziv rezin + kompozit rezin ile doldurmuşlar ve apikal sızıntıyı bakteri sızıntı metodu ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda kullanılan materyaller arasında anlamlı fark bulamamışlardır.

Pereira ve arkadaşlarının (75) 45 derecelik kesim açısı ve 3 mm derinliğinde hazırladıkları kök ucu kaviteyi MTA, Super-EBA, Vitremer ve amalgam ile doldurdukları çalışmanın sonucunda, en fazla boya sızıntısının amalgam ile doldurulan

örneklerde, en az boya sızıntısının ise MTA'nın kullanıldığı örneklerde gözlendiğini bildirmişlerdir.

Karlovic ve arkadaşları (52) 90 derecelik açı ile kestikleri kök uçlarına Er:YAG lazer veya ultrasonik uç ile 3 mm derinliğinde retrograd kaviterler hazırlamışlar. Daha sonra bu kaviterleri MTA, IRM ve Super-EBA ile tıkamışlar ve apikal sızıntı oluşumunu sıvı filtrasyon metodu ile değerlendirmişlerdir. Sonuçta kök ucu kaviterlerinin hazırlanmasında Er:YAG lazer veya ultrasonik uç kullanımının apikal sızıntı üzerine etkisinin olduğu, Er:YAG lazer ile hazırlanmış kök ucu kaviterlerde incelenen tüm materyallerin daha az sızıntı gösterdiği ve en iyi tıkamanın MTA ile doldurulan kaviterlerde gözlendiği, ultrasonik uç ile hazırlanan gruplarda ise materyallerin sızıntısı arasında anlamlı fark olmadığını bildirmişlerdir. Bunun nedenini Er:YAG lazerin smear tabakayı uzaklaştırıp tübüleri açmasının yanı sıra düzensiz girintili çıkıntılı bir yüzey oluşturarak materyalin bu yüzeye bağlantısının artmasına bağlamışlardır.

Glikoz penetrasyon testini geliştiren Xu ve arkadaşları (163) Pulp Canal Sealer EWT, AH Plus ve Sealapex kanal dolgu patlarının sızıntısını değerlendirmişlerdir. Keçeci ve arkadaşları (198) glikoz penetrasyon testini sıvı filtrasyon testine göre daha hassas bulmuşlardır. Retrograd kavite dolgularının incelenmesinde bu testi ilk kez Leal ve arkadaşları (115) kullanmışlardır.

Metilen mavisinin marjinal kapama çalışmalarında kullanımına boyanın renginin değişmesini arttıran alkali materyaller ile uyumlu olmadığı için kuşkuyla bakılmıştır (291,292). Kalsiyum oksit MTA'nın yapısında bulunan bir bileşendir. Kalsiyum oksit su ile karıştığında pH'nın artmasına neden olan kalsiyum hidroksiti oluşturmaktadır (293). Bu nedenle metilen mavisi ile etkileşen yüzeylerde renk değişimi olabilir.

Filho ve arkadaşları (294) çalışmalarında açmış oldukları kök ucu kaviterlerini MTA ve çinko oksit öjenol simanla doldurup dişleri iki gruba ayırmışlar. Kök ucu dolgularının sızıntılarını bir grupta %2'lik metilen mavisi ile diğer grubunkini de %0,2'lik rhodamine B ile değerlendirerek farklı boya solüsyonlarının sızıntı üzerine etkisini incelemişler. Sonuç olarak MTA'nın metilen mavisi ile değerlendirildiğinde çinko oksit öjenol simandan daha iyi kapama yeteneği olduğu görülürken, rhodamine

B ile değerlendirildiğinde iki materyalin benzer kapama kabiliyeti gösterdiğini bulmuşlardır. En az sızıntı metilen mavisi ile incelenen MTA grubunda görülmüştür.

Sutumuntanakul ve arkadaşları (295) çekilmiş dişlerde ultrasonik retro-uç ile hazırladıkları kaviteleri farklı materyallerle doldurduktan sonra, dişleri yedi gün boyunca Hint mürekkebinde bekleterek boya sızıntılarını değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda Super-EBA'nın amalgam ve kavite cilası, amalgam ve Clearfil Liner Bond II, ısıtılmış güta perka ve pat kombinasyonları ve Ketac-fil'den daha az sızıntı gösterdiğini bulmuşlardır.

Fogel ve Peikoff (296) IRM, amalgam, Clearfil Liner Bond2, MTA ve Super-EBA kök ucu dolgularının sızıntısını sıvı filtrasyon yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Amalgam; MTA, Super-EBA ve Clearfil Liner Bond2'den daha fazla sızıntı gösterirken, IRM ile arasında bir fark bulunmamıştır. MTA, Super-EBA ve Clearfil Liner Bond2 arasında istatistiksel olarak fark görülmemiştir.

Kök ucu dolgu maddesi olarak kullanıldığında, MTA, çinkosuz amalgam, Super-EBA ve IRM'nin sızıntılarının karşılaştırıldığı bir çalışmanın sonucunda, bakteriyel sızıntı testinde *Serratia marcescens*'e karşı sızıntısı en iyi olan materyalin MTA olduğu bulunmuştur (297). Benzer bir çalışmayı Torabinejad ve arkadaşlar (298) da yapmışlar ve kök ucu dolgu materyali olarak kullandıkları IRM, Super-EBA, amalgam ve MTA'nın kapama kabiliyetlerini *Staphylococcus epidermidis* bakterisini kullanarak incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda da MTA diğer kök ucu dolgu maddelerinden daha iyi kapama kabiliyeti göstermiştir. Super-EBA, Geristore ve ProRoot MTA kök ucu dolgularının kapama kabiliyetleri arasında *Prevotella nigrescens* ile yapılan bakteriyel sızıntı testi sonucunda ise istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır (299).

Tang ve arkadaşları (300) ise IRM, Super-EBA, amalgam ve MTA kök ucu dolgularının sızıntısını endotoksin yöntemiyle 1, 2, 6 ve 12. haftalarda değerlendirmişlerdir. MTA 1, 2, 6 ve 12. haftalarda da IRM ve amalgamdan daha az sızıntı göstermiştir. Super-EBA 2. ve 12. haftalarda MTA'dan daha fazla sızıntı oluştururken 1. ve 6. haftalarda iki materyal arasında fark bulunmamıştır. Test süresi boyunca Super-EBA, IRM ve amalgam arasında sızıntı açısından fark görülmemiştir.

O'Connor ve arkadaşları (301), amalgamın ve Super-EBA'nın iki farklı kök ucu kavite preparasyonu ile sızıntılarını incelemişlerdir. 70 adet çekilmiş insan dişini genişletip, iyi doldurulmamış dişi taklit etmek için pat kullanmadan lateral kondansasyon tekniğiyle doldurmuşlardır. Dişleri 17 diş içeren dört gruba ayırmışlardır. Grup 1 ve 2'de ki dişlerin kök-uçlarını dişin uzun aksına dik olacak şekilde kesip, ultrasonik uç ile 3 mm derinliğinde kavite oluşturmuşlardır. Grup 3 ve 4'de ki dişlerin kök-uçlarını 45 derece açı ile kesip, 3 mm derinliğinde kök ucu kavitesini rond frezle mikromotor kullanarak açmışlardır. Kök ucu dolgu maddesi olarak grup 1 ve 3'de Super-EBA, grup 2 ve 4'de kavite cilasası ve amalgam kullanmışlar ve 4 ay sonra bütün dişleri 2 hafta boyunca %1'lik metilen mavisi solüsyonunda bekletmişlerdir. Dişleri dikey olarak ikiye ayırıp, oluşan boya sızıntısını altı kat büyütme ile stereomikroskopta incelemişlerdir. Sonuç olarak Super-EBA'nın amalgam ve kavite cilasından daha az sızıntı gösterdiğini, ultrasonik teknikle daha az sızıntı oluşmasına rağmen bunun istatistiksel olarak anlamsız olduğunu bulmuşlardır.

Taschieri ve arkadaşları (302) 30 adet çekilmiş tek köklü insan dişinin kök kanallarını genişlettikten sonra kor-taşıyıcılı dolgu tekniği ile doldurmuşlardır. Dişleri daha sonra üç gruba ayırıp birinci gruba hiçbir işlem yapmamışlar, ikinci grubun kök-uçlarını dişin uzun aksına dik olacak şekilde kesmişler, üçüncü grupta dişlerin kök ucunu kesip elmas kaplı ultrasonik retro-uç ile hazırladıkları kaviteyi Super-EBA ile doldurmuşlardır. Distile su yerine metilen mavisi solüsyonunu 0,12 atm. basınç ile uygulayarak kök uçlarının sızıntısını hem sıvı filtrasyon hem de boya sızıntısı yöntemiyle incelemişlerdir. Sıvı filtrasyon yönteminde gruplar arasında fark bulunmazken, boya sızıntısı yöntemine göre apikali kesilen grupta kök ucu dolgusu bulunan gruptan istatistiksel olarak daha fazla sızıntı oluştuğunu bulmuşlardır. İki sızıntı yönteminde sonucun farklı çıkmasının nedeninin; yöntemlerin farklı olmasından ve sıvı filtrasyon yönteminin cul-de-sacs tipi küçük boşlukları belirleyemediğinden dolayı olabileceği bildirilmiştir.

Chailertvanitkul ve arkadaşları (303) çekilmiş insan dişlerinde iki çeşit kök ucu kavite preparasyonunu takiben Super-EBA kök ucu dolgusunun sızıntısını değerlendirmişlerdir. Dişlerin kök uçları kesildikten sonra, 3 mm derinliğindeki kök ucu kaviteyi birinci grupta rond frezle, ikinci grupta ise ultrasonik uç ile hazırlamışlardır. Super-EBA simanı kök ucu kavitelerine yerleştirip, bakteri sızıntı

yöntemi ile sızıntısını incelemişlerdir. 90 gün sonra ultrasonik grubun daha az sızıntı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Rosales-Leal ve arkadaşları (237) kavite preparasyon tekniğinin kök ucu dolgu maddelerinin marjinal uyum ve mikro sızıntı üzerine etkisini incelemişlerdir. 120 adet tek köklü anterior dişe kanal tedavisi uyguladıktan sonra kök uçlarını 90 derece açı ile kesmişler ve dişleri iki eşit gruba ayırmışlardır. Birinci grubun kök ucu kavitelerini konik mikro frez ile açarken ikinci grubun kavitelerini elmas kaplı ultrasonik retro-uç ile açmışlardır. Her grubu kendi içinde 6 alt gruba ayırıp kök ucu dolgusu için amalgam, IRM, Vitrebond, kompomer, kompozit ve MTA kullanmışlardır. 24 saat sonra bazik fuksin ile boya sızıntısını, daha sonra da SEM ile marjinal uyumlarını karşılaştırmışlardır. Kavite preparasyon tipinin sızıntı açısından önemli olduğunu, amalgam, kompomer ve Vitrebond'un kapama kabiliyetinin ultrasonik uç ile hazırlanan kavitelerde daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Amalgam, IRM, Vitrebond ve kompomer kök ucu dolguları ile dentin arasındaki boşluk ultrasonik uç kullanılan kavitelerde daha az bulunurken, en geniş boşluk IRM kullanıldığında meydana gelmiştir. Kompozit ve MTA hem en az sızıntı değerini hem de en iyi marjinal uyumu göstermiştir. Sızıntı ve marjinal adaptasyon sonuçları arasında korelasyon olduğunu bulmuşlardır.

Endodontik sızıntının değerlendirilmesinde radyoizotoplar (176), boya sızıntısı (304), bakteriyel penetrasyon (305), elektrokimyasal testler (306), sıvı filtrasyon (189) ve glikoz penetrasyon metodu (163) gibi birçok *in-vitro* metod kullanılmıştır. Boya sızıntı metodu ile birçok farklı sonuç oluşmakta ve bu metodun tekrarlanması ve karşılaştırılması zordur (163,166). Bakteriyel penetrasyon metodunda deney sırasında aseptik ortamın sağlanması oldukça zordur ve değerlendirilen materyallerin antibakteriyel etkinliği test sonuçlarını değiştirebilir. Sıvı filtrasyon metodunda ise bir standardizasyon yoktur. Değerlendirme süresi, uygulanan basınç, baloncuğun çapı ve uzunluğu sonuçları etkilemektedir (163). Bu nedenlerden dolayı bu çalışmamızda enzimatik bir reaksiyon ile nicel bir ölçüm sağlayan glikoz penetrasyon testi kullanılmıştır.

Shemesh ve arkadaşları (307) yaptıkları çalışmada glikoz sızıntı testi esnasında, Portland simanı, MTA, Ca(OH)₂ ve Sealer 26'nın glikoz konsantrasyonunu

azalttığını bulmuşlar ve glikoz solüsyonunun kalsiyum hidroksit içeren materyallerle reaksiyona girdiğini bildirmişlerdir. Buna karşın glikoz penetrasyon testini kalsiyum hidroksit içeren materyallerle kullanan birçok çalışma bulunmaktadır.

Zou ve arkadaşları (308) çalışmalarında MTA ve glikoz arasında herhangi bir reaksiyon bulmadıklarını, oluşabilecek reaksiyonun glikoz konsantrasyonu, değerlendirilen maddenin hacmi ve çözünürlüğü ile alakalı olduğunu belirtmişlerdir.

Bailón-Sánchez ve arkadaşları (309) da Cavit G, Tetric EvoFlow ve ProRoot MTA'nın sızıntılarını glikoz penetrasyon testi ile değerlendirmişler ve glikoz ile MTA'nın herhangi bir etkileşime girmediğini bildirmişlerdir.

Leal ve arkadaşları (115) glikoz penetrasyon yöntemi ile Ceramicrete, Bioaggregate ve beyaz MTA kök ucu dolgularının kapatma yeteneği karşılaştırdıkları araştırmalarında yapmış oldukları pilot çalışma sonucunda kalsiyum hidroksit içeren dolgu materyallerinin glikoz konsantrasyonunu 24 saat içerisinde önemli derecede düşürdüğünü rapor ederek Shemesh ve arkadaşlarını (307) desteklemişlerdir. Pilot çalışmalarından elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda glikozun 30, 60 ve 120 dakika kalsiyum hidroksite maruz bırakılmasında herhangi bir konsantrasyon düşüşünün olmadığını belirtmişler ve 60 dakikalık teması güvenli sınır olarak bildirmişlerdir. Ayrıca bu araştırmacılar, Shemesh ve ark.'nın (307) çalışmasında glikoz daha geniş disklerle temasta iken retrograd dolgularda oldukça küçük temas yüzeylerinin bulunmasından dolayı 2 saate kadar anlamlı bir glikoz redüksiyonu ortaya çıkmayacağını belirtmişlerdir.

Leal ve arkadaşları (115) kalsiyum içerikli dolgu maddelerinin güvenli bir şekilde glikoz sızıntı testi ile değerlendirilebilmesi için Xu ve arkadaşlarının (163) tanımlamış olduğu glikoz sızıntı modelini modifiye etmişlerdir. Basıncı bir düzenek hazırlayarak örnekleri 60 dakika boyunca 103 kPa'lık bir basınca maruz bırakmışlardır. Bu sayede, glikoz uzun süre kalsiyum hidroksit ile temas etmediği için herhangi bir konsantrasyon azalması gözlenmemiştir. Standart glikoz sızıntı modelinde örnekler üzerine 15 kPa basınç uygulanmaktadır. Leal ve arkadaşlarının düzenğinde (115) örneklere 103 kPa basınç uygulanarak deney süresi günler, haftalar hatta aylardan dakikalara indirilmiştir. Bu modifikasyon sayesinde kalsiyum hidroksit içeren herhangi bir dolgu maddesi glikoz sızıntı testi ile inceleneceğinde deney

sonuçları daha güvenilir veriler vermekte ve deney süresi önemli derecede kısalmaktadır. Ayrıca, Dee-Ge ve ark. (310) kanal patlarını 120 kPa sıvı basıncına maruz bırakarak makaslama kuvveti uyguladıklarında basınç uygulanmayan kontrol grubuna göre farklılık saptamamışlar ve bunun sızıntı değerlerini etkilemeyeceğini ortaya koymuşlardır. Bu nedenle Leal ve ark. 103 kPa sıvı basıncının kök ucu dolgularının bütünlüğünü bozmayacağını ileri sürmüşlerdir.

Elde ettiğimiz bu bilgiler doğrultusunda biz de çalışmamızda Leal ve arkadaşlarının (115) geliştirdikleri basınçlı glikoz sızıntı testi düzeneğini hazırladık ve örnekleri 60'ar dakika boyunca 103 kPa basınca maruz bıraktık. Deney sırasında aşırı (gözle izlenebilecek kadar hızlı) sızıntı gösteren modelleri (tüplerin bağlantı noktalarındaki sızıntı nedeniyle) çıkarıp yerine yenilerini ekleyerek örnek sayılarında değişim olmasını önledik. Bu sayede her gruptaki örnek sayısı deney sonunda da eşit olarak kalmasını ve istatistiksel karşılaştırmalarda daha objektif sonuçlar alınmasını amaçladık. Elde edilen bulguları karşılaştırmak yöntem farklılıkları ve bu konuda sınırlı çalışma bulunması nedeniyle zordur. Leal ve arkadaşlarının (115) çalışmasında hazırlanan örneklerin diş grubu, apikal boyutu, kök kanal boyu rezeksiyon boyutu, kavite boyutları ve ultrasonik uç kullanımı bizim çalışmamızla benzerdir. BioAggregate grubunda 0,85-2,85 g/L arasında (ortalama 1,5±1,1g/L) glikoz sızıntı miktarı elde edilen bu çalışmadan daha az sızıntı saptadık (1,12-1,56 g/L arasında ve ortalama 1,35 g/L). MTA grubunda ise Leal ve arkadaşları (115) 0,1-2,3 g/L arasında (ortalama 1,2 g/L) değerler ile çalışmamızdaki değerlerden (1,03-1,46 g/L arasında, ortalama 1,35 g/L) daha az sızıntı tespit etmişlerdir. Bu farklılık çalışmamızda yöntemdeki döner alet kullanma ve asit uygulama gibi farklılıklardan kaynaklanabilir.

Sarkar ve ark. (311) MTA'nın sentetik doku sıvılarına karşı sızdırmazlık başarısını ilk aşamada mekanik bir bariyer oluşturmasına ve ikinci aşamada hidroksiapatit kristalleri sayesinde dentinle kimyasal adezyon yapabilmesine bağlamışlardır. Leal ve ark. da bioseramik esaslı retrograd dolgu maddelerinin (Ceramicrate ve BioAggregate) en az MTA kadar başarı göstermesini hidroksiapatit içeriğine bağlamışlardır.

Kök ucu dolgusu ve bağlanma dayanımının değerlendirilmesi

Bağlanma dayanımı testleri, endodontik materyaller ve diş arasındaki adezyonun değerlendirilmesinde kullanılmakla birlikte hangi yöntemin tercih edilmesi gerektiği konusunda tartışmalar sürmektedir (312). Kanal dolgu patlarının kök kanal dentiniyle olan adezyonunun incelenmesinde çekme ve makaslama testleri uygulanmaktadır (199,313). Post simantasyonunda kullanılan rezin simanlar için de mikrotensile testi kullanılmaktadır (209,216). Makaslama ve gerilme test düzeneklerinde incelenebilecek olan yüzey sayısı '1' olduğundan C-faktör 0,2 değerlerindedir. Push-out itme test yönteminde ise yüzey sayısı klinik şartları taklit edebildiği için 1,7 civarındadır. Push-out itme testi klinik koşullarda ortaya çıkan stresi taklit edebilmektedir (314). Ayrıca makaslama ve gerilme test yöntemlerinde dolgu materyallerinin büzülmesi veya genişmesi bağlanma dayanımında etkili olamamaktadır. Push-out itme test yönteminde ise bu faktörler de göz önünde bulundurulabilmektedir. Push-out itme testinin özellikle fiber postların kök dentinine bağlanmasının ölçülmesinde konvansiyonel veya modifiye mikro gerilme (microtensile) testlerine göre daha doğru ve güvenilir bir teknik olduğu belirtilmektedir (220,315). Kompozit rezinlerin ve diğer dental restoratif materyallerin bağlanma dayanımlarının belirlenmesinde de push-out itme test yöntemi kullanılmaktadır (316,317). Push-out itme testi makaslama stresi esasına dayanmaktadır (318).

Push-out itme testinin, hazırlanan örnekler arasındaki ufak farklılıklara ve kuvvet uygulanırken stres dağılımındaki varyasyonlara karşı daha az hassas olması, örneklerin hazırlanmasının kolay olması ve bağlanma dayanımı düşük olan materyallerin de ölçümlerinin yapılabilmesi nedeniyle avantajlı olduğu bilinmektedir (222,319). Belirtilen avantajlarından dolayı biz de çalışmamızda, push-out bağlanma dayanımı testini tercih ettik.

Alsubait ve arkadaşları (320) bizimle aynı materyalleri karşılaştırdıkları push-out çalışmasında, en düşük bağlanma değerlerini yüksekte düşüğe sırasıyla MTA ($23,26 \pm 5,49$ MPa), Biodentine ($21,86 \pm 6,9$ MPa) ve BioAggregate ($9,57 \pm 3,45$ MPa) olarak bulurken bizim çalışmamızda bu sıralama ve değerler oldukça farklı (MTA $7,50 \pm 0,89$ MPa, BioAggregate $7,73 \pm 0,91$ MPa ve Biodentine $7,63 \pm 0,89$ MPa)

bulunmuştur ve bulgulara göre MTA ile Biodentine'in bağlanma dayanımı BioAggregate'tan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise dolgu materyalleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu farklılıklar; Alsubait ve arkadaşlarının çalışmasında (320) kavite preperasyonunun Gates glidden frezleriyle yapılması, dentin disk kalınlığının 2 mm olması, dentin disklerinin orta üçlünden elde edilmesi ve kuvvet uygulayan ucun çapının 1,2 mm olması gibi farklılıklara bağlanabilir.

Shokouhinejad ve ark., (321) MTA ve NEC (New Endodontic Cement)'in push-out bağlanma dayanımlarını farklı kavite preparasyon teknikleri uygulayarak karşılaştırmışlardır. Ultrasonik uç kullandıkları gruplarda, Er,Cr:YSGG lazer kullanılan gruplara göre anlamlı derecede daha yüksek bağlanma dayanımı tespit etmişlerdir. MTA+Ultrasonik uç grubunda bağlanma dayanımı değerlerini $7,77 \pm 1,34$ MPa olarak ölçmüşlerdir. Dentin disk kalınlıklarını 2 mm olacak şekilde hazırlamış olmalarına rağmen elde ettikleri bulgular bizim MTA+Ultrasonik uç grubumuzla oldukça benzerdir. Bu durum, kök ucu kavitelerinden smear tabakasını uzaklaştırmadıkları ve kuvvet uygulayan uç çapının 0,7 mm olacak şekilde ayarlandığı için olabilir.

Amoroso-Silva ve ark., (321) Sealer 26, MBPc, MTA ve portland simanının farklı formlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında; en iyi bağlanma dayanımı sonuçlarını MBPc'nin ($42,93 \pm 18,18$ Mpa); en düşük dayanımı ise portland simanının ($17,73 \pm 9,83$ Mpa) verdiğini bildirmişlerdir. MTA, Sealer 26 ve MBPc arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır. MTA için bağlanma dayanımı değerlerini $25,35 \pm 9,44$ MPa olarak tespit etmişlerdir. Test bulgularının bizim çalışmamızdan daha yüksek sonuçlar vermesinin nedeni; dentin disklerinin 2 mm kalınlığında hazırlanması ve kuvvet uygulayan uç çapının 1 mm olmasından kaynaklı olabilir.

Adl ve ark., (322) MTA ve CEM (Calcium Enriched Mixture)'i karşılaştırdıkları çalışmalarında push-out bağlanma dayanımı değerlerini sırasıyla $5,94 \pm 3,99$ ve $1,68 \pm 0,9$ MPa olarak bulmuşlardır. MTA'nın anlamlı derecede daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. MTA'nın push-out bağlanma dayanımı değerleri bizim çalışmamızdaki bulgular ile benzerdir.

Formosa ve ark., (323) 4 farklı MTA formülasyonunu (MTA+su, MTA+antiwashout jel, MTA+Superbond C&B ve MTA+Heliobond) karşılaştırmışlar ve en iyi bağlanma dayanımını MTA+Heliobond grubunun verdiğini bildirmişlerdir fakat gruplar arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır.

Marques ve ark., (324) Super-EBA ve MTA'nın push-out bağlanma dayanımlarını farklı bir yöntem ile karşılaştırmışlardır. Dentin diski oluşturup dolgu materyaline kuvvet uygulamak yerine kök ucu kavitesi içerisindeki dolgunun tamamını push-out kuvvetlerine mağruz bırakmışlardır. Super-EBA ($6,03 \pm 1,31$ MPa), MTA ($1,81 \pm 0,45$ MPa)'ya göre daha iyi bağlanma dayanımı göstermiştir ($p>0,05$). MTA'nın bağlanma dayanımı değerleri çalışmamızla farklılık göstermektedir. Bu durum yöntemler arasındaki farklılıklardan kaynaklanabilir.

Tablo 8'de retrograd dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını inceleyen çalışmalar ve sonuçları verilmiştir.

Tablo 8. Retrograd dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını inceleyen çalışmalar ve sonuçları

Yazar, yıl	Kullanılan materyaller	Test yöntemi - Parametre	Sonuç
Miles ve ark., 1994	Prisma Universal Bond 3, Scotchbond MultiPurpose Dental Adhesive, Amalgambond, All Bond 2	Push-out – Adeziv sistemlerin kan kontaminasyonu veya kontaminasyonu olmadan uygulanması ve Prisma APH light-cured kompozit yerleştirilmesi	Kontaminasyon varlığında Amalgambond grubu en iyi dayanımı göstermiştir.
Shokouhinejad ve ark., 2010	MTA, New Endodontic Cement (NEC)	Push-out - Kavite preperasyonunda ultrasonik (US) veya Er,Cr:YSGG lazer kullanımı	US kullanılan gruplar anlamlı derecede daha iyi dayanım göstermiştir. Materyaller arasında ise bir fark bulunamamıştır.
Amoroso-Silva ve ark., 2014	Sealer 26, MBPc, MTA, Portland simanı (%20 zirkonyum oksit içerikli - PC/ZO), Portland simanı (%20 kalsiyum tungstat içerikli - PC/CT)	Push-out	PC/ZO grubu S26, MBPc ve MTA gruplarına göre anlamlı derecede düşük dayanım göstermiştir. MBPc grubu en yüksek dayanım değerlerini vermiştir.
Adl ve ark., 2014	MTA, CEM (Calcium Enriched Mixture)	Push-out	CEM grubu MTA grubuna göre anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı göstermiştir.
Sobnamayan ve ark., 2014	CEM (Calcium Enriched Mixture)	Push-out - Örneklerin sentetik doku sıvısı (pH 7,4) ya da bitirlik asit (pH 4,4-5,4-6,4) ile muamele edilmesi	En iyi bağlanma dayanımı pH 6,4'te görülmüştür.
Formosa ve ark., 2014	4 farklı MTA formülasyonu (MTA+su, MTA+antiwashout jel, MTA+Superbond C&B, MTA+Heliobond)	Push-out	Gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.
Alsubait ve ark., 2014	MTA, BioAggregate, Biodentine	Push-out	MTA ve Biodentine'in bağlanma dayanımı BioAggregate'tan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.
Marques ve ark., 2015	MTA, Super-EBA	Push-out	Super-EBA grubu MTA grubundan anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir.

Büyütmenin endodontik başarıya etkisi

Periapikal cerrahi geleneksel ve modern olmak üzere iki farklı prosedürle gerçekleştirilebilir: Geleneksel endodontik cerrahi işlemde, osteotomi ve kök ucu rezeksiyonu, soğutma altında frezlerle birlikte kullanılan düşük hızlı ve düz yapıda bir angldrüva (handpiece) ile gerçekleştirilmektedir (327,328). Kök ucu kavitesinin hazırlanmasında ve dolgusunun yapılmasında görüş ve manipülasyonu kolaylaştırmak için 45 derecelik bir açıyla kök ucu rezeksiyonu yapılmakta ve kavite amalgam ile doldurulmaktadır (327). Modern endodontik cerrahi prosedürü ise, açılı ultrasonik uçlarla, sıfıra yakın bir açı ile daha hassas bir şekilde kök ucu rezeksiyonu yapmaya olanak sağlamak ve Etoksibenzoat siman, MTA gibi dolgu maddeleri kullanılmaktadır (327). Günümüzde ise mikrocerrahide, osteotomi ve kök ucu hazırlığı sırasında büyütme cihazları (dental büyüteç, dental operasyon mikroskobu ya da endoskop) mikroaynalar, mikrofrezler ya da ultrasonik uçlar kullanılmaktadır. Böylece diş dokusunu korumaya yönelik gelişmelerde önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Kök ucu dolgu maddeleri de gelişmeye devam etmektedir.

DOM kullanılarak yapılan endodontik cerrahi işlemlerde iyileştirilmiş yumuşak ve sert doku girişimleri ile rejeneratif kök ucu dolgu materyalleri kullanımı sayesinde hızlı yara kapanması söz konusudur (43,329-331).

Endodontik tedavide büyütmenin etkisi bilindiği halde bu konuda yapılmış çalışmaların sayısı azdır. Dental büyüteç, endoskop ve DOM kullanımı cerrahi prosedürlerin uygulanmasını kolaylaştırmış (43,242,332) ve başarıyı (333-337) arttırmıştır. Retrograd kavite hazırlanmasında ve doldurulmasında DOM kullanılan *ex-vivo* ve klinik kontrollü çalışma sayısı sınırlıdır (67,68,337-339).

Torabinejad ve ark. (340) büyütmenin başarıda kümülatif bir etkisinin olmadığını söylerken, 2003 yılında von Arx ve ark. (341) endoskop kullanımının başarı oranını çıplak gözle yapılan tedavilere göre %75,4'ten %88,9'a çıkardığını ancak istatistiksel fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Setzer bu durumu ilgili çalışmadaki örnek sayısının azlığına bağlamıştır ve birçok çalışmanın sonuçlarının değerlendirildiği meta-analizde yüksek büyütmenin başarı oranını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttırdığını göstermiştir. Özellikle molar dişlerdeki isthmus ve ekstra

kanalların oranı premolar ve keserlere göre daha fazla olduğundan dental mikroskop kullanımını bu dişlerdeki tedavi başarısında anlamlı fark yaratmıştır (335) (**Tablo 9**).

Setzer ve ark. yaptıkları meta-analiz sonucunda apikal cerrahide başarı oranlarını; büyütme olmadan geleneksel yöntemler uygulandığında %59, büyütme altında modern yöntemler uygulandığında ise %94 olarak bildirmişlerdir (336).

Setzer ve ark. meta-analizlerinin devamı olan diğer çalışmalarında başarı oranlarını gözle veya dental büyüteç ile yapılan işlemlerde %88; dental mikroskop ya da endoskop kullanımında ise %94 olarak rapor etmişlerdir (335) (**Tablo 10**).

Slaton ve arkadaşları, yüksek büyütmenin isthmus ve aksesuar kanalların bulunmasını, iatrojenik komplikasyonlarla (alet kırıkları, kanal tıkanmaları) başa çıkılmasının kolaylaştırdığını, dentin çatlaklarının boyanarak gözlenmesinin sağlandığını ortaya koymuşlardır (342).

Levenson, 14 çalışmayı inceleyerek yaptığı meta analizde, endodontik mikrocerrahi başarı oranının (%94) geleneksel kök ucu cerrahisindeki başarı oranına (%88) göre anlamlı derecede yüksek olduğunu belirtmiştir (343).

Tortorici ve arkadaşları, 843 hastada 938 diş geleneksel veya modern teknikler ile apikal cerrahi işlemi uygulamışlardır. Geleneksel yöntemde kök ucu rezeksiyonunu, düşük devirli angldurva ile 45 derecelik bir kesim açısıyla tamamlamışlardır. Kök ucu kavite preparasyonlarını da frez kullanarak yapmışlar ve dolgu materyali olarak amalgamı tercih etmişlerdir. Modern yöntemde ise kök ucu rezeksiyonunu DOM ile büyütme altında düşük devirli angldrüva ile 90 derecelik açıyla gerçekleştirmişlerdir. Kök ucu kavite hazırlığını ultrasonik uçlar ile tamamlamışlar ve kök ucu dolgu materyali olarak MTA kullanmışlardır. 1 yıllık takip sonucunda başarı oranlarını geleneksel yöntem için %67; modern yöntem için ise %94 olarak bildirmişlerdir. Araştırmacılar cinsiyet, diş tipi ve yaş açısından anlamlı olmayan ancak modern ve geleneksel yöntem açısından istatistiksel olarak 5 kat daha fazla olan bir başarı oranı rapor etmişlerdir (344).

Tablo 9. GKC (Geleneksel Kök-ucu Cerrahisi), EMC (Endodontik Mikro Cerrahi)' de diş tipine göre başarı oranları (335)

Yazar, yıl	Yöntem	Örnek sayısı (n)	Molar dişler n/başarı	Molar dişlerdeki başarı (%)	Premolar dişler n/başarı	Premolar dişlerdeki başarı (%)	Anterior dişler n/başarı	Anterior dişlerdeki başarı (%)
de Lange ve ark., 2007	GKC	149	73/56	76,7	48/39	81,3	28/25	89,3
Taschieri ve ark., 2005	GKC	46	6/6	100,0	8/7	87,5	32/29	90,6
Maddalone ve ark., 2003	GKC	120	28/27	96,4	30/27	90,0	62/57	91,9
Zuolo ve ark., 2000	GKC	102	39/33	84,6	24/23	95,8	39/37	94,9
Toplam		417	146/122	90,24	110/96	90,37	161/148	92,41
Taschieri ve ark., 2008	EMC	100	16/16	100,0	22/19	86,4	62/56	90,3
Taschieri ve ark., 2005	EMC	28	0/0	-	6/5	83,3	22/21	95,5
Rubinstein ve Kim, 2002	EMC	94	31/30	96,8	31/30	96,8	32/31	96,7
Toplam		222	47/46	97,95	59/54	94,60	116/108	94,52

Tablo 10. Büyütmenin başarıya etkisi (335).

Yazar	Örnek sayısı	Büyütme yöntemi	Kök ucu preparasyonu	Kök ucu dolgu materyali	Başarılı Vaka sayısı	Başarısız Vaka sayısı	Rapor edilen başarı oranı
Zuolo ve ark., 2000 (69)	102	-	Ultrasonik	IRM	93	9	91,2
von Arx ve ark., 2003 (341)	61	-	Ultrasonik	Super-EBA	46	15	75,4
Lange ve ark., 2003 (345)	149	-	Ultrasonik	IRM	120	29	80,5
Maddalone ve ark., 2003 (66)	120	Büyüteç	Ultrasonik	Super-EBA	111	9	92,5
Lindeboom ve ark., 2005 (348)	100	Büyüteç	Ultrasonik	MTA/IRM	89	11	89,0
Taschieri ve ark., 2005 (346)	46	Büyüteç	Ultrasonik	Super-EBA	42	4	91,3
Taschieri ve ark., 2006 (349)	32	Büyüteç	Ultrasonik	Super-EBA	29	3	90,6
von Arx ve ark., 2003 (341)	54	Endoskop	Ultrasonik	Super-EBA	48	6	88,9
Taschieri ve ark., 2007 (350)	28	Endoskop	Ultrasonik	Super-EBA	26	2	92,9
Filippi ve ark., 2006 (351)	103	Endoskop	Ultrasonik	Super-EBA	96	7	93,2
Taschieri ve ark., 2006 (349)	39	Endoskop	Ultrasonik	Super-EBA	37	2	94,9
Taschieri ve ark., 2008 (337)	100	Endoskop/ Mikroskop	Ultrasonik	Super-EBA	91	9	91,0
Chong ve ark., 2003 (352)	108	Mikroskop	Ultrasonik	MTA/IRM	97	11	89,8
Rubinstein ve Kim, 2002 (347)	94	Mikroskop	Ultrasonik	Super-EBA	91	3	96,8
Kim ve ark., 2008 (339)	148	Mikroskop	Ultrasonik	Super-EBA/ MTA/IRM	141	7	95,2
Christiansen ve ark., 2009 (338)	25	Mikroskop	Ultrasonik	MTA	25	0	100,0

Perrin ve ark. (353) büyüteç ve mikroskopun önemini inceledikleri çalışmalarında kök kanalı içerisine kural orta ve apikal seviyeye 0,01-0,05 boyutlarında E-optotipler yerleştirmişler, büyüteçle 2,5x büyütmede, DOM ile 6x büyütmede ve büyütmesiz olarak 40 yaş üstü ve altı hekimlerin görme keskinliğini test etmişlerdir. En iyi sonuçlar mikroskop kullanımında, kural seviyede 0,02 mm'lik optotipte tüm hekimlerde elde edilmiştir. Dental büyüteç ile 40 yaş altındaki hekimler 0,05 mm'yi görebilmişlerdir. DOM 0,05 mm'lik optotipi kanaldaki tüm seviyelerde ve tüm hekimler tarafından görülebilmesini sağlamıştır. Bu boyut 0,06 mm'lik bir endodontik alet ucuna benzetilmiştir. 0,02 mm'lik optotip çıplak gözle hiçbir seviyede görülememiştir.

DOM ile kanal tedavisinin ve apikal cerrahi başarısının anlamlı düzeyde arttığını gösteren klinik çalışmalar ile kanal ağızlarının ve özellikle MB2 kanalların bulunmasında başarının arttığını gösteren *in-vitro* çalışmalar da mevcuttur (354-359). Kök kanal yenilemesi tedavisinde de DOM'un başarısına dikkat çekilmiştir (360,361).

Mikroskop kullanımı kırık aletlerin çıkarılmasında başarıyı arttırmaktadır. Cuje ve ark. (362) DOM altında ve ultrasonik uç kullanarak 170 dişin 162'sinden (%95) kırık aletleri uzaklaştırabilmişlerdir. Gençoğlu ve ark. (363) kırık alet çıkılmasında ultrasonik+DOM ile eğri kanallarda %93, düz kanallarda da %95'lik bir başarı elde etmişlerdir. Bu oran kural ve orta bölgede %100'e ulaşmıştır. Suter ve ark. (364) %87'lik bir oran elde etmişlerdir ve alet kırıklarının çıkarılmasında DOM kullanımının ön koşul olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Daha önce yapılan tüm bu çalışmalarda büyütmenin etkisi kanal ağızlarının bulunması, kırık aletlerin çıkarılması ve klinik iyileşme başarısının ortograd veya retrograd tedaviler için incelenmesi açısından ele alınmış ve geleneksel yöntemlere kıyasla belirgin bir üstünlük göstermiştir.

Çalışmamızın bulgularında kök ucu kavitesi hazırlanması ve kök ucu dolgusunun yerleştirilmesi sırasında DOM kullanılmayan gruplarda, DOM kullanılan gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede fazla glikoz sızıntısı ($p<0,05$) meydana geldiği ve anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı kuvvetleri olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Literatürde büyütmenin etkisini kök ucu dolgularında

bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı açısından inceleyen bir çalışmaya rastlanmadığından bu sonuçları direkt olarak karşılaştırma imkanı olmamıştır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Kök ucu kavitesinin açılmasında ultrasonik uç kullanımının, frez kullanımına göre daha düşük miktarda sızıntı göstermesine ve daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri vermesine rağmen, iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak, klinik koşullarda daha kolay uygulanması, cerrahi olarak minimal invaziv girişin sağlanması, kök kanal morfolojisine daha uyumlu retrograd kavite açılabilmesi, kavite preperasyonu sırasında daha az debris ve mikroçatlak oluşturması gibi avantajlarından dolayı, ultrasonik uç kullanımı tercih edilmelidir.
- Çalışmada kullanılan dolgu materyalleri arasında sızıntı ve bağlanma dayanımı testlerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Geçmişte kullanılmış retrograd dolgu maddesi olarak tercih edilen birçok materyalden (amalgam, IRM, Super-EBA, CIS vs.) üstün bulunan ve standart kabul edilen MTA ile benzer sonuçlar veren bu iki yeni materyal (BioAggregate ve Biodentine) kök ucu cerrahilerinde tercih edilebilir.
- Çalışmanın bulguları, büyütme altında yapılan işlemlerin başarıyı önemli derecede arttırdığını göstermiştir. DOM kullanılan gruplar, kullanılmayan gruplara göre anlamlı derecede daha düşük sızıntı ve daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri vermiştir ($p<0,05$).
- Glikoz sızıntı testi bulguları ile push-out testi bulguları arasında anlamlı ve ters orantılı bir ilişki bulunmuştur ($p<0,05$). Yüksek sızıntı gösteren gruplar düşük; düşük sızıntı gösteren gruplar ise daha yüksek bağlanma dayanımı sonuçları vermiştir.
- Dentin ve dolgu materyali arayüzü SEM ile incelendiğinde, DOM kullanılan gruplarda daha iyi adaptasyon görülmüştür. DOM kullanılmayan gruplarda zayıf oluşan bağlanmanın sebebi olarak, çalışılan bölgenin yeterli netlikte görülememesi ve buna bağlı çalışma hassasiyetinin daha düşük olması gösterilebilir.
- Elde ettiğimiz bulgular neticesinde klinik uygulamada en avantajlı yöntem olarak, dental operasyon mikroskobu altında ultrasonik uçlar ile açılmış

kavitelerin BioAggregate ile doldurulması yönündedir. Fakat BioAggregate, Biodentine ve MTA'nın benzer sonuçlar verdiği de göz ardı edilmemelidir.

- Bu *ex-vivo* çalışmanın sonuçları uzun dönem klinik çalışmalarla desteklenmelidir ve mikroskop kullanımı, endodontik tedavilerde özellikle de endodontik cerrahide yaygınlaşmalıdır.



ÖZET

Dental operasyon mikroskobu kullanımının kök ucu dolgu materyallerinin apikal örtücülük ve bağlanma dayanımına etkisinin *ex-vivo* olarak incelenmesi

Amaç: Farklı içerik ve üretim şekillerine sahip, üç farklı kök ucu dolgu materyalinin (MTA, BioAggregate ve Biodentine) apikal örtücülüklerinin ve bağlanma dayanımlarının *ex-vivo* olarak incelenmesidir.

Kapsam: Günümüzde, standart kök ucu dolgu maddesi olarak kullanılan MTA birçok materyalden (amalgam, Super-EBA vb.) üstün bulunmuştur. Bu çalışmada, yeni geliştirilen BioAggregate ve Biodentine materyallerinin sızıntı ve bağlanma özellikleri glikoz penetrasyon, push-out ve SEM analizi yöntemleriyle, MTA ile kıyaslanarak incelenmiştir. Ayrıca ultrasonik uçlarla kavite hazırlamanın ve dental operasyon mikroskobu (DOM) altında yapılan uygulamaların anlamlı bir fark yaratıp yaratmayacağı değerlendirilmiştir.

Gereç ve yöntem: Anatomik özellikleri benzer 338 adet maksiller keser diş seçildi. Apikal boyut #40-0.06 olarak hazırlandı, kanal dolguları tamamlandı. Kök uçlarının 3 mm'si 90 derecelik açı ile uzaklaştırıldı. Glikoz penetrasyon testi için 170 diş, 2 kontrol ve 12 deney grubuna ayrıldı (MTA, BioAggregate, Biodentine materyalleri DOM+Ultrasonik, DOM+Frez, ultrasonik veya frez ile açılan kavitelerde uygulandı). Örnekler glikoz penetrasyon düzeneğine yerleştirilerek 60 dakika boyunca 103kPa basınç altında bırakıldı, sızan glikoz spektrofotometrik olarak belirlendi. Bağlanma dayanımı için 156 örnek de aynı şekilde hazırlanıp 12 alt gruba ayrıldı; 0,5 mm/dk hızla, 0,75 mm çapındaki bir uç ile push-out testi uygulandı. Taramalı elektron mikroskobu ile 2000x büyütme altında, her grubu temsil eden birer diş (toplam 12), dolgu-dentin arayüzü ilişkisi açısından değerlendirildi. Elde edilen bulgular Shapiro-Wilk, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U, Tek yönlü varyans, post hoc Tukey HSD ve Kendall's tau-b testleri ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

Bulgular: Glikoz penetrasyon (1,26-1,41 g/L) ve push-out (6,65-8,72 MPa) testinde materyallere bağlı anlamlı bir fark bulunmamıştır. DOM kullanılmayan gruplarda, kullanılan gruplara göre anlamlı derecede fazla sızıntı meydana geldiği ($p<0,05$) ve bağlanma dayanımlarının anlamlı derecede düşük olduğu görülmüştür ($p<0,05$). En az sızıntı ve en yüksek bağlanma dayanımı BioAggregate+DOM+Ultrasonik grubundadır. SEM görüntüleri test bulgularını desteklemiştir.

Sonuç: Bu çalışma sınırları içerisinde, Biodentine, BioAggregate ve MTA materyallerinin DOM altında ultrasonik uçlarla hazırlanan kavitelerde kök ucu dolgusu olarak kullanımı önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: BioAggregate, Biodentine, DOM, glikoz penetrasyon, kök ucu dolgusu, MTA, push-out, SEM

ABSTRACT

Impact of using dental operating microscope on the apical sealing ability and bond strength of root-end filling materials: An *ex vivo* study

Aim: The aim of this study is to evaluate the apical sealing and bonding abilities of the different retrograde filling materials (MTA, BioAggregate and Biodentine) with different manufacturing forms and ingredients *ex vivo*.

Scope: Today, MTA become a standard material in surgical endodontics, owing to superior properties in comparison to various materials such as amalgam, Super EBA, IRM etc. In this study, new materials Biodentine and BioAggregate were evaluated using glucose filtration, push-out and SEM methods by comparing with MTA. Besides, it is also investigated, if the use of ultrasonic tips for cavity preparation and use of dental operating Microscope (DOM) for the retrograde fillings make a significant difference.

Materials and methods: Maxillary incisors (n=338) with similar anatomic features were selected. The roots were prepared to an apical size #40-0.06 and were obturated. Root apices were cut 3mm off with 90 degree angle. For the glucose filtration test, 170 samples were divided into 2 control and 12 experimental groups. (MTA, BioAggregate, Biodentine materials were applied to the cavities prepared using DOM+ultrasonic tip, DOM+bur, Ultrasonic tip or bur). They were placed into a glucose filtration apparatus and were exposed to 103kPa pressure for 60 minutes. The amount of leaked glucose was measured spectrophotometrically. To measure the bond strength, 156 samples prepared with same methods were divided into 12 experimental groups and push-out test was performed at a speed of 0.5 mm/min using a 0.75 mm diameter plunger. The correlation between filling materials and dentin walls were examined in 12 samples using scanning electron microscope at 2000x magnification. Data were analyzed statistically by using Shapiro-Wilk, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U, One-way Anova, post hoc Tukey HSD and Kendall's tau-b tests.

Results: Retrograde filling materials showed no significant difference in terms of glucose filtration (1,26-1,41 g/L) and push-out values (6,65-8,72 MPa). In the groups without DOM, significantly more leakage ($p<0.05$) and significantly less bonding strengths ($p<0.05$) occurred than that of the DOM-used. The least leakage and the highest bond strength was determined in group BioAggregate+DOM+Ultrasonic. These findings were correlated with SEM micrographs.

Conclusions: Under the limitations of this study, the use of Biodentine, BioAggregate and MTA can be recommended as retrograde fillings in the cavities prepared with ultrasonic tips under DOM.

Keywords: BioAggregate, Biodentine, DOM, glucose penetration, MTA, push-out, root-end filling, SEM

8. KAYNAKLAR

1. Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Heden G, Ödesjö B, Engström B. Retreatment of endodontic fillings. *European Journal of Oral Sciences* 1979; 87(3): 217-224.
2. Guerini V. History of dentists. *Odontostomatologike proodos* 1981; 35(6): 198-204.
3. Farrar JN. Radical and heroic treatment of alveolar abscess by amputation of roots of teeth, with description and application of the cantalerver crown. *SS White Dental Manufacturing Company, Philadelphia, 1884.*
4. Ash CF. M. L. Rhein, M.D., D.D.S. *Journal of Dental Research* 1933; 13(2): 100-104.
5. Friedman S. Retrograde approaches in endodontic therapy. *Dental Traumatology* 1991; 7(3): 97-107.
6. Nixon CE, Lin L, Jandinski J. Evaluation of three silicone-based materials as potential retrograde fillings in surgical endodontics. *Journal of Endodontics* 1991; 17(10): 479-482.
7. Ingle J. Endodontic Surgery. Ingle JI, Taintor eds *Endodontics* 1994, p.689-757.
8. Çalışkan MK, Türkün M. Clinical investigation of traumatic injuries of permanent incisors in Izmir, Turkey. *Endodontics & Dental Traumatology* 1995; 11(5): 210-213.
9. Smith JW. Calcific metamorphosis: a treatment dilemma. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1982; 54(4): 441-444.
10. Çalışkan MK. Endodontide Tanı ve Tedaviler. Nobel Tıp Kitabevleri, İzmir, 2006, s.725-766.
11. Bayırlı G. Endodontik Tedavi II. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul, 1999, s.627-681.
12. Kvinnsland I, Oswald RJ, Halse A, Gronningsaeter AG. A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *International Endodontic Journal* 1989; 22(2): 75-84.
13. Meister F, Lommel TJ, Gerstein H, Davies EE. Endodontic perforations which resulted in alveolar bone loss: Report of five cases. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1979; 47(5): 463-470.
14. Nicholls E. Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1962; 15:603-612.

15. Bayraktaroğlu AE. Retrograd dolgu maddelerinin bakteriyel sızdırmazlığının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi 1998, İzmir.
16. Fors UG, Berg JO. Endodontic treatment of root canals obstructed by foreign objects. *International Endodontic Journal* 1986; 19(1): 2-10.
17. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics* 1990; 16(10): 498-504.
18. Gutmann JL, Harrison JW. *Surgical endodontics*. Ishiyaku, EuroAmerica, 1991.
19. Neaverth EJ, Burg HA. Decompression of large periapical cystic lesions. *Journal of Endodontics* 1982; 8(4): 175-182.
20. Freedland JB. Conservative reduction of large periapical lesions. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1970; 29(3): 455-464.
21. Torabinejad M, McDonald NJ. *Principles and Practice of Endodontics* 3Ed., St Louis: W.B.Saunders Company, 2001; 424-444.
22. Çalışkan MK, Pehlivan Y. Prognosis of root-fractured permanent incisors. *Dental Traumatology* 1996; 12(3): 129-136.
23. Jacobsen I, Kerekes K. Diagnosis and treatment of pulp necrosis in permanent anterior teeth with root fracture. *European Journal of Oral Sciences* 1980; 88(5): 370-376.
24. Ingle JI, Beveridge EE, Commings RR, Frank AL, Glick DY, Wolfsohn BL. *Endodontic surgery*. 2 Ed. Lea and Febiger, Philadelphia, 1976; p.594-684.
25. Kim S. Endodontic microsurgery. Cohen S and Burns R (eds) *Pathways of the pulp* 8th ed, Mosby 2002, p.683-725.
26. Luebke RG, Glick DH, Ingle JI. Indications and contraindications for endodontic surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1964; 18(1): 97-113.
27. Abella F, de Ribot J, Doria G, Duran-Sindreu F, Roig M. Applications of piezoelectric surgery in endodontic surgery: a literature review. *Journal of Endodontics* 2014; 40(3): 325-332.
28. Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *Journal of Endodontics* 2004; 30(11): 751-761.
29. Scarano A, Artese L, Piattelli A, Carinci F, Mancino C, Iezzi G. Hemostasis control in endodontic surgery: a comparative study of calcium sulfate versus gauzes and versus ferric sulfate. *Journal of Endodontics* 2012; 38(1): 20-23.
30. Gutmann JL. *Surgical endodontics: past, present, and future*. *Endodontic Topics* 2014; 30(1): 29-43.

31. Hsu Y-Y, Kim S. The resected root surface. The issue of canal isthmuses. *Dental Clinics of North America* 1997; 41(3): 529-540.
32. Stropko JJ. Apical surgery: parts III and IV: access and crypt management and the bevel and retropreparation. *Endodontic Therapy* 2002; 2: 23-28.
33. Carr GB. Ultrasonic root end preparation. *Dental Clinics of North America* 1997; 41(3): 541-554.
34. Cohen S, Burns R. *Pathways of the pulp* 8th ed. St Louis Mosby, 2002.
35. Stropko JJ, Doyon GE, Gutmann JL. Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. *Endodontic Topics* 2005; 11(1): 131-151.
36. Stropko JJ. Canal morphology of maxillary molars: clinical observations of canal configurations. *Journal of Endodontics* 1999; 25(6): 446-450.
37. Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *Journal of Endodontics* 2006; 32(7): 601-623.
38. Weller RN, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesiobuccal root of the maxillary first molar. *Journal of Endodontics* 1995; 21(7): 380-383.
39. Cambuzzi J, Marshall F. Molar endodontic surgery. *Journal (Canadian Dental Association)* 1983; 49(1): 61-65.
40. Zesis A, Lin S, Fuss Z. Endodontic surgery (apicoectomy)--success rate of more than 90% using dental operating microscope and ultrasonic tips. *Refu' at Ha-peh Veba-shinayim* 2005; 22(1): 33-41.
41. Von Arx T, Walker 3rd W. Microsurgical instruments for root-end cavity preparation following apicoectomy: a literature review. *Endodontics & dental traumatology* 2000; 16(2): 47-62.
42. Gulabivala K, Sayed A, Wilson M. The effect of retrograde cavity design on microleakage of amalgam fillings. *International Endodontic Journal* 1995; 28(4): 204-212.
43. Kim S, Pecora G, Rubinstein R. Comparison of traditional and microsurgery in endodontics. *Color Atlas of Microsurgery in Endodontics*. WB Saunders, Philadelphia, 2001, p.5-11.
44. Gutmann JL, Harrison JW. Posterior endodontic surgery: anatomical considerations and clinical techniques. *International Endodontic Journal* 1985; 18(1): 8-34.
45. Chong B, Ford TP, Watson T. Light-cured glass ionomer cement as a retrograde root seal. *International Endodontic Journal* 1993; 26(4): 218-224.
46. Rud J, Munksgaard E, Andreasen J, Rud V, Asmussen E. Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent 1. *Dental Traumatology* 1991; 7(3): 118-125.

47. Sultan M, Ford TP. Ultrasonic preparation and obturation of root-end cavities. *International Endodontic Journal* 1995; 28(5): 231-238.
48. Gutmann JL, Saunders W, Nguyen L, Guo I, Saunders E. Ultrasonic root-end preparation Part 1. SEM analysis. *International Endodontic Journal* 1994; 27(6): 318-324.
49. Saunders W, Saunders E, Gutmann J. Ultrasonic root-end preparation Part 2, Microleakage of EBA root-end fillings. *International Endodontic Journal* 1994; 27(6): 325-329.
50. Lee BS, Lin PY, Chen MH, Hsieh TT, Lin CP, Lai JY, Lan WH. Tensile bond strength of Er, Cr: YSGG laser-irradiated human dentin and analysis of dentin-resin interface. *Dental Materials* 2007; 23(5): 570-578.
51. Friedman S, Rotstein I, Bab I. Tissue response following CO2 laser application in apical surgery: light microscopic assessment in dogs. *Lasers in surgery and medicine* 1992; 12(1): 104-111.
52. Karlovic Z, Pezelj-Ribaric S, Miletic I, Jukic S, Grgurevic J, Anic I. Erbium: YAG laser versus ultrasonic in preparation of root-end cavities. *Journal of Endodontics* 2005; 31(11): 821-823.
53. Yenen Z. Kavite preparasyonu ve pürüzlendirme işlemlerinde Er:Cr:YSGG lazer kullanımının mine ve dentin yüzey morfolojisi ve kenar sızıntısı üzerine etkilerinin in vitro olarak incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi 2008, Ankara.
54. Stock C. Current status of the use of ultrasound in endodontics. *International Dental Journal* 1991; 41(3): 175-182.
55. Von Arx T, Kurt B. Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retrotip: a 1-year follow-up study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1999; 57(6): 656-661.
56. Lea S, Walmsley A, Lumley P, Landini G. A new insight into the oscillation characteristics of endosonic files used in dentistry. *Physics in Medicine and Biology* 2004; 49(10): 2095.
57. Plotino G, Pameijer CH, Grande NM, Somma F. Ultrasonics in endodontics: a review of the literature. *Journal of Endodontics* 2007; 33(2): 81-95.
58. Bertrand G, Festal F, Barailly R. Use of ultrasound in apicoectomy. *Quintessence International* 1976; 7: 9-12.
59. Flath RK, Hicks ML. Retrograde instrumentation and obturation with new devices. *Journal of Endodontics* 1987; 13(11): 546-549.
60. Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD. Incidence of root face alteration after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 1997; 83(3): 387-392.

61. Beling KL, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. *Journal of Endodontics* 1997; 23(5): 323-326.
62. Lin C-P, Chou H-G, Kuo J-C, Lan W-H. The quality of ultrasonic root-end preparation: a quantitative study. *Journal of Endodontics* 1998; 24(10): 666-670.
63. Gagliani M, Taschieri S, Molinari R. Ultrasonic root-end preparation: influence of cutting angle on the apical seal. *Journal of Endodontics* 1998; 24(11): 726-730.
64. De Bruyne M, De Moor R. SEM analysis of the integrity of resected root apices of cadaver and extracted teeth after ultrasonic root-end preparation at different intensities. *International Endodontic Journal* 2005; 38(5): 310-319.
65. Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2004; 98(2): 237-242.
66. Maddalone M, Gagliani M. Periapical endodontic surgery: a 3-year follow-up study. *International Endodontic Journal* 2003; 36(3): 193-198.
67. Chong B, Ford TP, Hudson M. A prospective clinical study of Mineral Trioxide Aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *International Endodontic Journal* 2003; 36(8): 520-526.
68. Rubinstein R, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. *Journal of Endodontics* 2002; 28(5): 378-383.
69. Zuolo M, Ferreira M, Gutmann J. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. *International Endodontic Journal* 2000; 33(2): 91-98.
70. Testori T, Capelli M, Milani S, Weinstein RL. Success and failure in periradicular surgery: A longitudinal retrospective analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 1999; 87(4): 493-498.
71. Craig KR, Harrison JW. Wound healing following demineralization of resected root ends in periradicular surgery. *Journal of Endodontics* 1993; 19(7): 339-347.
72. Chong B, Ford TP. Root-end filling materials: rationale and tissue response. *Endodontic Topics* 2005; 11(1): 114-130.
73. Regan J, Gutmann J, Witherspoon D. Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues. *International Endodontic Journal* 2002; 35(10): 840-847.
74. Adamo H, Buruiana R, Schertzer L, Boylan R. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *International Endodontic Journal* 1999; 32(3): 197-203.

75. Pereira CL, Cenci MS, Demarco FF. Sealing ability of MTA, Super EBA, Vitremer and amalgam as root-end filling materials. *Brazilian Oral Research* 2004; 18(4): 317-321.
76. Grossman I, Abu eNA, Peled M. [Root-end filling materials in apicoectomy-- a review]. *Refu'at Ha-peh Veba-shinayim* 2003; 20(2): 49-54.
77. Torabinejad M, Watson T, Ford TP. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of Endodontics* 1993; 19(12): 591-595.
78. Gartner A, Dorn S. Advances in endodontic surgery. *Dental Clinics of North America* 1992; 36(2): 357-378.
79. Abdal AK, Retief DH. The apical seal via the retrosurgical approach: I. A preliminary study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1982; 53(6): 614-621.
80. Johnson BR. Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 1999; 87(4): 398-404.
81. Schwartz RS, Mauger M, Clement DJ, Walker WA. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *The Journal of the American Dental Association* 1999; 130(7): 967-975.
82. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 1999; 25(3): 197-205.
83. Ferris DM, Baumgartner JC. Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 2004; 30(6): 422-424.
84. Bodrumlu E. Biocompatibility of retrograde root filling materials: a review. *Australian Endodontic Journal* 2008; 34(1): 30-35.
85. Hammad HM, Hamadah MA, Al-Omari WM. Histological evaluation of rat tissue response to GMTA, Retroplast, and Geristore retrograde filling materials. *Australian Endodontic Journal* 2011; 37(1): 18-25.
86. Torabinejad M, Ford T. Root end filling materials: a review. *Dental Traumatology* 1996; 12(4): 161-178.
87. Niederman R, Theodosopoulou J. A systematic review of in vivo retrograde obturation materials. *International Endodontic Journal* 2003; 36(9): 577-585.
88. Chong B, Ford TP, Watson T. The adaptation and sealing ability of light-cured glass ionomer retrograde root fillings. *International Endodontic Journal* 1991; 24(5): 223-232.
89. Rud J, Andreasen J, Rud V. Retrograde root filling utilizing resin and a dentin bonding agent: frequency of healing when compared to retrograde amalgam. *Tandlaegebladet* 1989; 93(8): 267-273.

90. Rud J, Munksgaard E, Andreasen J, Rud V. Retrograde root filling with composite and a dentin-bonding agent 2. *Dental Traumatology* 1991; 7(3): 126-131.
91. Andreasen J, Munksgaard E, Fredebo L, Rud J. Periodontal tissue regeneration including cementogenesis adjacent to dentin-bonded retrograde composite fillings in humans. *Journal of Endodontics* 1993; 19(3): 151-153.
92. Rud J, Rud V, Munksgaard E. Retrograde root filling with dentin-bonded modified resin composite. *Journal of Endodontics* 1996; 22(9): 477-480.
93. Ambus C, Munksgaard E. Dentin bonding agents and composite retrograde root filling. *American Journal of Dentistry* 1993; 6(1): 35-38.
94. Rud J, Rud V, Munksgaard E. Periapical healing of mandibular molars after root-end sealing with dentine-bonded composite. *International Endodontic Journal* 2001; 34(4): 285-292.
95. Rud J, Rud V, Munksgaard EC. Effect of root canal contents on healing of teeth with dentin-bonded resin composite retrograde seal. *Journal of Endodontics* 1997; 23(8): 535-541.
96. Trope M, Lost C, Schmitz H-J, Friedman S. Healing of apical periodontitis in dogs after apicoectomy and retrofilling with various filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 1996; 81(2): 221-228.
97. Platt AS, Wannfors K. The effectiveness of compomer as a root-end filling: a clinical investigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2004; 97(4): 508-512.
98. Oynick J, Oynick T. A study of a new material for retrograde fillings. *Journal of Endodontics* 1978; 4(7): 203-206.
99. Ford TP, Andreasen J, Dorn S, Kariyawasam S. Effect of IRM root end fillings on healing after replantation. *Journal of Endodontics* 1994; 20(8): 381-385.
100. Dorn SO, Gartner AH. Retrograde filling materials: a retrospective success-failure study of amalgam, EBA, and IRM. *Journal of Endodontics* 1990; 16(8): 391-393.
101. Olsen FK, Austin BP, Walia H. Osseous reaction to implanted ZOE retrograde filling materials in the tibia of rats. *Journal of Endodontics* 1994; 20(8): 389-394.
102. Maher WP, Johnson RL, Hess J, Steiman HR. Biocompatibility of retrograde filling materials in the ferret canine Amalgam and IRM. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1992; 73(6): 738-745.
103. Nencka D, Walia H, Austin B. Histologic evaluation of the biocompatibility of Diaket. *Journal of Dental Research* 1995; 74: 101.

104. Regan J, Gutmann J, Iacopino A, Diekwisch T. Response of periradicular tissues to growth factors introduced into the surgical site in the root-end filling material. *International Endodontic Journal* 1999; 32(3): 171-182.
105. Witherspoon D, Gutmann J. Analysis of the healing response to gutta-percha and Diaket when used as root-end filling materials in periradicular surgery. *International Endodontic Journal* 2000; 33(1): 37-45.
106. Malhotra S, Hegde NM, Shetty C. Bioceramic Technology in Endodontics. *British Journal of Medicine & Medical Research* 2014; 4(12): 2446-2454.
107. Best S, Porter A, Thian E, Huang J. Bioceramics: past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society* 2008; 28(7): 1319-1327.
108. Chang S-W, Lee S-Y, Kum K-Y, Kim E-C. Effects of ProRoot MTA, Bioaggregate, and Micromega MTA on odontoblastic differentiation in human dental pulp cells. *Journal of Endodontics* 2014; 40(1): 113-118.
109. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Ashoftehyazdi K, Zahraee S, Khoshkhounejad M. Marginal adaptation of new bioceramic materials and mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscopy study. *Iranian Endodontic Journal* 2014; 9(2): 144.
110. Wang Z, Ma J, Shen Y, Haapasalo M. Acidic pH weakens the microhardness and microstructure of three tricalcium silicate materials. *International Endodontic Journal* 2015; 48(4): 323-332.
111. Walsh RM, Woodmansey KF, Glickman GN, He J. Evaluation of compressive strength of hydraulic silicate-based root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 2014; 40(7): 969-972.
112. Shokouhinejad N, Razmi H, Nekoofar MH, Sajadi S, Dummer PM, Khoshkhounejad M. Push-Out Bond Strength of Bioceramic Materials in a Synthetic Tissue Fluid. *Journal of Dentistry* 2013; 10(6): 540.
113. Hashem AAR, Amin SAW. The effect of acidity on dislodgment resistance of mineral trioxide aggregate and bioaggregate in furcation perforations: an in vitro comparative study. *Journal of Endodontics* 2012; 38(2): 245-249.
114. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Razmi H, Sajadi S, Davies TE, Saghiri M, Gorjestani H, Dummer PMH. Bioactivity of EndoSequence root repair material and bioaggregate. *International Endodontic Journal* 2012; 45(12): 1127-1134.
115. Leal F, De-Deus G, Brandão C, Luna A, Fidel S, Souza E. Comparison of the root-end seal provided by bioceramic repair cements and White MTA. *International Endodontic Journal* 2011; 44(7): 662-668.
116. AlAnezi AZ, Jiang J, Safavi KE, Spangberg LS, Zhu Q. Cytotoxicity evaluation of endosequence root repair material. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2010; 109(3): 122-125.

117. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Torabzadeh H. Sealing ability of three commercial mineral trioxide aggregates and an experimental root-end filling material. *Iranian Endodontic Journal* 2006; 1(3): 101.
118. Asgary S, Shahabi S, Jafarzadeh T, Amini S, Kheirieh S. The properties of a new endodontic material. *Journal of Endodontics* 2008; 34(8): 990-993.
119. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Ghoddusi J. Effect of two storage solutions on surface topography of two root-end fillings. *Australian Endodontic Journal* 2009; 35(3): 147-152.
120. Asgary S, Kamrani FA, Taheri S. Evaluation of antimicrobial effect of MTA, calcium hydroxide, and CEM cement. *Iranian Endodontic Journal* 2007; 2(3): 105.
121. Wagh AS, Jeong SY, Lohan D, Elizabeth A. Chemically bonded phosphosilicate ceramic. U. S. Patent no. 6,518,212. US Patent & Trademark Office, 2003.
122. Wagh AS, Primus C. Method and product for phosphosilicate slurry for use in dentistry and related bone cements. U. S. Patent no.7,083,672. US Patent & Trademark Office, 2006.
123. Tay KC, Loushine BA, Oxford C, Kapur R, Primus CM, Gutmann JL, Loushine RJ, Pashley DH, Tay FR. In vitro evaluation of a Ceramicrete-based root-end filling material. *Journal of Endodontics* 2007; 33(12): 1438-1443.
124. Wang M, Yin S, Wang Q, Gao Y, Wang Y, Zhang L. Study of molar furcal perforation repaired with iRoot BP. *West China Journal of Stomatology* 2013; 31(3): 257-259.
125. Azimi S, Fazlyab M, Sadri D, Saghiri M, Khosravanifard B, Asgary S. Comparison of pulp response to mineral trioxide aggregate and a bioceramic paste in partial pulpotomy of sound human premolars: a randomized controlled trial. *International Endodontic Journal* 2014; 47(9): 873-881.
126. De Deus G, Canabarro A, Alves G, Marins J, Linhares A, Granjeiro J. Cytocompatibility of the ready-to-use bioceramic putty repair cement iRoot BP Plus with primary human osteoblasts. *International Endodontic Journal* 2012; 45(6): 508-513.
127. Zhang S, Yang X, Fan M. BioAggregate and iRoot BP Plus optimize the proliferation and mineralization ability of human dental pulp cells. *International Endodontic Journal* 2013; 46(10): 923-929.
128. Oliveira MGd, Xavier CB, Demarco FF, Pinheiro ALB, Costa AT, Pozza DH. Comparative chemical study of MTA and Portland cements. *Brazilian Dental Journal* 2007; 18(1): 3-7.

129. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Ford TP. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1995; 21(7): 349-353.
130. De Deus G, Ximenes R, Gurgel-Filho E, Plotkowski M, Coutinho-Filho T. Cytotoxicity of MTA and Portland cement on human ECV 304 endothelial cells. *International Endodontic Journal* 2005; 38(9): 604-609.
131. Ebtehal A-R, Perinpanayagam H, MacFarland D. Human alveolar bone cells interact with ProRoot and tooth-colored MTA. *Journal of Endodontics* 2006; 32(9): 872-875.
132. Menezes R, Bramante CM, Letra A, Carvalho VGG, Garcia RB. Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements as wound dressings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2004; 98(3): 376-379.
133. Torabinejad M, Hong C, Ford TP, Kettering J. Antibacterial effects of some root end filling materials. *Journal of Endodontics* 1995; 21(8): 403-406.
134. Porter ML, Bertó A, Primus CM, Watanabe I. Physical and chemical properties of new-generation endodontic materials. *Journal of Endodontics* 2010; 36(3): 524-528.
135. Gomes-Filho JE, de Moraes Costa MT, Cintra LTÂ, Lodi CS, Duarte PCT, Okamoto R, Bernabé PFE, Nery MJ, Cannon M. Evaluation of alveolar socket response to Angelus MTA and experimental light-cure MTA. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2010; 110(5): 93-97.
136. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Felipe WT, Tanomaru Filho M, Esberard RM. The influence of calcium chloride on the setting time, solubility, disintegration, and pH of mineral trioxide aggregate and white Portland cement with a radiopacifier. *Journal of Endodontics* 2009; 35(4): 550-554.
137. Wiltbank KB, Schwartz SA, Schindler WG. Effect of selected accelerants on the physical properties of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Journal of Endodontics* 2007; 33(10): 1235-1238.
138. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *Journal of Endodontics* 2006; 32(6): 569-572.
139. De Deus G, Canabarro A, Alves G, Linhares A, Senne MI, Granjeiro JM. Optimal cytocompatibility of a bioceramic nanoparticulate cement in primary human mesenchymal cells. *Journal of Endodontics* 2009; 35(10): 1387-1390.
140. Park J-W, Hong S-H, Kim J-H, Lee S-J, Shin S-J. X-Ray diffraction analysis of white ProRoot MTA and Diadent BioAggregate. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2010; 109(1): 155-158.

141. Zhang H, Pappen FG, Haapasalo M. Dentin enhances the antibacterial effect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *Journal of Endodontics* 2009; 35(2): 221-224.
142. Dohaithem A, Al-Nasser A, Al-Badah A, Al-Nazhan S, Al-Maflehi N. An in vitro evaluation of antifungal activity of bioaggregate. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2011; 112(4): 27-30.
143. Mukhtar-Fayyad D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2011; 112(6): 137-142.
144. Yuan Z, Peng B, Jiang H, Bian Z, Yan P. Effect of bioaggregate on mineral-associated gene expression in osteoblast cells. *Journal of Endodontics* 2010; 36(7): 1145-1148.
145. File BS. Active biosilicate technology, Septodont. Saint-Maur-des-Fossés Cedex: R&D Department 2010.
146. Laurent P, Camps J, De Méo M, Déjou J, About I. Induction of specific cell responses to a Ca 3 SiO 5-based posterior restorative material. *Dental Materials* 2008; 24(11): 1486-1494.
147. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *International Endodontic Journal* 2012; 45(5): 439-448.
148. Koubi G, Colon P, Franquin J-C, Hartmann A, Richard G, Faure M-O, Lambert G. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth—a prospective study. *Clinical Oral Investigations* 2013; 17(1): 243-249.
149. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *International Endodontic Journal* 2011; 44(12): 1081-1087.
150. Sanghavi T, Shah N, Shah RR. Comparative analysis of sealing ability of Biodentine and calcium phosphate cement against Mineral Trioxide Aggregate (MTA) as a furcal perforation repair material (an in vitro study). *National Journal of Integrated Research in Medicine* 2013; 4(3): 56-60.
151. Atmeh A, Chong E, Richard G, Festy F, Watson T. Dentin-cement Interfacial Interaction Calcium Silicates and Polyalkenoates. *Journal of Dental Research* 2012; 91(5): 454-459.
152. Guneşer MB, Akbulut MB, Ünverdi Eldeniz A. Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *Journal of Endodontics* 2013; 39(3): 380-384.

153. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dental Materials* 2013; 29(5): 580-593.
154. Goldberg M, Pradelle-Plasse N, Tran X, Colon P, Laurent P, Aubut V. Emerging trends in (bio) material researches: Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites. Oxford, UK: Coxmoor Publishing 2009: 181-203.
155. Zhou H, Shen Y, Wang Z, Li L, Zheng Y, Häkkinen L, Haapasalo M. In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. *Journal of Endodontics* 2013; 39(4): 478-483.
156. Timpawat S, Amornchat C, Trisuwan W-r. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *Journal of Endodontics* 2001; 27(1): 36-39.
157. Lucena-Martin C, Ferrer-Luque C, Gonzalez-Rodriguez M, Robles-Gijón V, de Mondelo JN-R. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. *Journal of Endodontics* 2002; 28(6): 423-426.
158. Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *Journal of Endodontics* 2001; 27(5): 347-350.
159. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *Journal of Endodontics* 2003; 29(9): 592-594.
160. Saunders W, Saunders E. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Dental Traumatology* 1994; 10(3): 105-108.
161. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 1998; 85(1): 86-93.
162. Beatty RG, Zakariasen KL. Apical leakage associated with three obturation techniques in large and small root canals. *International Endodontic Journal* 1984; 17(2): 67-72.
163. Xu Q, Fan M-w, Fan B, Cheung GS, Hu H-l. A new quantitative method using glucose for analysis of endodontic leakage. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2005; 99(1): 107-111.
164. Barthel C, Moshonov J, Shuping G, Orstavik D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. *International Endodontic Journal* 1999; 32(5): 370-375.
165. Mihailescu P, Boudeville P. Calibrated latex microspheres percolation: a possible route to model endodontic bacterial leakage. *Journal of Endodontics* 2003; 29(7): 456-462.

166. Wu MK, Wesselink P. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. *International Endodontic Journal* 1993; 26(1): 37-43.
167. Masters J, Higa R, Torabinejad M. Effects of vacuuming on dye penetration patterns in root canals and glass tubes. *Journal of Endodontics* 1995; 21(6): 332-334.
168. Tamse A, Katz A, Kablan F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. *International Endodontic Journal* 1998; 31(5): 333-337.
169. Yap A, Stokes A, Pearson G. An in vitro microleakage study of a new multi-purpose dental adhesive system. *Journal of Oral Rehabilitation* 1996; 23(5): 302-308.
170. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Ford TRP. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1995; 21(3): 109-112.
171. Pathomvanich S, Edmunds D. The sealing ability of Thermafil obturators assessed by four different microleakage techniques. *International Endodontic Journal* 1996; 29(5): 327-334.
172. Venturi M, Prati C, Capelli G, Falconi M, Breschi L. A preliminary analysis of the morphology of lateral canals after root canal filling using a tooth-clearing. *International Endodontic Journal* 2003; 36: 54-63.
173. Limkangwalmongkol S, Abbott PV, Sandler AB. Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. *Journal of Endodontics* 1992; 18(11): 535-539.
174. Çalt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *Journal of Endodontics* 2002; 28(1): 17-19.
175. Abramovitz I, Tagger M, Tamse A, Metzger Z. The effect of immediate vs. delayed post space preparation on the apical seal of a root canal filling: a study in an increased-sensitivity pressure-driven system. *Journal of Endodontics* 2000; 26(8): 435-439.
176. Häikel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *Journal of Endodontics* 2000; 26(3): 148-152.
177. Metzger Z, Abramovitz R, Abramovitz I, Tagger M. Correlation between remaining length of root canal fillings after immediate post space preparation and coronal leakage. *Journal of Endodontics* 2000; 26(12): 724-728.
178. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Letourneau JM. Adaptation and porosity of poly-HEMA in a model system using two microorganisms. *Journal of Endodontics* 1980; 6(8): 683-686.

179. Bae K, Baumgartner J, Nakata T. Development of an anaerobic bacterial leakage model. *Journal of Endodontics* 1998; 24(4): 233-235.
180. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics* 1990; 16(12): 566-569.
181. Chailertvanitkul P, Saunders W, Saunders E, MacKenzie D. An evaluation of microbial coronal leakage in the restored pulp chamber of root-canal treated multirooted teeth. *International Endodontic Journal* 1997; 30(5): 318-322.
182. Carratu P, Amato M, Riccitiello F, Rengo S. Evaluation of leakage of bacteria and endotoxins in teeth treated endodontically by two different techniques. *Journal of Endodontics* 2002; 28(4): 272-275.
183. Jacobson S, Von Fraunhofer J. The investigation of microleakage in root canal therapy: an electrochemical technique. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1976; 42(6): 817-823.
184. Karagenç B, Gençoğlu N, Ersoy M, Cansever G, Külekçi G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2006; 102(1): 110-113.
185. Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1982; 53(4): 410-416.
186. Oruçoğlu H, Şengün A, Yılmaz N. Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *Journal of Endodontics* 2005; 31(12): 886-890.
187. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1986; 56(4): 435-440.
188. Pashley E, Tao L, Pashley D. The sealing properties of temporary filling materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1988; 60(3): 292-297.
189. Wu MK, Gee AD, Wesselink P, Moorer W. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. *International Endodontic Journal* 1993; 26(4): 203-208.
190. King KT, Anderson RW, Pashley DH, Pantera EA. Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofills. *Journal of Endodontics* 1990; 16(7): 307-310.
191. Timpawat S, Vongsavan N, Messer HH. Effect of removal of the smear layer on apical microleakage. *Journal of Endodontics* 2001; 27(5): 351-353.
192. Pommel L, Camps J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. *Journal of Endodontics* 2001; 27(4): 256-258.

193. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 1998; 24(8): 557-560.
194. McMichen F, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. *International Endodontic Journal* 2003; 36(9): 629-635.
195. Wu MK, Tigos E, Wesselink PR. An 18-month longitudinal study on a new silicon-based sealer, RSA RoekoSeal: A leakage study in vitro. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2002; 94(4): 499-502.
196. Üreyen Kaya B, Keçeci AD, Belli S. Evaluation of the sealing ability of gutta-percha and thermoplastic synthetic polymer-based systems along the root canals through the glucose penetration model. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2007; 104(6): 66-73.
197. Shemesh H, Van Den Bos M, Wu MK, Wesselink P. Glucose penetration and fluid transport through coronal root structure and filled root canals. *International Endodontic Journal* 2007; 40(11): 866-872.
198. Keçeci AD, Üreyen Kaya B, Belli S. Corono-apical leakage of various root filling materials using two different penetration models—A 3-month study. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 2010; 92(1): 261-267.
199. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *Journal of Endodontics* 2002; 28(5): 351-354.
200. Timpawat S, Harnirattisai C, Senawongs P. Adhesion of a Glass-Ionomer Root Canal Sealer to the Root Canal Wall. *Journal of Endodontics* 2001; 27(3): 168-171.
201. Ørstavik D, Eriksen H, BEYER-OLSEN EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. *International Endodontic Journal* 1983; 16(2): 59-63.
202. Kitasako Y, Burrow MF, Nikaido T, Harada N, Inokoshi S, Yamada T, Takatsu T. Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. *Dental Materials* 1995; 11(5): 298-304.
203. Kouvas V, Liolios E, Vassiliadis I, Parissis-Messimeris S, Boutsoukias A. Influence of smear layer on depth of penetration of three endodontic sealers: an SEM study. *Dental Traumatology* 1998; 14(4): 191-195.
204. Şen B, Pişkin B, Baran N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. *International Endodontic Journal* 1996; 29(1): 23-28.
205. De Deus GA, Martins F, Lima ACMR, Gurgel-Filho ED, Maniglia CF, Coutinho-Filho T. Analysis of the film thickness of a root canal sealer following three obturation techniques. *Pesquisa Odontológica Brasileira* 2003; 17(2): 119-125.

206. Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, Pashley DH. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *Journal of Endodontics* 2005; 31(9): 659-664.
207. Ari H, Yaşar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *Journal of Endodontics* 2003; 29(4): 248-251.
208. Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *Journal of Endodontics* 2000; 26(4): 230-235.
209. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer J-M, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dental Materials* 2003; 19(3): 199-205.
210. Hiraishi N, Loushine RJ, Vano M, Chieffi N, Weller RN, Ferrari M, Pashley DH, Tay FR. Is an oxygen inhibited layer required for bonding of resin-coated gutta-percha to a methacrylate-based root canal sealer? *Journal of Endodontics* 2006; 32(5): 429-433.
211. Mjör I, Smith M, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *International Endodontic Journal* 2001; 34(5): 346-353.
212. Lin A, McIntyre N, Davidson R. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *Journal of Dental Research* 1992; 71(11): 1836-1841.
213. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör I. Bonding to root canal: Structural characteristics of the substrate. *American Journal of Dentistry* 2000; 13(5): 255-260.
214. Sudsangiam S, van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *The Journal of Adhesive Dentistry* 1998; 1(1): 57-67.
215. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, Fernandes CA, Tay F. The microtensile bond test: A review. *The Journal of Adhesive Dentistry* 1999; 1: 299-309.
216. Gaston BA, West LA, Liewehr FR, Fernandes C, Pashley DH. Evaluation of regional bond strength of resin cement to endodontic surfaces. *Journal of Endodontics* 2001; 27(5): 321-324.
217. Hiraishi N, Papacchini F, Loushine R, Weller R, Ferrari M, Pashley D, Tay F. Shear bond strength of Resilon to a methacrylate-based root canal sealer. *International Endodontic Journal* 2005; 38(10): 753-763.
218. Sousa-Neto M, Silva Coelho F, Marchesan M, Alfredo E, Silva-Sousa Y. 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* 2005; 38(12): 866-870.

219. Drummond J, Sakaguchi R, Raccan D, Wozny J, Steinberg A. Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *Journal of Biomedical Materials Research* 1996; 32(4): 533-541.
220. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European Journal of Oral Sciences* 2004; 112(4): 353-361.
221. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, Armstrong SR. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dental Materials* 2008; 24(10): 1405-1411.
222. Üngör M, Onay E, Oruçoğlu H. 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* 2006; 39(8): 643-647.
223. Nilles J, Lapitsky M. Biomechanical investigations of bone-porous carbon and porous metal interfaces. *Journal of Biomedical Materials Research* 1973; 7(3): 63-84.
224. Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dental Materials* 2002; 18(8): 596-602.
225. Patierno J, Rueggeberg F, Anderson R, Weller R, Pashley D. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Dental Traumatology* 1996; 12(5): 227-236.
226. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *Journal of Endodontics* 2005; 31(11): 809-813.
227. Huffman B, Mai S, Pinna L, Weller R, Primus C, Gutmann J, Pashley D, Tay F. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *International Endodontic Journal* 2009; 42(1): 34-46.
228. Stiegemeier D, Baumgartner JC, Ferracane J. Comparison of push-out bond strengths of Resilon with three different sealers. *Journal of Endodontics* 2010; 36(2): 318-321.
229. Babb BR, Loushine RJ, Bryan TE, Ames JM, Causey MS, Kim J, Kim YK, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. Bonding of self-adhesive (self-etching) root canal sealers to radicular dentin. *Journal of Endodontics* 2009; 35(4): 578-582.

230. Teixeira CS, Alfredo E, Thomé LHdC, Gariba-Silva R, Silva-Sousa YTC, Sousa-Neto MD. Adhesion of an endodontic sealer to dentin and gutta-percha: shear and push-out bond strength measurements and SEM analysis. *Journal of Applied Oral Science* 2009; 17(2): 129-135.
231. Castellan CS, Santos-Filho P, Soares PV, Soares CJ, Cardoso P. Measuring bond strength between fiber post and root dentin: a comparison of different tests. *The Journal of Adhesive Dentistry* 2010; 12(6): 477-485.
232. https://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope. Son erişim tarihi: 12 Kasım 2015.
233. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Ford TRP. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 1995; 21(6): 295-299.
234. Stabholz A, Shani J, Friedman S, Abed J. Marginal adaptation of retrograde fillings and its correlation with sealability. *Journal of Endodontics* 1985; 11(5): 218-223.
235. Yoshimura M, Marshall FJ, Tinkle JS. In vitro quantification of the apical sealing ability of retrograde amalgam fillings. *Journal of Endodontics* 1990; 16(1): 9-12.
236. Xavier CB, Weismann R, de Oliveira MG, Demarco FF, Pozza DH. Root-end filling materials: apical microleakage and marginal adaptation. *Journal of Endodontics* 2005; 31(7): 539-542.
237. Rosales-Leal J-I, Olmedo-Gaya V, Vallecillo-Capilla M, Luna-del Castillo J-d-D. 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* 2011; 16(2): 185-189.
238. Janda R. Preparation of extracted natural human teeth for SEM investigations. *Biomaterials* 1995; 16(3): 209-217.
239. Taschieri S, Testori T, Francetti L, Del Fabbro M. Effects of ultrasonic root end preparation on resected root surfaces: SEM evaluation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2004; 98(5): 611-618.
240. Apotheker H, Jako GJ. A microscope for use in dentistry. *Microsurgery* 1981; 3(1): 7-10.
241. Selden HS. The role of a dental operating microscope in improved nonsurgical treatment of “calcified” canals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1989; 68(1): 93-98.
242. Carr GB, Murgel CA. The use of the operating microscope in endodontics. *Dental Clinics of North America* 2010; 54(2): 191-214.

243. Rubinstein R. The anatomy of the surgical operating microscope and operating positions. *Dental Clinics of North America* 1997; 41(3): 391-413.
244. Üreyen Kaya B. Kanal dolgu maddelerinin apikal sızıntı ve bağlanma özelliklerinin glikoz filtrasyon, push-out ve tarama elektron mikroskobu yöntemleriyle incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi 2007, Isparta.
245. Koch K. Bioceramic technology—a game changer in endodontic obturation. *NJAGD Wisdom* 2009; 6(1): 8-11.
246. Mukhtar-Fayyad D. Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5). *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2011; 112(6): 137-142.
247. Garip H, Garip Y, Oruçoğlu H, Hatipoğlu S. Effect of the angle of apical resection on apical leakage, measured with a computerized fluid filtration device. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2011; 111(3): 50-55.
248. Gilheany PA, Figdor D, Tyas MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. *Journal of Endodontics* 1994; 20(1): 22-26.
249. Tobón-Aroyave S, Restrepo-Pérez M, Arismendi-Echavarría J, Velásquez-Restrepo Z, Marín-Botero M, García-Dorado E. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *International Endodontic Journal* 2007; 40(8): 590-602.
250. Er K, Taşdemir T, Bayramoğlu G, Siso ŞH. 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* 2008; 106(1): 152-158.
251. Von Arx T, Kurt B, Ilgenstein B, Hardt N. Preliminary results and analysis of a new set of sonic instruments for root-end cavity preparation. *International Endodontic Journal* 1998; 31(1): 32-38.
252. Rahimi S, Yavari HR, Shahi S, Zand V, Shakoui S, Reyhani MF, Pirzadeh A. Comparison of the effect of Er, Cr-YSGG laser and ultrasonic retrograde root-end cavity preparation on the integrity of root apices. *Journal of Oral Science* 2010; 52(1): 77-81.
253. Ishikawa H, Sawada N, Kobayashi C, Suda H. Evaluation of root-end cavity preparation using ultrasonic retrotips. *International Endodontic Journal* 2003; 36(9): 586-590.
254. Abedi HR, Van Mierlo BL, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 1995; 80(2): 207-213.

255. Navarre SW, Steiman HR. Root-end fracture during retropreparation: a comparison between zirconium nitride-coated and stainless steel microsurgical ultrasonic instruments. *Journal of Endodontics* 2002; 28(4): 330-332.
256. Mehlhaff DS, Harshall JG, Baumgartner JC. Comparison of ultrasonic and high-speed-bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. *Journal of Endodontics* 1997; 23(7): 448-452.
257. Taylor R, Shklar G, Roeber F. The effects of laser radiation on teeth, dental pulp, and oral mucosa of experimental animals. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1965; 19(6): 786-795.
258. Gorman MC, Steiman HR, Gartner AH. Scanning electron microscopic evaluation of root-end preparations. *Journal of Endodontics* 1995; 21(3): 113-117.
259. Morgan LA, Marshall JG. A scanning electron microscopic study of in vivo ultrasonic root-end preparations. *Journal of Endodontics* 1999; 25(8): 567-570.
260. Noori ZT, Fekrazad R, Eslami B, Etemadi A, Khosravi S, Mir M. Comparing the effects of root surface scaling with ultrasound instruments and Er, Cr: YSGG laser. *Lasers in Medical Science* 2008; 23(3): 283-287.
261. Yamazaki R, Goya C, Yu D-G, Kimura Y, Matsumoto K. Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *Journal of Endodontics* 2001; 27(1): 9-12.
262. Rainwater A, Jeansonne B, Sarkar N. Effects of ultrasonic root-end preparation on microcrack formation and leakage. *Journal of Endodontics* 2000; 26(2): 72-75.
263. Layton CA, Marshall JG, Morgan LA, Baumgartner JC. Evaluation of cracks associated with ultrasonic root-end preparation. *Journal of Endodontics* 1996; 22(4): 157-160.
264. Min MM, Brown CE, Legan JJ, Kafrawy A. In vitro evaluation of effects of ultrasonic root-end preparation on resected root surfaces. *Journal of Endodontics* 1997; 23(10): 624-628.
265. Calzonetti KJ, Iwanowski T, Komorowski R, Friedman S. Ultrasonic root end cavity preparation assessed by an in situ impression technique. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 1998; 85(2): 210-215.
266. Zuolo M, Perin F, Ferreira M, Faria Fd. Ultrasonic root-end preparation with smooth and diamond-coated tips. *Dental Traumatology* 1999; 15(6): 265-268.
267. Waplington M, Lumley PJ, Walmsley AD. Incidence of root face alteration after ultrasonic retrograde cavity preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 1997; 83(3): 387-392.

268. Gondim E, de Almeida Gomes BPF, Ferraz CCR, Teixeira FB, de Souza-Filho FJ. Effect of sonic and ultrasonic retrograde cavity preparation on the integrity of root apices of freshly extracted human teeth: scanning electron microscopy analysis. *Journal of Endodontics* 2002; 28(9): 646-650.
269. Gray GJ, Hatton JF, Holtzmann DJ, Jenkins DB, Nielsen CJ. Quality of root-end preparations using ultrasonic and rotary instrumentation in cadavers. *Journal of Endodontics* 2000; 26(5): 281-283.
270. Engel TK, Steiman HR. Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation. *Journal of Endodontics* 1995; 21(9): 443-445.
271. Khabbaz MG, Kerezoudis NP, Aroni E, Tsatsas V. Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2004; 98(2): 237-242.
272. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kimura Y, Matsumoto N, Matsumoto K. Effects of Er, Cr: YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* 1999; 17(4): 155-159.
273. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics—a review. *International Endodontic Journal* 2010; 43(1): 2-15.
274. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Suzuki N, Murakami Y, Matsumoto K. Analysis of surface roughness of enamel and dentin after Er, Cr: YSGG laser irradiation. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery* 2001; 19(6): 297-303.
275. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Compositional and structural changes of human dentin following caries removal by Er, Cr: YSGG laser irradiation in primary teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 2002; 26(4): 377-382.
276. Hossain M, Nakamura Y, Tamaki Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Atomic analysis and knoop hardness measurement of the cavity floor prepared by Er, Cr: YSGG laser irradiation in vitro. *Journal of Oral Rehabilitation* 2003; 30(5): 515-521.
277. Ekworapoj P, Sidhu SK, McCabe JF. Effect of different power parameters of Er, Cr: YSGG laser on human dentine. *Lasers in Medical Science* 2007; 22(3): 175-182.
278. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dental materials* 2005; 21(9): 864-881.
279. Fabiani C, Franco V, Covello F, Brambilla E, Gagliani MM. Removal of surgical smear layer. *Journal of Endodontics* 2011; 37(6): 836-838.

280. Theodosopoulou JN, Niederman R. A systematic review of in vitro retrograde obturation materials. *Journal of Endodontics* 2005; 31(5): 341-349.
281. Park J, Lee K. The influence of salivary contamination on shear bond strength of dentin adhesive systems. *Operative Dentistry* 2004; 29(4): 437-442.
282. Townsend RD, Dunn WJ. The effect of saliva contamination on enamel and dentin using a self-etching adhesive. *The Journal of the American Dental Association* 2004; 135(7): 895-901.
283. Chiba Y, Rikuta A, Yasuda G, Yamamoto A, Takamizawa T, Kurokawa H, Ando S, Miyazaki M. Influence of moisture conditions on dentin bond strength of single-step self-etch adhesive systems. *Journal of Oral Science* 2006; 48(3): 131-137.
284. Schulze KA, Oliveira SA, Wilson RS, Gansky SA, Marshall GW, Marshall SJ. Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a self-etching versus an acid-etching system. *Biomaterials* 2005; 26(9): 1011-1018.
285. Yazdi P, Schou S, Jensen S, Stoltze K, Kenrad B, Sewerin I. Dentine-bonded resin composite (Retroplast) for root-end filling: a prospective clinical and radiographic study with a mean follow-up period of 8 years. *International Endodontic Journal* 2007; 40(7): 493-503.
286. Andreasen J, Rud J, Munksgaard E. Retrograde root obturations using resin and a dentin bonding agent: a preliminary histologic study of tissue reactions in monkeys. *Tandlaegebladet* 1989; 93(6): 195-197.
287. Miles DA, Anderson RW, Pashley DH. Evaluation of the bond strengths of dentin bonding agents used to seal resected root apices. *Journal of Endodontics* 1994; 20(11): 538-541.
288. Murray MJ, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH. Use of self-etching adhesives to seal resected apices. *Journal of Endodontics* 2004; 30(7): 538-540.
289. Salz U, Zimmermann J, Zeuner F, Moszner N. Hydrolytic stability of self-etching adhesive systems. *The Journal of Adhesive Dentistry* 2004; 7(2): 107-116.
290. Sano H, Yoshikawa T, Pereira P, Kanemura N, Morigamui M, Tagami J, Pashley D. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *Journal of Dental Research* 1999; 78(4): 906-911.
291. Kontakiotis E, Wu MK, Wesselink P. Effect of calcium hydroxide dressing on seal of permanent root filling. *Dental Traumatology* 1997; 13(6): 281-284.
292. Wu MK, Kontakiotis E, Wesselink P. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *Journal of Dentistry* 1998; 26(7): 585-589.

293. Duarte MAH, de Oliveira Demarchi ACC, Yamashita JC, Kuga MC, de Campos Fraga S. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2003; 95(3): 345-347.
294. Tanomaru Filho M, Figueiredo FA, Tanomaru JMG. Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Brazilian Oral Research* 2005; 19(2): 119-122.
295. Sutimuntanakul S, Worayoskowitz W, Mangkornkarn C. Retrograde seal in ultrasonically prepared canals. *Journal of Endodontics* 2000; 26(8): 444-446.
296. Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *Journal of Endodontics* 2001; 27(7): 456-458.
297. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super-EBA as a root-end filling material. *Journal of Endodontics* 1998; 24(3): 176-179.
298. Torabinejad M, Hong C-U, Lee S-J, Monsef M, Ford TRP. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *Journal of Endodontics* 1995; 21(12): 603-608.
299. Scheerer SQ, Steiman HR, Cohen J. A comparative evaluation of three root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Prevotella nigrescens*. *Journal of Endodontics* 2001; 27(1): 40-42.
300. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *Journal of Endodontics* 2002; 28(1): 5-7.
301. O'Connor RP, Hutter JW, Roahen JO. Leakage of amalgam and Super-EBA root-end fillings using two preparation techniques and surgical microscopy. *Journal of Endodontics* 1995; 21(2): 74-78.
302. Taschieri S, Del Fabbro M, Francetti L, Testori T. Effect of root-end resection and root-end filling on apical leakage in the presence of core-carrier root canal obturation. *International Endodontic Journal* 2004; 37(7): 477-482.
303. Chailertvanitkul P, Saunders W, Saunders E, MacKenzie D. Polymicrobial coronal leakage of super EBA root-end fillings following two methods of root-end preparation. *International Endodontic Journal* 1998; 31: 348-353.
304. Starkey DL, Anderson RW, Pashley DH. An evaluation of the effect of methylene blue dye pH on apical leakage. *Journal of Endodontics* 1993; 19(9): 435-439.
305. Kersten H, Moorer W. Particles and molecules in endodontic leakage. *International Endodontic Journal* 1989; 22(3): 118-124.

306. Von Fraunhofer J, Fagundes D, McDonald N, Dumsha T. The effect of root canal preparation on microleakage within endodontically treated teeth: an in vitro study. *International Endodontic Journal* 2000; 33(4): 355-360.
307. Shemesh H, Souza E, Wu MK, Wesselink P. Glucose reactivity with filling materials as a limitation for using the glucose leakage model. *International Endodontic Journal* 2008; 41(10): 869-872.
308. Zou L, Liu J, Yin S, Li W, Xie J. In vitro evaluation of the sealing ability of MTA used for the repair of furcation perforations with and without the use of an internal matrix. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2008; 105(6): 61-65.
309. Bailón-Sánchez M-E, González-Castillo S, González-Rodríguez M-P, Poyatos-Martinez R, Ferrer-Luque C-M. Intraorifice sealing ability of different materials in endodontically treated teeth. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal* 2011; 16(1): 105-109.
310. Gee A, WU MK, Wesselink P. Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. *International Endodontic Journal* 1994; 27(5): 239-244.
311. Sarkar N, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics* 2005; 31(2): 97-100.
312. Gogos C, Economides N, Stavrianos C, Kolokouris I, Kokorikos I. Adhesion of a new methacrylate resin-based sealer to human dentin. *Journal of Endodontics* 2004; 30(4): 238-240.
313. Wennber A, NIOM DØ. Adhesion of root canal sealers to bovine dentine and gutta-percha. *International Endodontic Journal* 1990; 23(1): 13-19.
314. Ari H, Yaşar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *Journal of Endodontics* 2003; 29(4): 248-251.
315. Goracci C, Sadek F, Fabianelli A, Tay F, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Operative Dentistry* 2005; 30(5): 627.
316. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *Journal of Endodontics* 2006; 32(10): 963-966.
317. Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *Journal of Endodontics* 2007; 33(2): 160-162.
318. Van Meerbeek B, Inoue S, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. Enamel and dentin adhesion. *Operative Dentistry* 2001: 178-191.

319. Jainanen A, Palamara J, Messer H. Push-out bond strengths of the dentine–sealer interface with and without a main cone. *International Endodontic Journal* 2007; 40(11): 882-890.
320. Alsubait SA, Hashem Q, AlHargan N, AlMohimeed K, Alkahtani A. Comparative evaluation of Push-out bond strength of ProRoot MTA, BioAggregate and Biodentine. *The Journal of Contemporary Dental Practice* 2014; 15(3): 336.
321. Amoroso-Silva PA, Marciano MA, Guimaraes BM, DUARTE MAH, Sanson AF, MORAES IGd. Apical adaptation, sealing ability and push-out bond strength of five root-end filling materials. *Brazilian oral research* 2014; 28(1): 1-6.
322. Adl A, Sobhnamayan F, Kazemi O. Comparison of push-out bond strength of mineral trioxide aggregate and calcium enriched mixture cement as root end filling materials. *Dental Research Journal* 2014; 11(5): 564.
323. Formosa L, Mallia B, Camilleri J. Push-out bond strength of MTA with antiwashout gel or resins. *International Endodontic Journal* 2014; 47(5): 454-462.
324. Marques JHS, Silva-Sousa YTC, Rached-Júnior FJA, Mazzi-Chaves JF, Miranda CES, Silva SRCd, Steier L, Sousa-Neto MD. New Methodology to Evaluate Bond Strength of Root-End Filling Materials. *Brazilian Dental Journal* 2015; 26(3): 288-291.
325. Shokouhinejad N, Razmi H, Fekrazad R, Asgary S, Neshati A, Assadian H, Kheirieh S. Push-out bond strength of two root-end filling materials in root-end cavities prepared by Er, Cr: YSGG laser or ultrasonic technique. *Australian Endodontic Journal* 2010; 38(3): 113-117.
326. Sobhnamayan F, Sahebi S, Naderi M, Shojaee NS, Shanbezadeh N. Effect of acidic environment on the push-out bond strength of calcium-enriched mixture cement. *Iranian Endodontic Journal* 2014; 9(4): 266.
327. Tsisis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. *Journal of Endodontics* 2006; 32(5): 412-416.
328. Tsisis I, Faivishevsky V, Kfir A, Rosen E. Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: a meta-analysis of literature. *Journal of Endodontics* 2009; 35(11): 1505-1511.
329. Merino EM. *Endodontic microsurgery*. Quintessence International 2009.
330. Kaur S, Singh A, Makkar S. *A New Dimension to Surgery—Endodontic Microsurgery*. Lampert Academic Publishing, 2013.
331. Gutmann JL. Surgical endodontics: quo vadis? *Endodontic Topics* 2005; 11(1): 1.

332. Rubinstein R. Magnification and illumination in apical surgery. *Endodontic Topics* 2005; 11(1): 56-77.
333. Taschieri S, Weinstein T, Tsesis I, Bortolin M, Del Fabbro M. Magnifying loupes versus surgical microscope in endodontic surgery: A four-year retrospective study. *Australian Endodontic Journal* 2013; 39(2): 78-80.
334. Taschieri S, Del Fabbro M. Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality. *Brazilian Oral Research* 2009; 23(1): 23-30.
335. Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 2: comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *Journal of Endodontics* 2012; 38(1): 1-10.
336. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 1: comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *Journal of Endodontics* 2010; 36(11): 1757-1765.
337. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Microscope versus endoscope in root-end management: a randomized controlled study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2008; 37(11): 1022-1026.
338. Christiansen R, Kirkevang LL, Hørsted-Bindslev P, Wenzel A. Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling—1-year follow-up. *International Endodontic Journal* 2009; 42(2): 105-114.
339. Kim E, Song J-S, Jung I-Y, Lee S-J, Kim S. Prospective clinical study evaluating endodontic microsurgery outcomes for cases with lesions of endodontic origin compared with cases with lesions of combined periodontal–endodontic origin. *Journal of Endodontics* 2008; 34(5): 546-551.
340. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *Journal of Endodontics* 2009; 35(7): 930-937.
341. Von Arx T, Frei C, Bornstein M. Periradicular surgery with and without endoscopy: a prospective clinical comparative study. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2003; 113(8): 860-865.
342. Slaton CC, Loushine RJ, Weller RN, Parker MH, Kimbrough WF, Pashley DH. Identification of resected root-end dentinal cracks: a comparative study of visual magnification. *Journal of Endodontics* 2003; 29(8): 519-522.
343. Levenson D. Higher powered magnification improved endodontic surgery outcomes. *Evidence-based dentistry* 2012; 13(4): 109-109.

344. Tortorici S, Difalco P, Caradonna L, Tetè S. Traditional endodontic surgery versus modern technique: a 5-year controlled clinical trial. *Journal of Craniofacial Surgery* 2014; 25(3): 804-807.
345. de Lange J, Putters T, Baas EM, van Ingen JM. Ultrasonic root-end preparation in apical surgery: a prospective randomized study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2007; 104(6): 841-845.
346. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery with ultrasonic retrotips: one-year follow-up. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2005; 100(3): 380-387.
347. Rubinstein RA, Kim S. Long-term follow-up of cases considered healed one year after apical microsurgery. *Journal of Endodontics* 2002; 28(5): 378-383.
348. Lindeboom JA, Frenken JW, Kroon FH, van den Akker HP. A comparative prospective randomized clinical study of MTA and IRM as root-end filling materials in single-rooted teeth in endodontic surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2005; 100(4): 495-500.
349. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery using 2 different magnification devices: preliminary results of a randomized controlled study. *Journal of oral and maxillofacial surgery* 2006; 64(2): 235-242.
350. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein R. Endoscopic periradicular surgery: a prospective clinical study. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 2007; 45(3): 242-244.
351. Filippi A, Meier ML, Lambrecht J. Periradicular surgery with endoscopy--a clinical prospective study. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2006; 116(1): 12-17.
352. Chong B, Pitt Ford T, Hudson M. A prospective clinical study of Mineral Trioxide Aggregate and IRM when used as root-end filling materials in endodontic surgery. *International Endodontic Journal* 2003; 36(8): 520-526.
353. Perrin P, Neuhaus K, Lussi A. The impact of loupes and microscopes on vision in endodontics. *International Endodontic Journal* 2014; 47(5): 425-429.
354. Alaçam T, Tinaz AC, Genç Ö, Kayaoglu G. Second mesiobuccal canal detection in maxillary first molars using microscopy and ultrasonics. *Australian Endodontic Journal* 2008; 34(3): 106-109.
355. Sujith R, Dhananjaya K, Chaurasia VR, Kasigari D, Veerabhadrappe AC, Naik S. Microscope magnification and ultrasonic precision guidance for location and negotiation of second mesiobuccal canal: An in vivo study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry* 2014; 4(3): 209.

356. Das S, Warhadpande MM, Redij SA, Jibhkate N, Sabir H. Frequency of second mesiobuccal canal in permanent maxillary first molars using the operating microscope and selective dentin removal: A clinical study. *Contemporary clinical dentistry* 2015; 6(1): 74.
357. de Carvalho MCC, Zuolo ML. Orifice locating with a microscope. *Journal of Endodontics* 2000; 26(9): 532-534.
358. Baldassari-Cruz LA, Lilly JP, Rivera EM. The influence of dental operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2002; 93(2): 190-194.
359. Coutinho Filho T, Cerda RSL, Gurgel Filho ED, Deus GAd, Magalhães KM. The influence of the surgical operating microscope in locating the mesiolingual canal orifice: a laboratory analysis. *Brazilian oral research* 2006; 20(1): 59-63.
360. de Mello JE, Cunha RS, da Silveira Bueno CE, Zuolo ML. Retreatment efficacy of gutta-percha removal using a clinical microscope and ultrasonic instruments: part I—an ex vivo study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2009; 108(1): 59-62.
361. Chauhan R, Tikku A, Chandra A. Detection of residual obturation material after root canal retreatment with three different techniques using a dental operating microscope and a stereomicroscope: An in vitro comparative evaluation. *Journal of conservative dentistry* 2012; 15(3): 218.
362. Cujé J, Bargholz C, Hülsmann M. The outcome of retained instrument removal in a specialist practice. *International Endodontic Journal* 2010; 43(7): 545-554.
363. Gencoglu N, Helvacioğlu D. Comparison of the different techniques to remove fractured endodontic instruments from root canal systems. *European Journal of Dentistry* 2009; 3(2): 90.
364. Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *International Endodontic Journal* 2005; 38(2): 112-123.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	ANIL	Soyadı	TEKE
Doğum Yeri	SİMAV	Doğum Tarihi	23.02.1985
Uyruğu	TÜRKİYE CUMHURİYETİ		
E-mail	anilteke@yahoo.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurum	Mezuniyet Yılı
Doktora	Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü	2016
Yüksek Lisans	-	
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2009
Lise	Simav Anadolu Öğretmen Lisesi	2003

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Doktora Öğrencisi / Diş Hekimi	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2009-2016

Yabancı Dilleri	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İngilizce	57,5 - Orta	

T.C
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

SAYI : 72867572/050/ 894


KONU : Etik Kurul Kararı

03 Mart 2014

Sayın Prof.Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ
Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı

Sorumlu araştırmacı olduğunuz "Farklı kök ucu dolgu materyallerinin sızdırmazlık ve bağlanma özelliklerinin glikoz filtrasyon ve push-out yöntemleriyle ex-vivo olarak incelenmesi" isimli çalışmanızın kurulumuz tarafından uygun görüldüğüne ilişkin 26.02.2014 tarih ve 32 sayılı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Kararı yazımız ekinde gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.


Prof. Dr. Mustafa AKÇAM
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

EKİ: 1 Adet Etik Kurulu Kararı (2 Sayfa)

Doğu Yerleşkesi Morfoloji Binası 32260 - ISPARTA
Tel : 0 (246) 2113704 Faks : 0 (246) 2371165
e-posta : tipetik@sdu.edu.tr İnternet Adresi : www.tip.sdu.edu.tr

Bilgi için : İbrahim Etem YETİŞEN
Bilgisayar İşletmeni
Tel : 0 (246) 2113704

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı Araştırmanın Protokol Kodu	Farklı kök ucu dolgu materyallerinin sızdırmazlık ve bağlanma özelliklerinin glikoz filtrasyon ve push-out yöntemleriyle ex-vivo olarak incelenmesi (26.02.2014 tarih ve 32 sayılı karar)
---	---



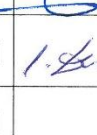

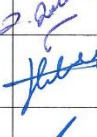

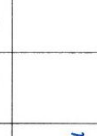




ETİK KURULU BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı
	AÇIK ADRESİ:	S.D.Ü. Doğu Kampüsü Tıp Fakültesi Dekanlığı Binası – ISPARTA
	TELEFON	246.2113704
	FAKS	246.2371165
	E-POSTA	tipetik@sdu.edu.tr

BASVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Sorumlu : Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ Yardımcı : Arş. Gör. Anıl TEKE			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Endodonti			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı			
	DESTEKLEYİCİ				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 4	<input type="checkbox"/>		
		Gözlemsel ilaç çalışması	<input type="checkbox"/>		
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
	Diğer ise belirtiniz : Deneysel Klinik Çalışma				
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
		ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	14.02.2014		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama				
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>				
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input type="checkbox"/>				
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>				
	İLAN	<input type="checkbox"/>				
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>				
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>				
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>				
DİĞER	<input type="checkbox"/>					

Prof. Dr. Mustafa AKÇAM
Etik Kurul Başkanı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı Araştırmanın Protokol Kodu		Farklı kök ucu dolgu materyallerinin sızdırmazlık ve bağlanma özelliklerinin glikoz filtrasyon ve push-out yöntemleriyle ex-vivo olarak incelenmesi							
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 32		Tarih: 26.02.2014						
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.								
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU									
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu							
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:		Prof. Dr. Mustafa AKÇAM							
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Mustafa AKÇAM	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	SDÜ Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. A. Nesimi KİŞİOĞLU	Halk Sağlığı	SDÜ Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Mustafa TÜZ	Kulak Burun Boğaz Hast.	SDÜ Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Fatih GÜLTEKİN	Tıbbi Biyokimya	SDÜ Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Serpil DEMİRCİ	Nöroloji	SDÜ Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Metin TOPÇUOĞLU	Hukuk	SDÜ Hukuk Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Mekin SEZİK	Kadın Hast. ve Doğum	SDÜ Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Zeynep Dilek AYDIN	İç Hastalıkları	SDÜ Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Halil AŞCI	Farmakoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Derya YILDIRIM	Ağız Diş ve Çene Radyoloji	SDÜ Diş Hek. Fak.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Derya CEYHAN	Pedodonti	SDÜ Diş Hek. Fak.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Uzman Dr. Kadir KARAKUŞ	Ruh Sağlığı ve Hastalıkları	Isparta Devlet Hast.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Genel Sekreter Yrd Halil KARAKOÇ	Biyomedikal	SDU Rektörlüğü	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Osman PARÇAOĞLU	Sivil Üye	Esnaf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

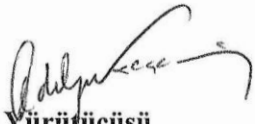
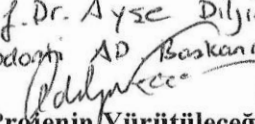
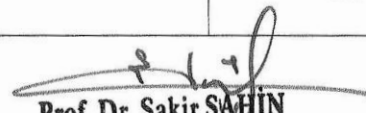
* : Toplantıda Bulunma

TÜBİTAK
PROJE DESTEKLEME SÖZLEŞMESİNİ KARŞI TARAFIN
İMZALANMASINA İLİŞKİN KABUL ve BEYAN TAAHHÜTNAMESİ

İşbu taahhütname 114S890 No' lu Projeye ilişkin düzenlenen destekleme sözleşmesinin eki olup bahsi geçen sözleşmede ve aşağıda imzası bulunanlar;

- a) Sözleşmenin, 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu'nun 20 ila 25 inci maddeleri çerçevesinde genel işlem koşulları içerdiğini,
- b) Sözleşme ekindeki mevcut mevzuatın sözleşmenin ayrılmaz parçası olduğu, sözleşmenin uygulanmasının söz konusu mevzuat kapsamında gerçekleştirileceği ve bahsi geçen mevzuata "www.tubitak.gov.tr/mevzuat" web adresinden erişim sağlanabileceğini,
- c) Söz konusu sözleşmenin imzalanmasından önce, anlaşılmayan ve tereddüt duyulan sözleşme ve atıf yapılan mevzuat hükümlerinin içeriği hakkında, tarafımıza bildirilen irtibat noktası ile bağlantıya geçilerek bilgi edinilmesinin mümkün olduğunu,
- d) Bu şartlarda sözleşmenin uygun bulunmaması durumunda sözleşmenin imzalanmaması, imzalanmama halinde herhangi bir yükümlülüğün doğmayacağını ve herhangi bir yaptırımla karşılaşmayacağımızı,

ve sözleşme ile ekli mevzuatın içeriğini okuyarak anladığımızı, kabul ettiğimizi taahhüt ederiz.

 Proje Yürütücüsü Doç. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ	 Prof. Dr. Ayşe Diljin KEÇECİ Endüstri AD Başkanı Projenin/Yürütüleceği Birim Yöneticisinin (*) Adı Soyadı
 Prof. Dr. Şakir ŞAHİN Rektör Yardımcısı Projenin Yürütüleceği Kurumun Üst Düzey Yöneticisinin (**) Adı Soyadı	

(*) : Bölüm Başkanı, Anabilim Dalı Başkanı (Tıp Fakülteleri veya Sağlık Bilimleri için), Enstitüsü Müdürü vb.
(**) : Üniversite Rektörü/Rektör Yardımcısı, Genel Müdür vb.

24

24

Sayı : 92045188/161.10/327
Konu : 114S890 numaralı proje - Sonuç Raporu

Sayın Prof. Dr. AYŞE DİLJİN KEÇECİ

Yürütücülüğünü yaptığınız **114S890** numaralı ve "**Farklı Kök Ucu Dolgu Materyallerinin Sızdırmazlık ve Bağlanma Özelliklerinin Glikoz Filtrasyon ve Push-Out Yöntemleriyle Ex-vivo Olarak İncelenmesi.**" başlıklı projenizin **Sonuç Raporu**, Grup Yürütme Komitemizin **22.12.2015** tarih ve **743** sayılı toplantısında görüşülmüş ve ilgili raporun kabulüne karar verilmiştir.

Bu proje kapsamında yapacağınız çıktılarınıza ilişkin bilgilerin ardeb-pts.tubitak.gov.tr adresinden erişebileceğiniz çıktı ekleme bölümüne girilmesi ve ilgili dosyaların bu bölüme yüklenmesi önem taşımaktadır.

Bilgilerinizi saygılarımla rica eder, çalışmalarınızda başarılar dilerim.

Prof. Dr. SEVİM AYDIN
SBAG - SAĞLIK BİLİMLERİ ARAŞTIRMA DESTEK GRUBU
Grup Yürütme Komitesi Sekreteri V.

Bilgi Notu:

- TÜBİTAK tarafından kabul edilebilir geçerli bir mazeret bildirilmeksizin; proje gelişme raporlarının sözleşmede belirtilen tarihlerde, proje sonuç raporlarının ise, sözleşmede belirtilen proje bitiş tarihinden itibaren 2 (iki) ay içinde gönderilmemesi halinde, ilgili rapor dönemine ait Proje Teşvik İkramiyeleri (PTİ) ödenmeyecektir.
- Proje ekibi tarafından, TÜBİTAK desteği ile yürütülmekte/sonuçlandırılmış olan projeler kapsamında yapılan yayınlarda [makale, kitap, bildiri (sözlü sunum/poster sunum), tez, yayılım vb.] proje sözleşmesi ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği (AYEK) gereğince ilgili proje numarası ile birlikte TÜBİTAK desteği belirtilmelidir.
- 03/11/2012 tarihinden sonra sonuçlanan projelerde, projelerin yürütücü ve araştırmacılarını ödüllendirmek amacıyla Proje Performans Ödülü (PPÖ; ppo.tubitak.gov.tr) uygulamasına başlanmıştır. Bu uygulamaya paralel olarak proje çıktılarının değerlendirilmesi de ARDEB Proje Takip Sistemi (ardeb-pts.tubitak.gov.tr) üzerinden yapılmaktadır. Bu kapsamda projenize ait çıktıların PTS'ye yüklenmesi önem taşımaktadır.