

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**AÇIK APEKS SİMÜLASYONU YAPILAN ÜST KESER DİŞLERDE
TOTAL KÖK KANAL DOLUMUNDA KULLANILAN ÜÇ FARKLI
TRİKALSİYUM SİLİKAT SİMANIN KANALDAN
UZAKLAŞTIRILMA ETKİNLİĞİNİN MİKRO BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Işıl Can

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ

2022-Kırıkkale

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**AÇIK APEKS SİMÜLASYONU YAPILAN ÜST KESER DİŞLERDE
TOTAL KÖK KANAL DOLUMUNDA KULLANILAN ÜÇ FARKLI
TRİKALSİYUM SİLİKAT SİMANIN KANALDAN
UZAKLAŞTIRILMA ETKİNLİĞİNİN MİKRO BİLGİSAYARLI
TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Işıl Can

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ

**Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
desteklenmiştir.**

Proje No: 2021/069

2022-Kırıkkale

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Pedodonti Anabilim Dalında Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 01/09/2022

Doç. Dr. Volkan ARIKAN

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Faköltesi

Jüri Başkanı

Doç. Dr. Merve ERKMEN ALMAZ

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği

Faköltesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ali TÜRKYILMAZ

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği

Faköltesi

Üye

Doç. Dr. Yusuf BAYRAKTAR

Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği

Faköltesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Esra KIZILCI

Erciyes Üniversitesi, Diş Hekimliği

Faköltesi

Üye

ETİK BEYANI

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

o Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

o Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

o Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

o Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

o Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir,

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

Işıl CAN

01.09.2022

ÖZET

Açık Apeks Simülasyonu Yapılan Üst Keser Dişlerde Total Kök Kanal Dolumunda Kullanılan Trikalsiyum Silikat Simanların Kanaldan Uzaklaştırılma Etkinliğinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında üç farklı trikalsiyum silikat siman ile total dolumu yapılmış açık apeksli daimi maksiller santral dişlerden MTA Uzaklaştırma Kiti ve Bio-Retrievability solüsyonu ile materyalin kanallardan uzaklaştırılma etkinliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. 24 adet tek köklü, çürüksüz maksiller santral daimi diş toplanmıştır. İmmatür diş simülasyonu gerçekleştirilip irrigasyonları yapılan dişler bir haftalık geçici kanal patı ile pansumanı yapıldıktan sonra dişler rastgele olarak üç gruba ayrılmış (n=8) ve her bir grup farklı materyal ile doldurulmuştur (ProRoot MTA, Biodentine, OrthoMTA). Giriş kavimleri IRM ile kapatılan dişler 14 gün boyunca fosfat tamponlu salinde (PBS) bekletilerek materyalin sertleşmesi beklenmiştir. 14. günün sonunda kök kanallarının mikro bilgisayarlı tomografi ile taranması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra tüm gruplardaki kök kanal dolguları MTA uzaklaştırma kiti ve Bio-Retrievability solüsyonu ile kanallardan uzaklaştırılmıştır. Uzaklaştırma süreleri kronometre ile ayrı ayrı ölçülmüştür ve dişler ikinci kez mikro-BT ile taranmıştır. Elde edilen görüntülerin analizleri yapılarak simanların uzaklaştırma etkinlikleri ve süreleri değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler ve hesaplamalar için IBM SPSS Statistics 21.0 ve MS-Excel 2013 programları kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Gruplar arasında uzaklaştırılamayan simanların yüzde değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p=0.523$). Gruplar arasında dolgu materyallerinin kanaldan uzaklaştırılma süre değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($\chi^2=15.485$, $p<0.001$). OrthoMTA'nın kök kanallarından uzaklaştırma işlemi, ProRoot MTA ve Biodentine'den daha az zaman alıcı olarak bulunmuştur. Çalışmamızın sonucunda her üç grupta da kök kanallarından uzaklaştırılan materyal yüzdesinin yüksek olması (ProRoot MTA %99.869, Biodentine %99.848, OrthoMTA%99.878) kullandığımız MTA Uzaklaştırma Kiti ve Bio-Retrievability solüsyonunun etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: İmmatür diş, Biodentine, Mikro- BT, ProRoot MTA, OrthoMTA

ABSTRACT

Evaluation of the Removal Efficiency of Tricalcium Silicate Cements Used in Total Canal Filling in Open Apex Simulated Upper Incisors by Micro-Computed Tomography

The aim of this study is to examine the removal efficiency of the material from the root canals by using the MTA Removal Kit and Bio-Retrievability solution from the immature permanent maxillary central teeth that were totally filled with three different tricalcium silicate cements. 24 single-rooted, caries-free maxillary central permanent teeth were collected. Immature teeth simulated and irrigated samples were dressed with temporary canal sealer for one week. The teeth were randomly divided into three groups (n=8) and each group was filled with different materials (ProRoot MTA, Biodentine, OrthoMTA). Access cavities were closed with IRM and kept in PBS for 14 days, waiting for the material to set. Then, the teeth were scanned with micro-computed tomography. Cements were removed from the root canals using the MTA removal kit and Bio-Retrievability solution. The removal process times were measured separately with a stopwatch. Then the teeth were scanned again by micro-CT. IBM SPSS Statistics 21.0 and MS-Excel 2013 programs were used for statistical analysis and calculations. Statistical significance level was accepted as $p < 0.05$. There was no statistically significant difference between the groups in terms of the percentage values of silicate cements that could not be removed ($p = 0.523$). A statistically significant difference between the groups in terms of duration values ($\chi^2 = 15.485$, $p < 0.001$). The removal process of OrthoMTA from the root canals was significantly less time-consuming than ProRoot MTA and Biodentine. As a result of our study, the high percentage of material removed from the root canals in all three groups (ProRoot MTA 99.869%, Biodentine 99.848%, OrthoMTA 99.878%) shows that the MTA Removal Kit and Bio-Retrievability solution we used were effective.

Key Words: Immature tooth, Biodentine, Micro-CT, ProRoot MTA, OrthoMTA

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER	ix
TABLolar	x
ŞEKİLLER	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR	xii
1.GİRİŞ	1
1.1. Kök Gelişimi.....	2
1.2. Kökleri Gelişmekte Olan Dişlerde Pulpa Yaralanması	2
1.2.1. Tanı ve Vaka Değerlendirmesi.....	3
1.2.2. Tedavi Planlaması	4
1.3. Apeksifikasyon	5
1.3.1 Frank Apeksifikasyonu (Kalsiyum Hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) Apeksifikasyonu) ...	6
1.3.1.1. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ apeksifikasyonunun avantajları.....	6
1.3.1.2. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ apeksifikasyonunun dezavantajları.....	6
1.3.2. Tek Seans Apeksifikasyonu	7
1.3.2.1. Tek seans apeksifikasyonunun avantajları	8
1.3.2.2. Tek seans apeksifikasyonunun dezavantajları.....	8
1.4. Rejenerasyon (Revaskülarizasyon).....	9
1.4.1. Rejenerasyonun Avantajları	10
1.4.2. Rejenerasyonun Dezavantajları.....	11
1.5. MTA ile Kök Kanallarının Total Dolumu	13
1.5.1. MTA ile Total Kök Kanal Dolumunun Avantajları	13
1.5.2. MTA ile Total Kök Kanal Dolumunun Dezavantajları.....	15
1.6. Total Kök Kanal Dolumunda Kullanılan Trikalsiyum Silikat Simanlar	16
1.6.1. MTA	16
1.6.1.1. İçeriği	16
1.6.1.2. Endikasyonları	16
1.6.1.3. Fizikokimyasal özellikleri.....	17
1.6.1.4. Biyoaktivite	18
1.6.1.5. MTA'nın sızdırmazlık özellikleri.....	18
1.6.2. Biodentine	19

1.6.2.1. İçeriği	19
1.6.2.2. Endikasyonları	20
1.6.2.3. Fizikokimyasal özellikleri	20
1.6.2.4. Biodentine'in sızdırmazlık özellikleri	22
1.6.2.5. Biyoaktivite	23
1.6.3. OrthoMTA	23
1.6.3.1. İçeriği	23
1.6.3.2. Endikasyonları	23
1.6.3.3. Fizikokimyasal Özellikleri	23
1.6.3.4. Biyoaktivite	24
1.7. Endodontik Tedavilerde Başarısızlıklar	25
1.8. Kanal Tedavisinin Yenilenmesi	26
1.9. MTA'nın Kanaldan Uzaklaştırılması	27
1.9.1. MTA Uzaklaştırma Kiti	29
1.9.2. Bio-Retrievability Solüsyonu	30
1.10. Kök Kanallarından Trikalsiyum Silikat Simanların Uzaklaştırılma İşleminin Etkinliğinin Değerlendirilme Yöntemleri	30
1.10.1. Mikro-BT	32
1.11. Amaç ve Hipotez	33
2. GEREÇ VE YÖNTEM	34
2.1. Çalışmaya Ait Akış Şeması	35
2.2. Örneklerin Seçimi	36
2.2.1. Seçilen Örneklerde Açık Apeks Simülasyonunun Hazırlanması	37
2.2.2. Kanal içi Medikaman Uygulaması	37
2.2.3. Çalışma Grupların Oluşturulması	38
2.2.4. Trikalsiyum Silikat Simanların Kök Kanalına Yerleştirilmesi	38
2.3. Kök Kanallarına Uygulanan Trikalsiyum Silikat Simanların Mikro-BT ile Değerlendirilmesi	42
2.4. Trikalsiyum Silikat Simanların Kök Kanalından Uzaklaştırılması	42
2.5. Çalışma Sürelerinin Belirlenmesi	43
2.6. Trikalsiyum Silikat Simanlar Uzaklaştırıldıktan Sonra Kök Kanallarının Mikro-BT ile Değerlendirilmesi	43
2.7. Verilerin İstatistiksel Analizlerinin Yapılması	44
3. BULGULAR	45
3.1. Kök Kanallarının Dolum Sonrası Toplam Hacmine Ait Bulguları	45

3.2. Kök Kanallarından Trikalsiyum Silikat Simanlar Uzaklaştırıldıktan Sonra Kalan Materyal Hacmine Ait Bulgular.....	48
3.3. Çalışma Grupları Arasında Uzaklaştırılamayan Simanların Yüzde (%) Olarak Karşılaştırılması.....	50
3.4. Trikalsiyum Silikat Simanların Kök Kanallarından Uzaklaştırılma Sürelerinin Karşılaştırılması.....	51
4. TARTIŞMA	53
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	67
EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ.....	94



ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Çalışmada Kullanılan Materyal ve İçerikleri.....	41
---	----



TABLÖLAR

Tablo 2. 1. Güç analizi sonucu örnek sayısının belirlenmesi.....	36
Tablo 3. 1. Gruplar arasında dolum sonrası toplam hacim değerlerinin karşılaştırılması.....	45
Tablo 3. 2. Gruplar arasında trikalsiyum silikat simanların uzaklaştırıldıktan kalan hacim değerlerinin karşılaştırılması	48
Tablo 3. 3. Gruplar arasında uzaklaştırılamayan simanların yüzde değerlerinin karşılaştırılması	50
Tablo 3. 4. Gruplar arasında süre değerlerinin karşılaştırılması	51



ŞEKİLLER

Şekil 1. 1. 0.5mm'lik Ultrasonik uç.....	29
Şekil 1. 2. 0.3 mm'lik Ultrasonik uç.....	29
Şekil 1. 3. 0.25 mm'lik Ultrasonik uç.....	30
Şekil 2. 1. Açık apeks simülasyonu yapılmış üst santral diş.....	37
Şekil 2. 2. Kök kanalına Ca(OH) ₂ 'li kanal patının yerleştirilmesi	38
Şekil 2. 3. ProRoot MTA	39
Şekil 2. 4. Biodentine	39
Şekil 2. 5. OrthoMTA	40
Şekil 2. 6. Kök kanal dolum sonrası alınan kontrol radyografileri (A:ProRoot MTA, B:Biodentine, C:OrthoMTA)	40
Şekil 2. 7. Kök kanal dolgusu uzaklaştırıldıktan sonra alınan kontrol radyografileri (A:ProRoot MTA, B:Biodentine, C:OrthoMTA).....	43
Şekil 3. 1. Grupların dolum sonrası toplam hacim ortalama değerleri.....	46
Şekil 3. 2. ProRoot MTA ile kök kanal dolumunun mikro-BT tarama görüntüsü.....	46
Şekil 3. 3. Biodentine ile kök kanal dolumunun mikro-BT tarama görüntüsü	47
Şekil 3. 4. OrthoMTA ile kök kanal dolumunun mikro-BT tarama görüntüsü.....	47
Şekil 3. 5. Grupların trikalsiyum silikat simanlar uzaklaştırıldıktan sonra kalan hacim ortalama değerleri.....	48
Şekil 3. 6. ProRoot MTA kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra alınan mikro-BT tarama görüntüsü.....	49
Şekil 3. 7. Biodentine kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra alınan mikro-BT tarama görüntüsü.....	49
Şekil 3. 8. OrthoMTA kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra alınan mikro-BT tarama görüntüsü.....	50
Şekil 3. 9. Gruplar arasında uzaklaştırılamayan simanların yüzde ortalama değerleri	51
Şekil 3. 10. Grupların süre ortalama değerleri	52

SİMGELER ve KISALTMALAR

% : Yüzde

< : Küçüktür

= : Eşittir

> : Büyüktür

± : Artı eksi

°C : Santigrad derece

μA: Mikroamper

μm : Mikrometre

AAE : American Association of Endodontists

AAPD: American Academy of Pediatric Dentistry

Al: Alüminyum

As: Arsenik

BT : Bilgisayarlı Tomografi

Ca(OH)₂ : Kalsiyum Hidroksit

Cd: Kadmiyum

Cr: Krom

Cu: Bakır

ÇAG: Çeyreklikler Arası Genişlik

DVT: Dental Volümetrik Radyografi

EDTA : Etilen Diamin Tetra Asetik Asit

Fe: Demir

HCl: Hidroklorik Asit

IL: İnterlöklin

IRM : Intermediate Restorative Material

KIBT: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

kV: kilovolt

mA : Miliamper

mA: Miliamper

Mikro-BT : Mikro Bilgisayarlı Tomografi

ml : Mililitre
mm : Milimetre
mm³: Milimetre küp
Mn: Manganez
MPa: Megapaskal
ms: Milisaniye
MTA : Mineral Trioksit Agregat
NaOCl : Sodyum Hipoklorit
Ni: Nikel
NiTi: Nikel-Titanyum
Ort: Ortalama
PBS : Fosfat Tamponlu Salin
PDL : Periodontal Ligament
pH : Power of Hydrogen
REP : Rejeneratif Endodontik Prosedürler
SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu
SS : Standart Sapma
WMTA: Beyaz MTA
ZOE: Çinko Oksit Öjenol

1.GİRİŞ

Kök gelişiminin tamamlanması ve apeksin kapanması, dişin erüpsiyonundan üç yıl sonrasına kadar gerçekleşir (Bhasker SN. 1991). Diğer taraftan çürük ve travma, kök gelişimi devam eden dişlerde nekroza yol açarak, kök gelişiminin yarıda kalmasına sebep olmakta ve apikal açıklığın kapanmasına engel olmaktadır (Mohammadi 2011). Bunun dışında, apikal gelişimi etkileyen dens evaginatus ya da dens invaginatus gibi anatomik varyasyonlar da görülebilmektedir (X. Chen ve ark. 2013; Diogenes ve ark. 2013). Gelişen bu pulpa nekrozu; apikal foramen bölgesinde kronik periapikal enflamasyona, hatta bazı durumlarda periapikal kist ve osteomyelitte yol açmaktadır (Thibodeau ve Trope 2007).

Dental travma ise; termal, kimyasal ve mekanik faktörlerin oral dokuları (diş, pulpa ve periodontal yapılar) etkilemesidir. Juvenil dönemindeki hastalarda düşme, kaza, şiddet içerikli hareketler ve çeşitli spor aktiviteleri sonucunda gelişmekte ve daimi dentisyondaki çocuklarda %30 oranında görülmektedir (Jens Ove Andreasen, Munksgaard ve Bakland 2006; Feliciano 2006; Hemalatha ve ark. 2009). Yapılan çalışmalar dental travmaların sıklıkla 8-12 yaş aralığında yani immatür dişlerin ağızda olduğu dönemde görüldüğünü bildirmiştir (Cauwels ve ark. 2010; Wilkinson, Beeson, ve Kirkpatrick 2007; Wilson ve ark. 1997). Bu esnada pulpa yaralanmasının tedavisi, klinisyen için birtakım zorluklar içermektedir. Etkilenen pulpanın canlılığına bağlı olarak, iki yaklaşım mümkündür: apeksogenez veya apeksifikasyon. Apeksogenez, kök ucunun fizyolojik gelişimini ve oluşumunu teşvik etmek için gerçekleştirilen vital bir pulpa tedavisidir (Endodontists 2003). Apeksifikasyon ise, açık apeksli bir kökte kalsifiye bariyer indüklemek için veya açık apeksli nekrotik pulpalı dişlerde apikal gelişimi devam ettirmek için kullanılan bir yöntemdir (Endodontists 2003). Kök gelişimi devam eden dişlerin çeşitli nedenlerle canlılığını kaybetmesi ve/veya enfekte olması durumunda tedavileri büyük önem taşımaktadır. Çocuk hastalarda kraniyofasiyal gelişimin devam etmesi nedeniyle bu dişlerin çekimi sonrası hemen implant veya sabit protez uygulamaları mümkün olamamaktadır. Bir diğer problem de çekim bölgesinde oluşan alveoler kemik kaybıdır (S.-J. Chen ve Chen 2016). Aynı zamanda kırık, kaybedilmiş ve kötü estetiğe neden olan anterior dişlerin beslenme problemlerine ve psikolojik sorunlara neden olabileceği de bildirilmiştir (Desai ve Chandler 2009; Tanalp ve ark. 2012). Sonuç olarak kök gelişimi durmuş dişlerin

ağızda fonksiyonel olarak tutulması büyük önem taşımakta olup, bu dişlere kök kanal tedavisi yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Tanalp ve ark. 2012). Ancak kök gelişimini tamamlamamış immatür dişlerin kanal tedavisi zayıf dentin duvarları ve geniş, açık apeks varlığı nedeniyle zordur (Lawley ve ark. 2004; Wilkinson, Beeson, ve Kirkpatrick 2007). Geniş apikal açıklık, apikal tıkamayı zorlaştırmakta ve kullanılan materyallerin apikalden taşma ve periapikal dokularda yabancı cisim reaksiyonu oluşturma riskini beraberinde getirmektedir (Rafter 2005). Ayrıca, immatür dişlerin zayıf dentin duvarları, dişlere gelen kuvvetlere karşı kırılma direncinin matür dişlere kıyasla daha az olmasına neden olmaktadır. Nitekim, Cvek immatür dişlerin kırılmaya %28 ile %77 oranında yatkın olduğunu ifade etmiştir (Cvek M. 1992). Bu durumda başarı, doğru teşhis ve biyolojik süreçlerin tam olarak anlaşılması ile orantılı bir tedavi süreciyle sağlanmaktadır.

1.1. Kök Gelişimi

Kök gelişimi, mine ve dentin oluşumu gelecekteki sementoenamel birleşim noktasına ulaştığında başlamaktadır. Bu aşamada, iç ve dış mine epitelyumu artık stratum intermedium ve stellat retikulum tarafından ayrılmaz, ancak bir Hertwig epitel kök kılıfı oluşturmak için iki katmanlı epitel duvarı olarak gelişmektedir (Rafter 2005). Radiküler hücrelerin odontoblastlara farklılaşması indüklendiğinde ve ilk dentin tabakası döşendiğinde, Hertwig'in epitel kök kılıfı dağılmaya başlar, kök yüzeyi ile yakın ilişkisini ve sürekliliğini kaybeder. Kalıntıları, kökün dış yüzeyinin yakınında epitelyal bir bağ veya tübül ağı olarak varlığını sürdürmektedir (Bhasker SN. 1991).

Hertwig'in epitel kök kılıfı, kök veya köklerin şeklini belirlemeden sorumludur. Epitelyal diyafram apikal açıklığı pulpanın etrafını sarar ve sonunda apikal foramen haline gelir. İmmatür dişlerin gelişen köklerinde, erüpsiyondan yaklaşık üç yıl sonra apikal kapanma oluşana kadar açık bir apeks bulunmaktadır (Bhasker SN., 1991).

1.2. Kökleri Gelişmekte Olan Dişlerde Pulpa Yaralanması

Maalesef genç daimi dişlerin travmatik yaralanmaları nadir değildir ve çocukların yaklaşık %30'unu etkilediği bilinmektedir (J O Andreasen, Andreasen ve Andersson 1993). Bu travmalar da çoğunlukla kök oluşumu tamamlanmasından önce meydana gelmekte ve bu durum pulpal inflamasyon veya nekrozla sonuçlanabilmektedir (J. Q.

Andreasen ve Ravn 1972). Hertwig'in epitel kök kılıfı genellikle travmaya duyarlıdır, ancak apikal bölgedeki damarlanma ve hücrel zenginlik nedeniyle, pulpa iltihabı ve nekroz varlığında bile kök oluşumu devam edebilmektedir (J O Andreasen 1967; Pindborg 1955). Hertwig'in epitel kök kılıfının pulpa hasarı sonrası gelişimi devam eden kökteki önemli rolü nedeniyle, canlılığını sürdürmek için gerekli tedaviler denenmelidir.

Hertwig epitel kök kılıfının tamamen yok olması, normal kök gelişiminin durmasına neden olmaktadır. Ancak bu, kök apeksinde sert doku birikiminin bir sonu olduğu anlamına gelmemektedir. Kılıf yok olduktan sonra odontoblastlarda daha fazla farklılaşma olmamaktadır. Sert doku normalde apikal bölgede bulunan sementoblastlar ve yaralanma sonrasında farklılaşan diş folikülü ve periodontal ligament fibroblastları tarafından üretilmektedir (Torneck 1982).

1.2.1. Tanı ve Vaka Değerlendirmesi

Pulpa yaralanması olan immatür dişlerin tedavisinde dikkatli değerlendirme ve doğru teşhis önemlidir. Pulpa durumunun klinik değerlendirmesi, ayrıntılı bir subjektif semptom öyküsü, dikkatli klinik ve radyografik inceleme ve tanısal testlerin gerçekleştirilmesini gerektirir (Rafter 2005). Ayrıntılı bir ağrı geçmişi elde edilmelidir. Ağrının süresi ve karakteri ile ağırlaştırıcı ve hafifletici faktörler dikkate alınmalıdır. Ağrının süresi değişebilir, ancak vital pulpası olan bir dişte kısa bir süreden (birkaç saniye) uzun süren ağrının irreversible pulpitisin göstergesi olduğu düşünülmektedir. Ağrı kendiliğinden ve şiddetli olduğunda ve uzun sürdüğünde bu teşhis neredeyse kesindir. Ağrı karakter olarak zonklama tarzında ise ve diş dokunmaya duyarlıysa, apikal periodontitis veya akut apikal apse ile pulpal nekroz olasılığı yüksektir (Rafter 2005). Objektif testlerle tanıyı kesinleştirmek önemlidir. Bunlar görsel inceleme, perküsyon testi, termal ve elektrikli pulpa testini içerir. Bir şişlik veya fistül yolunun varlığı, pulpal nekrozu ve akut veya kronik apseyi gösterir. Perküsyona karşı hassasiyet, periapikal dokularda iltihaplanma anlamına gelmektedir (Rafter 2005). İmmatür dişler pulpa testine öngörülemeyen tepkiler verdiği için doğal olarak vitalite testi güvenilirmezdir (Rafter 2005). Kök oluşumunun tamamlanmasından önce, subodontoblastik bölgedeki sinirlerin duyu pleksusu iyi gelişmemiştir, özellikle elektrikli pulpa testinin kullanılması hatalı negatif cevaba sebep olabileceğinden bu cihazların kullanımı bu dişlerde tavsiye edilmemektedir (Jacobsen ve Kerekes 1977;

Klein 1978). Radyografik yorumlama zor olabilmektedir. Normal şartlarda immatür bir dişin gelişmekte olan açık apeksini radyolusent bir alan olarak sağlıklı bir pulpa çevreler. Bu bulguyla nekrotik pulpadan kaynaklanan patolojik bir radyolusent görüntüyü ayırt etmek zor olabilmektedir. Kontralateral dişin periapeksi ile karşılaştırılması yardımcı olabilmektedir. Ne yazık ki, bu bireysel testlerin sonuçları ile histolojik tanı arasında yakın bir ilişki kurmak mümkün olmamaktadır; ancak anamnez, muayene ve tanısal testlerin sonuçlarını birleştirerek doğru bir klinik tanı olması umulmaktadır (Hyman ve Cohen 1984; Seltzer, Bender ve Ziontz 1963).

1.2.2. Tedavi Planlaması

Yapılan değerlendirmeler sonucunda pulpa vital kabul edildiğinde tedavi olarak apeksogenez teknikleri denenebilmektedir. Nekrotik bir pulpa, dişi zorunlu olarak apeksifikasyon tedavisine yönlendirmektedir (Shabahang 2013).

İmmatür daimi dişler için tedavinin ideal sonuçları; apikal patolojiyi iyileştirmek, semptomların klinik olarak çözülmesini sağlamak, apikal kapanma ile devam eden kök gelişimini desteklemek ve pulpa dokusunun fonksiyonel yeterliliğini geri kazandırmaktır (Hargreaves, Diogenes ve Teixeira 2013). Kök kırılma riskini azalttığı ve dişin kuren/kök oranını iyileştirdiği için kök gelişiminin devam etmesi arzu edilir. Bu dişleri fonksiyonel ve estetik nedenlerle ağızda tutmaya çalışmak önemlidir ve çekim sonrası implantlar genellikle kraniyofasiyal büyüme tamamlanana kadar kontrendikedir (Hargreaves, Diogenes ve Teixeira 2013). İnce, kırılğan dentin duvarları bakterilerin mekanik debridmanla uzaklaştırılmasını zorlaştırdığından bu tür dişlerin tedavisi karmaşıktır. Sonuç olarak, enfekte kök kanallarının dezenfeksiyonu daha çok irrigasyon solüsyonlarının ve kanal içi medikamanların kullanımına bağlıdır (Lovelace ve ark. 2011).

Enfekte kök kanal sistemleri ve açık apeksleri olan immatür daimi dişler için üç ana tedavi seçeneği vardır. Bunlar; kalsiyum hidroksit ile apeksifikasyon, Mineral Trioksit Agregat (MTA) ile apikal bariyer oluşumu ve rejeneratif endodontik tedavi prosedürlerini içermektedir (Flanagan 2014).

1.3. Apeksifikasyon

Geçmişte, vital olmayan dişlerde açık apeksin yönetimi için teknikler, özel dolgu malzemesinin yerleştirilmesi ve apikal cerrahi ile sınırlıydı (Friend 1967). Bazı araştırmacılar özel olarak yerleştirilmiş güta-perka konilerinin kullanımını tanımlamıştır, ancak kökün apikal kısmının genellikle koronal kısımdan daha geniş olması, güta-perkanın uygun şekilde kondenzasyonunu imkansız hale getirdiği için bu tavsiye edilmemektedir (Friend 1966). Cerrahi müdahalenin dezavantajları, kök apeksindeki ince, kırılğan, düzensiz duvarları ile genç devital dişte gerekli apikal sızdırmazlığı elde etmenin zorluğudur. Geniş foramen ve büyük hacimde dolgu malzemesi riskli bir sızdırmazlığa neden olmaktadır. Bu prosedürlerin sağladığı sınırlı başarı, ilk olarak 1960'larda önerilen apikal gelişimin devam etmesi veya apikal bir bariyerin kurulması fenomenine önemli bir ilgi ile sonuçlanmıştır (Frank 1966; Kaiser 1968). Geleneksel kök kanal dolgusu için daha uygun koşullar sağlamak üzere devital dişlerde apikal kapanmanın indüksiyonu için birçok teknik önerilmiştir.

Bu tekniklerin çoğu nekrotik dokunun çıkarılmasını takiben kanalın debridmanını ve bir medikamanın yerleştirilmesini içermektedir. Bununla birlikte, apikal bariyer oluşumunun indüksiyonu için bir medikamanın gerekli olduğu kesin olarak gösterilmemiştir. Nygaard-Ostby, kanama meydana gelene kadar periapikal dokuların laserasyonunun kanalda yeni vital vaskülarize doku üretebileceğini varsaymaktadır. Bu tedavinin "apeksin gelişmesine neden olabileceğini" öne sürmüştür (Östby 1961). Moller ve ark., enfekte nekrotik pulpa dokusunun periapikal dokularda güçlü inflamatuvar reaksiyonları indüklediğini göstermiştir. Bu nedenle, enfekte pulpa dokusunun çıkarılması, bir medikaman kullanılmadan apikal kapanmaya elverişli bir ortam oluşturması gerekmektedir (Möller ve ark. 1981). McCormick ve arkadaşları, kök kanalının debridmanının ve nekrotik pulpa dokusunun ve mikroorganizmaların uzaklaştırılmasının yanı sıra pulpa boşluğundaki azalmanın apeksifikasyonda kritik faktörler olduğunu varsaymışlardır (McCormick, Weine ve Maggio 1983). Cooke ve Rowbotham, uygun koşullar altında Hertwig epitel kök kılıfının kalıntılarının apikal mezodermal dokuyu kök bileşenleri halinde organize edebileceğini varsaymaktadır (Cooke ve Rowbotham 1988). Apeks çevresindeki dokuya travmadan kaçınılmasını tavsiye etmişlerdir. Bu teori, Vojinovic ve Dylewski tarafından desteklenmektedir. İndüklenmiş apikal kapatma alanındaki ilk çalışmaların çoğu, antiseptik ve antibiyotik patların kullanımına odaklanmıştır (Dylewski 1971; Vojinović 1974). Bazı

araştırmacılar kök kanal debridmanını takiben geçici bir dolgu malzemesi olarak antiseptik bir pat kullanarak apikal kapanmayı göstermiş ve Ball bu sonuçları bir antibiyotik patı kullanarak başarıyla yeniden üretmiştir (Ball 1964).

1.3.1 Frank Apeksifikasyonu (Kalsiyum Hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) Apeksifikasyonu)

İmmatür nekrotik pulpalı dişlerde kök kanalı içine düzenli aralıklarla uygulanan medikamanlarla apikal bölgede kalsifiye bariyer oluşumunu ve apikal açıklığın kapanmasını sağlayan tedavi yöntemi “çok seanslı (geleneksel) apeksifikasyon tedavisi” olarak tanımlanmaktadır (American Association Of E, American Academy Of O ve R. 2011).

Apikal bariyer oluşumunun indüksiyonu için çeşitli malzemeler önerilmiş olsa da kalsiyum hidroksit en çok kabul gören materyaldir. Kalsiyum hidroksit kullanımı ilk kez Kaiser tarafından tanıtılmış ve apeks boyunca kalsifiye bir bariyer oluşumunu indükleyeceğini öne sürmüştür (Kaiser 1968). Bu prosedür, enstrümantasyon ve medikaman yoluyla kök kanalı içindeki kontaminasyonu azaltmanın önemini vurgulayan Frank tarafından popüler hale getirilmiştir (Frank 1966).

1.3.1.1. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ apeksifikasyonunun avantajları

- Yüksek pH'ı ile periapikal onarım ve sert doku oluşumunu indükler (Javelet, Torabinejad ve Bakland 1985)(D. F. Mitchell ve Shankwalker 1958),
- Antibakteriyel etkinliği bulunmaktadır (Jiang ve ark. 2003),
- Periapikal dokuların $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'e reaksiyonu pulpa dokusuna benzerdir (Holland ve ark. 1977),
- Kolajen sentezinde rol oynayan pirofosfataz enzimini uyararak onarım mekanizmalarını kolaylaştırabilmektedir (Heithersay 1970, 1975).

1.3.1.2. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ apeksifikasyonunun dezavantajları

Apeksifikasyon tedavisinde uzun yıllardır kullanılan kalsiyum hidroksit içerikli materyallerle ilgili yüksek başarı oranları bildirilmesine rağmen bu tedavi yönteminin önemli dezavantajları da mevcuttur. Uzun süreli kalsiyum hidroksit tedavisi ile apeksifikasyonun eksiklikleri şunlardır (I Rotstein ve Ingle 2019a):

- Açık apekslerin kapanması için gereken sürede değişkenlik (Finucane ve Kinirons 1999; Frank 1966; Kinirons ve ark. 2001),

- Kalsiyum hidroksit patını değiştirmek ve yenilemek için birden fazla ziyaretin gerekli olması (Abbott ve Yu 2007; Mackie 1998; Mackie ve Hill 1999; Morse ve ark. 1990; Sheehy ve Roberts 1997; Webber 1984; Yates 1988),
- Koronal sızıntı ve kanalın yeniden enfeksiyon potansiyeli (Cvek 1972; Kleier ve Barr 1991),
- Apikal bariyer olarak belirlenmiş değişken ve tanımsız doku türlerinin oluşumu (Torneck CD 1970)(Walia, Singh Chawla ve Gauba 2001),
- Hastanın sıkı bir takip protokolüne uymadığı durumlarda potansiyel koronal kırık görülmesidir (Jens Ove Andreasen, Farik, ve Munksgaard 2002; Jens Ove Andreasen, Munksgaard ve Bakland 2006; Bakland ve Andreasen 2012; Doyon, Dumsha ve von Fraunhofer 2005; Hatibović-Kofman ve ark. 2008; Rosenberg, Murray ve Namerow 2007; E. B. Tuna ve ark. 2011; White ve ark. 2002).

1.3.2. Tek Seans Apeksifikasyonu

Apikal iyileşmenin indüksiyonu, kullanılan materyalden bağımsız olarak en az 3-4 ay sürmekte ve birden fazla randevu gerektirmektedir (Rafter 2005). Hastanın tedaviye uyumu zayıf olabilir ve birçok randevusuna gelmeyebilir (Rafter 2005). Geçici dolgu başarısız olabilir, bu da yeniden enfeksiyona ve tedavinin uzamasına veya başarısız olmasına neden olabilmektedir. Endodontik başarısızlığı önlemede koronal dolgunun önemi iyi bilinmektedir (Magura ve ark. 1991; Ray ve Trope 1995; Saunders ve Saunders 1994). Bu nedenlerden dolayı tek seans apeksifikasyon önerilmiştir. Morse ve ark. tek seans apeksifikasyonu, biyouyumlu bir materyalin kök kanalının apikal ucuna cerrahi olmayan şekilde kondenzasyonu olarak tanımlamaktadır (Morse ve ark. 1990) Gerekçe, kök kanalının hemen doldurulmasını sağlayacak bir apikal bariyer oluşturmaadır. Kök ucunu kapatma girişimi yoktur (Rafter 2005). Bunun yerine yapay bir apikal tıkaç oluşturulur. Bu amaçla, trikalsiyum fosfat (Coviello ve Brilliant 1979; Harbert 1996), kalsiyum hidroksit (Coviello ve Brilliant 1979; Schumacher ve Rutledge 1993), dondurularak kurutulmuş kemik (Rossmeisl ve ark. 1982a) ve dondurularak kurutulmuş dentin (Rossmeisl ve ark. 1982b) dahil olmak üzere bir dizi malzeme önerilmiştir. MTA'nın tek seans apeksifikasyonunda kullanımını açıklayan bir dizi rapor bulunmaktadır. Witherspoon ve Ham, MTA'nın kullanıldığı bir teknik tanımlamaktadır. MTA'nın sert doku oluşumu ve daha iyi bir biyolojik tıkama potansiyeli için iskelet sağladığını iddia etmişlerdir (Witherspoon ve Ham 2001). Bu

tekniğin nekrotik pulpalı immatür dişleri tedavi etmek için uygun bir seçenek olduğu ve kalsiyum hidroksit apeksifikasyonuna etkili bir alternatif olarak görülmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kalsiyum silikat içerikli birçok materyal geliştirilmiş olup günümüzde hala tek seans apeksifikasyon yönteminde en sık tercih edilen materyal MTA'dır (Aggarwal V, Mıglanı S 2012).

1.3.2.1. Tek seans apeksifikasyonun avantajları

Mevcut kanıtlara dayanarak, immatür daimi dişlerin apikal tıkaçla tedavisi, uzun süreli kalsiyum hidroksit tedavisine iyi bir alternatiftir (İlan Rotstein ve Ingle 2019b).

Avantajları arasında apikal açıklığın daha öngörülebilir kapanması, daha kısa tedavi süresi ve daha az randevu yer almaktadır ve iyi bir sızdırmazlık ve biyouyumluluk sağlayan MTA gibi materyallerin mevcudiyeti ile apikal bir tıkaç yerleştirilmesi daha öngörülebilir bir tedavi seçeneği sunmaktadır (İlan Rotstein ve Ingle 2019b). Tıkaç, anında kök kanal dolumu için bir matris sağlayan bir bariyer sunmaktadır. MTA'nın periradiküler bölgelerdeki histolojik değerlendirmesi, sement ve kemik dahil olmak üzere sert dokuların tutarlı bir şekilde apozisyonunu göstermiştir (İlan Rotstein ve Ingle 2019b).

Tek seanslı kök ucu kapama prosedürlerinin bir başka olası yararı, dentin yapısı üzerinde zararlı etkileri olabilecek ilaçlara maruz kalmanın en aza indirilmesidir (İlan Rotstein ve Ingle 2019b). Antimikrobiyal aktivitelerine ek olarak, sodyum hipoklorit (NaOCl) ve kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) doku çözücü özelliklere sahiptir. Bu özellik, smear kalıntılarını temizlerken değerlidir; bununla birlikte, dentinin organik bileşenlerinin bu kimyasallara daha uzun maruz kalma süreleri boyunca çözünmesi de dentinin yapısal bütünlüğünü değiştirebilmektedir (İlan Rotstein ve Ingle 2019b).

Daha az randevu gereksinimi özellikle genç hastalarda önemlidir. Çocuklar genellikle daha uzun randevulara karşı endişeli ve hoşgörüsüzdür. Bu nedenle, tekrar ziyaretlerini en aza indirebilecek teknikler, hasta ve doktor açısından daha avantajlıdır (İlan Rotstein ve Ingle 2019b).

1.3.2.2. Tek seans apeksifikasyonun dezavantajları

İmmatür dişlerin apikal tıkaçlarla tedavisinin avantajlarına rağmen bazı eksiklikleri vardır. Tek seans apeksifikasyonda, apekte kalsifiye doku oluşumu ve kök

gelişiminin devamlılığı sağlanamamaktadır. Bu nedenle, kısa köklü dişlerde kullanımı uygun görülmemektedir (Sarris ve ark. 2008). Genellikle apeksifikasyon öyküsü olan immatür dişlerde başarısızlık, kök apeksinden ziyade dişin servikal bölgesindeki kırıklardan kaynaklanmaktadır. Servikal kök kırılmasının başlıca nedenleri, bu immatür dişlerdeki ince dentin duvarları ve dentin yapısını değiştirebilecek kimyasallara uzun süre maruz kalmalarıdır (İlan Rotstein ve Ingle 2019b). İmmatür dişlerde apikal tıkaç olarak MTA'nın kullanılmasındaki bir dezavantaj; kondenzasyon basıncının işlem sırasında tam olarak sağlanamamasıdır. Kondenzasyon basıncının fazla arttırılması ise MTA'nın periapikal dokulara taşmasına neden olacağı için önerilmemektedir (Pinar Erdem ve Sepet 2008). Kondenzasyon sırasında periapikal dokulara taşmayı önlemek amacıyla MTA'dan önce destek materyallerinin (Örneğin; kalsiyum sülfat, kolajen) kullanılması denenmiş olsa da, bu durumun MTA'nın tıkama özelliğini olumsuz etkilediği belirtilmiştir (V. Srinivasan, Waterhouse ve Whitworth 2009; Zou ve ark. 2008). Kök kanalında enfeksiyon varlığında MTA'nın sertleşme reaksiyonu düşük pH'dan olumsuz etkileneceği için kanalın mekanik temizliğinin ardından öncelikle kalsiyum hidroksit patı uygulanması gerekmektedir. Bu durum tedavi süresini uzatmaktadır (El-Meligy OA 2006).

Diğer bir potansiyel dezavantaj, kanala MTA yerleştirilmesinden kaynaklanan diş renginin değişmesi olasılığıdır ve bu durum ön dişlerde belirgindir (İlan Rotstein ve Ingle 2019b). Anterior dişlerin koronal kısmındaki renk değişikliklerini en aza indirmek için MTA tıkaçları kök kanal boşluğunun apikal 4-5 mm'si ile sınırlandırılabilir (İlan Rotstein ve Ingle 2019b). Kanal boşluğunun kalan kısmı, daha kısa köklerde rezin siman ile restore edilebilmektedir. Daha uzun köklerde, koronal alanı rezin siman ile restore etmeden önce kök kanal boşluğunun koronal üçte ikisini doldurmak için bir gütaperka tabakası ve pat kullanılabilir. Resin simanın mine-sement birleşiminin altına yerleştirilmesi de dişin kırılma direncini artırabilmektedir (Katebzadeh, Dalton ve Trope 1998; Rabie ve ark. 1985).

1.4. Rejenerasyon (Revaskülarizasyon)

Son yıllarda, rejeneratif endodontik tedavi adı verilen biyolojik temelli bir tedavi tanıtılmıştır. Bu yaklaşım, apikal papillada enfeksiyon ve nekroza dirençli periodontal kan akımına yakın olduğu bilinen osteo/odonto progenitör kök hücrelerin varlığına dayanmaktadır (Huang ve ark. 2008). Bu tedavide amaç, kök kanal boşluğu içinde bu

kök hücrelerin çoğalmasını, pulpa rejenerasyonunu destekleyen uygun bir ortam (bakteri ve nekrotik pulpa dokusunun olmaması, bir iskele ve sıkı bir koronal sızdırmazlığın varlığı) hazırlanmasını ve kök gelişiminin devamlılığını sağlamaktır (Hargreaves ve ark. 2008). Tedavi prosedürü, kök kanal boşluğunun NaOCl (Thibodeau ve ark. Trope 2007), NaOCl/klorheksidin (Petrino ve ark. 2010; Shin, Albert ve Mortman 2009) veya NaOCl/hidrojen peroksit (Cotti, Mereu ve Lusso 2008) kombinasyonlarının bolca irrigasyonu ile kimyasal dezenfeksiyon sağlanarak başlar, ardından kanal içi bir medikamanın yerleştirilmesi ile ilk seans son bulur. Üçlü antibiyotik karışımı (metronidazol, siprofloksasin ve minosiklin) (Banchs ve Trope 2004), kalsiyum hidroksit (Chueh ve ark. 2009) ve formokrezol (Shah ve ark. 2008) gibi çeşitli medikamanlar başarıyla kullanılmıştır. Bir sonraki ziyarette, ilk seanstan en az bir hafta sonra (Ding ve ark. 2009) veya daha fazla (Thibodeau ve Trope 2007), klinik inflamasyon belirtilerinin olmaması durumunda, klinisyen kanal içi medikamanı çıkarır ve periradiküler bölgeyi irrite ederek kök kanal boşluğu içinde kanama oluşturur. Pıhtı oluşumundan sonra klinisyen kan pıhtısının üzerine bir MTA tıkaçı yerleştirerek kök kanal boşluğunu kapatır (Banchs ve Trope 2004). Tek köklü (Chueh ve Huang 2006; Petrino ve ark. 2010) dişlerde bu tedavi yaklaşımı için başarılı klinik ve radyografik sonuçları gösteren birçok vaka çalışması vardır.

1.4.1.Rejenerasyonun Avantajları

Rejeneratif endodontik prosedürler (REP), geleneksel kök kanal tedavilerinden önemli ölçüde daha yeni bir tedavi yöntemidir ve bunların beklenen sonuçları bilimsel literatürde net olarak tanımlanmamıştır (I Rotstein ve Ingle 2019b). Bu yeni prosedürler, bazı durumlarda, apikal periodontitisin iyileştirilmesinin birincil amacının ötesine geçen, benzeri görülmemiş sonuçlar sağlamaktadır (I Rotstein ve Ingle 2019b). Devam eden radyografik kök gelişiminin ortak bulguları, daha fazla oranda diş sağkalımı ve pozitif canlılık testi, daha geleneksel tedavi yaklaşımlarına kıyasla REP için daha iddialı klinik beklentilerin değerlendirilmesini sağlamaktadır (I Rotstein ve Ingle 2019b). Tedaviden sonra kök gelişiminin devam ettiğini gösteren çok sayıda yayınlanmış vaka vardır (Diogenes ve ark. 2013).

Pozitif pulpal yanıtlar, yayınlanan tüm REP vaka raporlarının yaklaşık %50'sinde gözlemlenmiş ve rapor edilmiştir (Diogenes ve ark. 2013).

Özetle, klinisyenler bir rejeneratif prosedürün “başarısını” daha fazla değerlendirmek için sıklıkla radyografik sürekli kök gelişimi ve pulpa testi yanıtlarının önceden belirlenmiş kriterlerine güvenmektedirler (I Rotstein ve Ingle 2019b). Çoğu hasta dişin ağrısız ve işlevsel olmasını beklediğinden, bu kriterlerin hasta için anlamı net değildir. REP'leri değerlendirmek için sıklıkla kullanılan klinisyen merkezli kriterler, bu apeksifikasyon prosedürlerini takiben kök gelişimi ve canlılık tepkileri beklenmediğinden apeksifikasyon prosedürlerine doğrudan uygulanamamaktadır (I Rotstein ve Ingle 2019b).

1.4.2.Rejenerasyonun Dezavantajları

- Renk Değişimi

Kim ve arkadaşlarının (J.-H. Kim ve ark. 2010) ortaya koyduğu gibi rejeneratif endodontik tedaviler sonrası dişin renklenmesi, çoğunlukla üçlü antibiyotik patta minosiklin kullanımına bağlı bir sorundur. Tedavi sonrası diş renklenmesinin ana nedeninin, tedavi prosedürü sırasında üçlü antibiyotik pat içindeki minosiklinin koronal dentin duvarları ile teması olduğunu göstermişlerdir. Yakın tarihli bir çalışma, kanal içine üçlü antibiyotik patı yerleştirilmeden önce dentin bonding ajanı ve kompozit rezin kullanılarak erişim boşluğunun dentin duvarlarının kapatılmasını önermiştir (Reynolds, Johnson ve Cohenca 2009). Renk değişimini önlemenin pratik bir yolu, minosiklin yerine dişleri renklendirmeyen bir antibiyotik kullanmaktır. Thibodeau ve Trope (Thibodeau ve Trope 2007), antibiyotik karışımında minosiklin yerine sefaklor kullanarak maksiller santral kesici dişin başarılı bir rejeneratif endodontik tedavisini bildirmiştir.

Rejeneratif endodontik tedaviler sonrası renklenmenin ana nedeni minosiklin (J.-H. Kim ve ark. 2010) olmasına rağmen, birçok çalışma gri MTA (Reynolds, Johnson ve Cohenca 2009) ve beyaz MTA (WMTA)'nın (Petrino ve ark. 2010) tedavi sonrası renk değişikliğine neden olabileceğini ortaya koymuştur.

- Zayıf Kök Gelişimi

İmmatür dişlerde ideal kök gelişim modeli, kök boyunda artış, kök duvar kalınlığında artış ve kök apeksinin oluşumunu içermektedir. Bazı çalışmalarda, nekrotik immatür dişlerin rejeneratif endodontik tedavilerinin sonucu, kök uzunluğunda artış olmaması (Petrino ve ark. 2010)(Nosrat, Seifi ve Asgary 2011), kök duvar kalınlığında artış olmaması (Petrino ve ark. 2010)(M. Chen ve ark. 2012), diş apeksi (M. Chen ve ark.

2012) veya kök oluşumunun olmaması dahil olmak üzere idealden uzak sonuçlar görülmüştür. Koronal MTA tıkaçı ile kök apeksi (M. Chen ve ark. 2012) arasında kanal içinde sert doku bariyeri oluşumu, bildirilen bir başka olumsuz sonuçtur.

- Yetersiz Kanama

Bazı araştırmacılar REP esnasında kök kanal boşluğunda gerekli olan kanamayı indüklemekte başarısız olduğunu bildirmiştir (Ding ve ark. 2009)(Nosrat, Seifi ve Asgary 2011)(Cehreli ve ark. 2011). Yapılan bir çalışma, insan dişlerinde kanama indüksiyonundan sonra mezenkimal kök hücrelerin kök kanal boşluğuna iletiltiğini ortaya koymuştur (Lovelace ve ark. 2011). Ayrıca dezenfeksiyon sonrası kök kanal boşluğu içinde oluşan kan pıhtısının trombosit kaynaklı büyüme faktörleri içerdiği ve proteinden zengin bir yapı iskelesi görevi gördüğü varsayılmaktadır (Hargreaves ve ark. 2008). Öte yandan, yeterli kanamanın olduğu ve kök gelişiminin olmadığı birkaç vaka bildirilmiştir (Petrino ve ark. 2010)(Lenzi ve Trope 2012). Ek olarak, başarılı rejeneratif endodontik tedavi ve kanama indüksiyonu olmadan devam eden kök gelişimi hakkında birkaç rapor bulunmaktadır (Shin, Albert ve Mortman 2009)(Chueh ve ark. 2009)(Chueh ve Huang 2006). Bu nedenle bu konu tartışmalıdır ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

- Kök Kanalı Kalsifikasyonu/Obliterasyonu

Kalsiyum hidroksit ile dezenfekte edilen vakalarda bildirilen nekrotik immatür dişlerin rejeneratif endodontik tedavisi sonrası kök kanal kalsifikasyonu/obliterasyonu da bir diğer problemdir (Chueh ve ark. 2009)(Chueh ve Huang 2006)(M. Chen ve ark. 2012). Rejeneratif endodontik tedavi görmüş vakalarda tam kanal kalsifikasyonu/obliterasyonu başarısızlık olarak ifade edilmese de, ilgili dişin kanal tedavisine ihtiyaç duyması durumunda ciddi sorunlara neden olabilmektedir (I Rotstein ve Ingle 2019b).

Ele alınması gereken başka sorunlar da bulunmaktadır. Bu yeni tedavinin uzun vadeli başarısını geleneksel tedavilerle, özellikle MTA apikal tıkaç teknikleri ile karşılaştıran randomize klinik çalışmalar yapılmamıştır (I Rotstein ve Ingle 2019b). Ayrıca vaka seçim kriterleri ve başarı/başarısızlık kriterleri de net olarak belirlenmemiştir (I Rotstein ve Ingle 2019b).

1.5. MTA ile Kök Kanallarının Total Dolumu

Güta-perkanın mikrosızıntıya karşı oldukça duyarlı olduğunu gösteren çok sayıda çalışma sonucu, alternatif dolum materyalleri geliştirilmiştir (Bogen ve Kuttler 2009). Güta-perka, kullanım kolaylığı, kullanım özellikleri ve biyouyumluluk açısından önemli avantajlar sunsa da, onu idealden uzaklaştıran doğal zayıflıklar sergilemektedir (Bogen ve Kuttler 2009).

MTA, immatür dişlerde yapay apikal bariyer indükleyici olarak altın standart olarak kabul edilmektedir (Ajas ve ark. 2018; Aksel ve ark. 2018). Total kök kanal dolumu için de çeşitli çalışmalar bildirilmiştir. MTA'nın immatür dişlerde kullanılması, yatay ve dikey kök kırıklarına karşı direnci artırabilmektedir (Nasseh ve ark. 2018; M. H. Patel ve ark. 2018). Aynı zamanda Biodentine, dentine yapısal olarak çok benzerdir ve MTA ile benzer mekanik ve fiziksel özelliklere sahip nispeten yeni bir biyoseramik simandır. Bu nedenle, dolgu materyali olarak MTA/Biodentine kullanılarak köklerin güçlendirilmesi faydalı olabilmektedir (Darak ve ark. 2020).

Total MTA kök kanal dolumu endikasyonlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Yenilenen kanal tedavilerinde (Bogen ve Kuttler 2009)
- Açık Apeksli Dişlerde (Huang ve ark. 2008)(Witherspoon ve ark. 2008)
- Reimplante edilen dişlerde (Panzarini ve ark. 2007)
- Altında daimi germi olmayan süt dişlerinde (O'Sullivan ve Hartwell 2001)
- Yoğun internal kök rezorpsiyonu (Jacobovitz ve De Lima 2008),
- Dens evaginatus, dens invaginatus, C şeklinde kanallar, füzyon veya geminasyonu içeren anatomik varyasyonlar gösteren seçilmiş vakalar için uygun bir seçenektir (Bogen ve Kuttler 2009).

1.5.1. MTA ile Total Kök Kanal Dolumunun Avantajları

MTA, periapikal dokuları irrite etmeyen ve ayrıca sement ve periodontal ligament (PDL) rejenerasyonunu indükleyen biyoaktif bir silikat simandır (Thomas R Pitt Ford ve ark. 1995; Regan, Gutmann ve Witherspoon 2002; Torabinejad ve ark. 1997). Siman, sementin onarımı ve rejenerasyonu için gerekli olan lenfokinleri serbest bırakmak için bağışıklık hücrelerini uyaran ve kemik periapikal defektlerinin biyoremineralizasyonu ve iyileşmesi için gerekli kemik birleştirme faktörlerini uyaran

osteoindüktif ve sementojenik bir ajandır (Economides N, Pantelidou O, Kokkas A 2003).

MTA, total kök kanal dolumu amacıyla kullanıldığında, güta-perka gibi diğer geleneksel kanal dolgu materyallerinden daha tutarlı bir şekilde biyolojik onarım mekanizmalarını indükleyebilmektedir (Holland ve ark. 1999; Panzarini ve ark. 2007). MTA ile yenilenen kanal tedavileri, cerrahi endodonti ile geleneksel yeniden tedavi ile karşılaştırıldığında karşılaştırılabilir veya daha üstün iyileşme oranları ve daha az morbidite göstermektedir (T Kvist ve Reit 2000; Thomas Kvist ve Reit 1999). MTA'nın sızdırmazlık yeteneğinin, endodontide birçok geleneksel malzemelerden daha üstün olduğu bilinmektedir (Torabinejad M, Falah R, Kettering JD 1995b; Torabinejad M, Watson TF 1993b). İmmatür apeksli dişlerde MTA ile total kök kanal dolumu, periapikal patoloji veya apse varlığında tam kök olgunlaşmasını desteklemek için apikal papilladan mezenkimal kök hücreleri uyarak apeksogenezi indükleyebilmektedir (Huang ve ark. 2008). Total kök kanal dolgu materyali olarak kullanıldığında, MTA'nın sızdırmazlık özelliği kök rezeksiyonundan etkilenmemektedir (Andelin ve ark. 2002; Lamb ve ark. 2003). Bogen ve Kuttler, MTA'nın güta-perka konilerine alternatif olarak kullanılabileceğini öne sürmüşler ve MTA ile kök kanallarının doldurulduğu başarılı vakalar bildirmişlerdir (Bogen ve Kuttler 2009). Mikrosızıntı nedeniyle başarısız olan kanal tedavileri, yetersiz temizleme ve şekillendirme, düşük kaliteli tıkaçlar ve büyük periapikal lezyonlar, bu osteoindüktif ve sementojenik materyal kök kanal sistemini doldurmak için kullanıldığında üstün iyileşme oranları gösterebilmektedir (Bogen ve Kuttler 2009). MTA ile doldurulan dişlerin zamanla sadece kırılma direncini artırmakla kalmayıp, ciddi şekilde enfekte olmuş dişlerde bakterilerin etkili bir şekilde gömülebileceği ve nötralize edilebileceği yapılan çalışmalarda görülmektedir (Bogen ve Kuttler 2009). Shabahang ve arkadaşları (Shabahang S, Torabinejad M, Boyne Pp, Abedi H 1999), köpek dişlerindeki açık apeksleri osteojenik protein-1, MTA ve kalsiyum hidroksit ile tedavi ettikten sonra sert doku oluşumunu ve inflamasyonu histomorfolojik olarak incelemişlerdir. En belirgin şekilde sert doku oluşumunu MTA indüklemiştir.

Açık apeks dişleri doldurmak için MTA kullanımı, kalsiyum hidroksitle karşılaştırıldığında daha yüksek derecede sert doku oluşumu göstermiştir. Bir dizi hayvan çalışması, kalsiyum hidroksit ile tedavi edilen dişlerle karşılaştırıldığında açık apeksli dişleri kapatmak için MTA kullanıldığında daha öngörülebilir bir iyileşme

sonucu göstermiştir (Shabahang S, Torabinejad M, Boyne Pp, Abedi H 1999)(Felippe, Felippe ve Rocha 2006; Ham ve ark. 2005). MTA veya kalsiyum hidroksit ile apeksifikasyonun klinik ve radyografik sonuçlarını karşılaştıran bir insan sonuç çalışmasında, MTA ile doldurulan tüm vakalar 12 aylık takip sonunda başarılı olurken, 15 kalsiyum hidroksit vakasının ikisi başarısız bulunmuştur (El-Meligy OA 2006). Prospektif bir insan çalışmasında, tek bir randevuda MTA ile açık apeksli 57 diş doldurulmuştur. Bu vakaların 43'ü 12 ayın sonunda takip randevularına gelmiş ve vakaların %81'i iyileşmiş olarak sınıflandırılmıştır (Simon et al. 2007).

1.5.2. MTA ile Total Kök Kanal Dolumunun Dezavantajları

MTA, total kök kanal dolumunda kullanıldığında bazı dezavantajlara sahiptir. Gri MTA, materyal koronal yapıya veya ön dişlerde sementoenamel bağlantının yakınına yerleştirilirse dişlerin rengini bozabilmektedir. Bu, zamanla artabilen demir iyonlarının dentin tübüllerine indirgenmesine bağlanabilir (Asgary ve ark. 2005). Bu faktör, dişte zaten tam kaplama metal tabanlı restorasyon varsa önemli değildir. Beyaz MTA'nın alternatif bir malzeme olarak kullanılabileceği metal destekli porselen kron restorasyonları olmayan anterior estetik bölgelerde önemli bir endişe olabilir. Seramik kuronlar ve kaplamalar, laboratuvarında düzgün şekilde opaklaştırılmazsa benzer bir sorun oluşturabilir ve MTA, sementoenamel bağlantı düzeyine ulaşabilmektedir (Bogen ve Kuttler 2009).

Malzeme ile ilgili diğer bir potansiyel problem, yerleştirme ve tedaviden sonra parsiyel olarak çıkarılması olabilir. Ultrasonik yardımıyla çıkarılması mümkün olsa da kavisli kanallarda MTA dolumu bir ikilem oluşturabilmektedir (Boutsoukis, Noura ve Lambrianidis 2008). Kavisli bir kanalın dolumu kalıcı bir dolgu olarak düşünülmeli ve bu nedenle olası başarısızlık durumunda kök ucunun cerrahi rezeksiyonu ile tedavi edilmelidir (Bogen ve Kuttler 2009). Ayrıca operatörler, MTA'nın endodontik tedavileri için alternatif bir dolgu malzemesi olarak kullanıldığını ve klinik prognozu bilinmeyen dişler için tedavi seçeneklerini karmaşıklıştırabileceği konusunda hastaları bilgilendirmelidir (Bogen ve Kuttler 2009).

Bir diğer küçük dezavantaj, ProRoot MTA'nın yavaş sertleşme süresidir. Malzemenin ilk sertleşmesi 2,5-4,0 saat sürebilir, ancak tam sertleşme için 21 gün gerekmektedir (Torabinejad ve 1995). Tedavi prosedürünün tek seans prosedürünü zorunlu kıldığı geniş kanallar ve açık apeksler sergileyen immatür dişleri olan genç hastalarda,

MTA'nın üstü kağıt konilerle kurutulabilir ve açığa çıkan MTA'nın üzerine akıcı bir kompomer yerleştirilebilir. İlk ziyarette tedaviyi tamamlamak için MTA ve kompomer üzerine ışıkla sertleşen veya kendiliğinden sertleşen bir kor veya cam iyonomer materyal yerleştirilebilir. Tek ziyarette tedavi gerektiren daha küçük kanallı azı dişleri veya küçük azı dişleri, apikal olarak 4-5 mm MTA doldurulduktan sonra doldurulabilir. Kanallar bir yandan irrigasyon iğnesi kullanılarak steril su ile yıkanır ve kağıt konilerle kurutulur ve sertleşmemiş MTA'nın üzerine akışkan bir kompomer kullanılmadan termoplastik güta-perka ve pat yerleştirilir (Bogen ve Kuttler 2009).

1.6. Total Kök Kanal Dolumunda Kullanılan Trikalsiyum Silikat Simanlar

1.6.1. MTA

1.6.1.1. İçeriği

MTA temel olarak üç toz bileşenin mekanik bir karışımıdır: portland simanı (%75), bizmut oksit (%20) ve kalsiyum sülfat dihidrat (%5) (Sarkar ve ark. 2005). MTA patentine göre, birlikte simanın %70-95'ini oluşturan kalsiyum oksit (ağırlıkça %50-75) ve silikon oksitten (ağırlıkça %15-20) oluşur. Bu hammaddelerin harmanlanması üzerine; trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminoferrit üretilir (Kaur ve ark. 2017).

1.6.1.2. Endikasyonları

- Vital pulpa tedavileri (Pulpa kuafajı (D. Tuna ve Ölmez 2008; Witherspoon 2008), pulpotomi (Chaollai, Monteiro ve Duggal 2009; Eghbal ve ark. 2009; Torabinejad ve Chivian 1999), apeksogenez (Tawil, Duggan ve Galicia 2015)),
- Apeksifikasyon (Witherspoon ve Ham 2001),
- Rejenerasyon (Banchs ve Trope 2004),
- Perforasyon tamiri (furkasyon veya kök bölgesinde)(Oliveira ve ark. 2008; Wang, Wang ve Ni 2009),
- Retrograd kök ucu dolumu (Christiansen ve ark. 2009),
- Kök kanalının total dolumu (Bogen ve Kuttler 2009; O'Sullivan ve Hartwell 2001) ve

- Rezorpsiyon (Sari ve Sönmez 2006; Silveira ve ark. 2009) görülen dişlerin tedavisinde kullanılmaktadır.

1.6.1.3. Fizikokimyasal özellikleri

MTA, tam veya kısmi kanal dolumu için kullanıldığında başarılı sonuçlar sağlayabilen fizikokimyasal özellikler sergiler. Materyallerin bileşimi ve özellikleri birbirinden biraz farklı olmasına rağmen, kanal dolumu için hem gri hem de beyaz MTA kullanılabilir (Roberts ve ark. 2008). Bu karakteristik özelliklerden bazıları, ilk olarak, kalsiyum silikatların reaksiyona girerek kalsiyum hidroksit ve kalsiyum silikat hidrat jeli oluşturduğu ve bir alkali pH ürettiği hidrasyon işlemi sırasında gözlemlenebilir (Dammaschke ve ark. 2005). Başka bir reaksiyon, trikalsiyum alüminat ve kalsiyum fosfat ile reaksiyon sırasında yüksek sülfatlı bir kalsiyum sülfat alüminat oluşturur (Taylor HFN. 1997). Sertleşen MTA'dan kalsiyum salınımı dentin tübülleri boyunca difüze olur ve materyal sertleştikçe kalsiyum iyonlarının konsantrasyonu zamanla artar (Özdemir ve ark. 2008). Simanın biyouyumluluğunun hidrasyon işlemi sırasında hidroksil iyonları ve kalsiyum hidroksit oluşumunun serbest bırakılmasına atfedilebileceği görülmektedir (J Camilleri 2008).

MTA dentine uygulandığında, fosfatların varlığında bir dentin-MTA ara yüzey tabakası oluşmaktadır (Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R 2005). Bu yapışık interstisyel tabaka, X-ışını kırınımı ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi altında incelendiğinde bileşim ve yapı olarak hidroksiapatite benzer; bununla birlikte, kalsiyumun fosfora oranı, gerçek hidroksiapatitte rapor edilenden farklıdır (Bozeman, Lemon ve Eleazer 2006). Dentin ve MTA arasındaki bu ara yüz, rezin modellerinde amalgam, ara restoratif materyal veya SEM altında Super-EBA ile karşılaştırıldığında üstün marjinal adaptasyon göstermiştir (Torabinejad M, Watson TF 1993b). Ayrıca MTA'nın partikül boyutu ve boyutsal şekli, temizleme ve şekillendirme sonrası mikroorganizmaları barındırabilecek dentin tübüllerini tıkayabilmekte ve penetre edebilmektedir (Komabayashi ve Spångberg 2008).

MTA sadece ideal bakteriyostatik olma şartını yerine getirmekle kalmayıp, aynı zamanda potansiyel bakterisidal özelliklere de sahip olabilmektedir. Hidroksil iyonlarının salınımı, uzun süreler boyunca sürekli yüksek pH (Fridland ve Rosado 2005) ve mineralize bir interstisyel tabakanın oluşumu, bakteriyel hayatta kalma için zorlu bir ortam oluşturmaktadır (Santos ve ark. 2005).

1.6.1.4. Biyoaktivite

MTA, periapikal dokuları irrite etmeyen ve ayrıca sement ve PDL rejenerasyonunu indükleyen biyoaktif bir silikat simandır (Thomas R Pitt Ford ve ark. 1995; Regan, Gutmann ve Witherspoon 2002; Torabinejad ve ark. 1997). Siman, sementin onarımı ve rejenerasyonu için gerekli olan lenfokinleri serbest bırakmak için bağışıklık hücrelerini uyaran ve kemik periapikal defektlerinin biyoremineralizasyonu ve iyileşmesi için gerekli kemik birleştirme faktörlerini uyaran osteoindüktif ve sementojenik bir ajandır (Economides ve ark. 2003). İnsan osteoblastları, materyale adezyon gösterir, bu da uygun biyolojik tepkileri ve biyouyumluluğu işaret etmektedir (Zhu ve ark. 2000). MTA'nın yüzey topografisi, osteoblastik fenotipi modüle eden bir mekanizma sağlayabilmektedir (Zhao ve ark. 2006). MTA, yüksek seviyelerde IL-1alfa, IL1beta, IL-6 ve makrofaj koloni uyarıcı faktör sergileyebilen insan osteoblastlarında interlökin (IL) üretimini tetiklemektedir (E T Koh ve ark. 1997; Eng Tiong Koh ve ark. 1998; P. J. C. Mitchell ve ark. 1999; Yaltirik ve ark. 2004).

MTA, kök ucu dolgu materyali olarak kullanıldığında sert doku birikimini uyatabilmektedir (Bernabé ve ark. 2005). Birkaç çalışma, kök ucu dolgu materyali olarak yerleştirilen MTA'nın, karmaşık bir biyolojik onarım süreci yoluyla PDL'nin yenilenmesini desteklediğini göstermiştir (Economides ve ark. 2003; Regan, Gutmann ve Witherspoon 2002).

1.6.1.5. MTA'nın sızdırmazlık özellikleri

MTA'nın sızdırmazlık yeteneğinin, endodontide şu anda kullanılan diğer geleneksel malzemelerden daha üstün olduğu gösterilmiştir (Torabinejad ve ark. 1994; Torabinejad M, Falah R, Kettering JD 1995a). 3 ile 5 mm MTA tıkaçlarını, bir sıvı filtrasyon cihazı ile test edilen kök kanallarının MTA ile total kök kanal dolumunu karşılaştıran bir çalışma, dört hafta sonra sızdırmazlık yeteneğinde önemli bir fark göstermemiştir (Martin ve ark. 2007). Çalışma, MTA'nın fosfat tamponlu salin (PBS) ile etkileşiminin, zamanla MTA'nın sızdırmazlığını iyileştiren apatit birikimini desteklediğini öne sürmüştür. MTA'nın nemli bir ortama yerleştirildiğinde sızıntıya daha yüksek oranda direndiği de gösterilmiştir (Chogle ve ark. 2007).

Kanıtlar, MTA'nın retrograd dolum materyali olarak kullanıldığında güvenilir, bakterilere dirençli bir bariyer sağlama yeteneğini desteklemektedir. Yapılan bir çalışma, 70 günlük bir test periyodu sırasında *Actinomyces viscosus*'lu bir modelde 5

mm'lik apikal MTA tıkaçının mikrobiyal sızıntıya tamamen direndiğini göstermiştir (Al-Kahtani ve ark. 2005).

MTA'nın altın standart materyal olmasına rağmen birkaç dezavantajı vardır. Klinik olarak manipüle edilmesi zordur, sertleşme süresi uzundur ve çözünmeye karşı direnci düşüktür (Eduardo Antunes Bortoluzzi ve ark. 2006; Kogan ve ark. 2006; Porter ve ark. 2010). MTA ayrıca koronal renk değişikliğine neden olma potansiyeline sahiptir (Eduardo Antunes Bortoluzzi ve ark. 2006; Maroto 2005). MTA için kesin bir çözücü bilinmemektedir ve sertleştikten sonra çıkarılması çok zordur (Boutsioukis, Noula ve Lambrianidis 2008; Poggio ve ark. 2007). Bu dezavantajlar, daha ideal restoratif materyallerin gerekliliğini kanıtlamaktadır.

1.6.2. Biodentine

Biodentine, 2009 yılında ticari olarak piyasaya sürülen ve özel olarak “dentin replasmanı” malzemesi olarak tasarlanmış olan kalsiyum silikat esaslı bir materyaldir. Biodentine, endodontik onarım (kök perforasyonları, apeksifikasyon, rezorptif lezyonlar ve endodontik cerrahide retrograd dolgu malzemesi) ve pulpa kaplamayı içeren geniş bir uygulama alanına sahiptir ve restoratif diş hekimliğinde dentin replasman materyali olarak kullanılabilir. Materyal aslında MTA bazlı siman teknolojisi kullanılarak formüle edilmiştir ve bu tipteki fiziksel nitelikler ve kullanım alanı gibi bazı özelliklerin iyileştirilmesi ile oluşturulmuştur (Malkondu, Kazandağ, ve Kazazoğlu 2014).

1.6.2.1. İçeriği

Biodentine'in içeriği, malzemenin toz bileşeninin trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat ve oksit dolgu maddesi, demir oksit ve zirkonyum oksitten oluştuğunu belirtmektedir (Kaur ve ark. 2017). Trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikat, sırasıyla ana ve ikinci çekirdek malzemeleri olarak belirtilir, buna karşılık zirkonyum oksit bir radyopaklaştırıcı olarak işlev görmektedir (Kaup, Schäfer ve Dammaschke 2015). Diğer yandan likiti, hızlandırıcı olarak kalsiyum klorür ve indirgeyici ajan olarak görev yapan suda çözünür bir polimer içermektedir (Kaup, Schäfer ve Dammaschke 2015).

1.6.2.2. Endikasyonları

- Vital pulpa tedavilerinde (Pulpa kuafajı (Nowicka ve ark. 2013), pulpotomi (Villat ve ark. 2013), apeksogenez (Kenchappa ve ark. 2015)),
- Apeksifikasyonda (Vidal ve ark. 2016)(Bajwa, Jingarwar ve Pathak 2015),
- Rejenerasyonda (Topçuoğlu ve Topçuoğlu 2016),
- Dentin ikamesinde (G. Koubi ve ark. 2013),
- Perforasyon tamirinde (Hassan, Al Hadi ve MH 2015)
- Retrograd kök ucu dolumunda (Pawar, Kokate ve Shah 2013),
- Kök kanalının total dolumunda (S. Srinivasan ve ark. 2021) ve
- Rezorpsiyon (Umashetty ve ark. 2015) görülen dişlerin tedavilerinde kullanılmaktadır.

1.6.2.3. Fizikokimyasal özellikleri

Malzemenin sertleşme süresi üretici firma tarafından 9–12 dakika olarak belirtilmiştir (Biodentine Biological Bulk Fill 2022). Ürünün özelliklerinden biri olan hızlı sertleşme süresinin partikül boyutunun artırılması, sıvı bileşene kalsiyum klorür eklenmesi ve sıvı içeriğinin azaltılmasıyla elde edildiği de belirtilmektedir. Bu daha kısa sertleşme süresi, diğer kalsiyum silikat materyallere kıyasla bir gelişmedir (Malkondu, Kazandağ ve Kazazoğlu 2014). Grech ve ark., Biodentine'in sertleşme süresini araştırdıkları bir çalışmada bu süreyi 45 dakika olarak ölçmüşlerdir (Grech, Mallia ve Camilleri 2013b).

Biodentine'in belirli bir özelliğinin, doğal dentin ile benzer bir aralığa ulaşana kadar zamanla basınç dayanımı açısından gelişmeye devam etme kapasitesi olarak gösterilmiştir (Septodont 2010). Grechetal tarafından yapılan çalışmada Biodentine, test edilen diğer malzemelerle karşılaştırıldığında en yüksek basınç dayanımını göstermiştir (Grech, Mallia ve Camilleri 2013b). Araştırmacılar, bu sonucu Biodentine'de düşük su/siman oranına bağlı olarak artan mukavemete bağlamışlardır.

Grech ve arkadaşları , elmas şekilli bir çentik kullanarak malzemenin mikrosertliğini değerlendirmiştir (Grech, Mallia ve Camilleri 2013b). Elde ettikleri sonuçlar, Biodentine'in Bioaggregate ve IRM (intermediate restorative material)'ye kıyasla daha üstün değerler sergilediğini göstermiştir. Camilleri, Biodentine'in fiziksel özelliklerini

geleneksel bir cam iyonomer (Fuji IX) ve rezin modifiye bir cam iyonomer (Vitrebond) ile karşılaştıran bir çalışmada, Biodentine'in, etching yapılmadığında diğer materyallere kıyasla daha yüksek yüzey mikrosertliği sergilediğini göstermiştir (Josette Camilleri 2013).

Aggarwalet ve ark., furkal perforasyon onarımlarında Biodentine, ProRoot MTA ve MTA Plus'ın dentine bağlanma dayanımını incelemiştir ve bağlanma gücünün zamanla arttığını görmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, MTA'nın 24 saatlik dentine bağlanma gücünün Biodentine'inkinden daha az olduğunu ve kan kontaminasyonunun, sertleşme süresine bakılmaksızın MTA Plus'ın dentine bağlanma dayanımını etkilediğini göstermiştir. Araştırmacılar tarafından Biodentine'in olumlu bir özelliği, kan kontaminasyonunun, sertleşme süresinin süresinden bağımsız olarak, dentine bağlanma gücü üzerinde hiçbir etkisinin olmadığını göstermiştir (Aggarwal ve ark. 2013).

Hashem ve arkadaşları, yakın zamanda yayınlanan bir raporda, Biodentine'in daha önce bahsedilmeyen üzerine yerleştirilen dolgu materyalleri ile bağlanma mukavemeti özellikleri açısından başka bir konuya dikkat çekmişlerdir. Biodentine, erken sertleşme aşamasında zayıf bir restoratif materyaldir. Araştırmacılar, bir laminat/tabakalı final restorasyonu durumunda, üstteki rezin kompozitin yerleştirilmesinin iki haftadan fazla geciktirilmesi gerektiğini, böylece Biodentine materyalinin rezin kompozitten gelen büzülme kuvvetlerine dayanmak için yeterli olgunlaşmaya girmesi gerektiğini savunmuşlardır (Hashem ve ark. 2014).

Güneşer ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada Biodentine, NaOCl, klorheksidin ve salin gibi çeşitli endodontik irrigasyon solüsyonlarına maruz kaldıktan sonra bile tamir materyali olarak önemli bir performans sergilerken, MTA kök dentinine en düşük bağlanma gücüne sahip olduğunu görmüşlerdir (Guneser, Akbulut ve Eldeniz 2013).

Grech ve arkadaşları, malzemelerin fiziksel özelliklerini değerlendiren bir çalışmada, BioAggregate ve Biodentine için negatif çözünürlük değerleri göstermiştir. Bu sonucu, sentetik doku sıvılarıyla temas halindeyken malzeme yüzeyinde hidroksiapatit gibi maddelerin birikmesine bağlamışlardır. Bu özellik, malzemenin boyutsal istikrarsızlığa neden olacak şekilde partikül kaybetmediğini gösterdiğinden oldukça avantajlıdır (Grech, Mallia ve Camilleri 2013b).

Bir çalışma, Biodentine'i dört farklı malzeme ile farklı oksijen ve ışık koşullarına maruz kaldığı ve beş güne kadar farklı periyotlarda spektrofotometrik analizin yapıldığı bir perspektiften değerlendirmiştir. Portland siman ve Biodentine için olumlu sonuçlar elde edilmiş ve bu iki malzeme beş günlük bir süre boyunca renk stabilitesi göstermiştir. Sonuçlarına dayanarak, araştırmacılar Biodentine'in estetik açıdan hassas alanlarda ışıkla sertleşen restoratif materyallerin altında kullanım için bir alternatif olarak hizmet edebileceğini öne sürmüşlerdir (Vallés ve ark. 2013).

1.6.2.4. Biodentine'in sızdırmazlık özellikleri

Koubi ve ark. (S. Koubi ve ark. 2012) kalsiyum silikat simanın nano yapısını ve boyutunu, malzemenin dentin yüzeyine daha iyi yayılmasına izin vererek sızdırmazlığı etkileyen faktörlerden biri olarak ifade etmişlerdir. Hafif ekspansiyon göstermesinin materyalin daha iyi adaptasyonuna katkıda bulunduğu kaydedilmiştir (S. Koubi ve ark. 2012).

Pörözitenin absorpsiyon, geçirgenlik, dayanıklılık ve yoğunluk dahil olmak üzere birçok başka faktör üzerinde etkisi olduğu gösterilmiştir. Bakteriyel boyutu ve metabolitleri ile birlikte numunedeki en büyük sızıntıya karşılık gelen maksimum gözenek çapının, kök ucu dolgu malzemeleri boyunca meydana gelen sızıntının göstergesi olacağı da belirtilmiştir (De Bruyne, De Bruyne ve De Moor 2006).

SEM analizi sırasında, Biodentine kristalleri alttaki dentin yüzeyine sıkıca tutunmuş olarak görünmüştür. Ayrıca Biodentin ve dentin arasında oluşan arayüzey tabakasının ProRoot MTA tarafından oluşturulan sert doku tabakasına benzerliği ve hidroksiapatit kristal büyümesinin varlığı da görülmüştür. Buna rağmen iyon değişimine dair hiçbir kanıt bulunamamıştır, bu materyalin alttaki dentine mükemmel uyumunun esas olarak mikro mekanik adezyona bağlı olduğu sonucuna varılmıştır (Gjorgievska ve ark. 2013).

Erozyon direnci yeni hazırlanmış siman karışımının kan veya diğer sıvılar gibi sıvılarla erken temasında dağılma eğilimi olarak tanımlanmaktadır. Biodentine'in bu özelliklerine ilişkin mevcut çalışmanın sonuçları, materyal metodolojide kullanılan her damlada yüksek bir erozyon gösterdiğinden, olumlu sonuçlar ortaya koymamıştır. Araştırmacılar, bu sonucu, su/siman oranını düşürmek için malzemeye ilave edilen yüzey aktif madde etkisine, suda çözünür polimere bağlamışlardır (Grech, Mallia ve Camilleri 2013b).

1.6.2.5. Biyoaktivite

Yayınlanan bir makale, Biodentine'in, etkilenen üçüncü azı dişlerinden elde edilen pulpa kök hücreleri üzerindeki proliferasyon, göç ve adhezyon etkilerini değerlendirmiştir. Sonuçlar, 0.2 ve 2 mg/ml konsantrasyonlarında kök hücrelerde proliferasyonun arttığını gösterirken, 20 mg/ml'den daha yüksek konsantrasyonlarda ise hücresel aktivite önemli ölçüde azalmıştır. Biodentine, pulpaya direk temas halinde yerleştirildiğinde iyileşmeyi olumlu yönde etkilemiş, pulpadaki kök hücrelerinin proliferasyonunu, göçünü ve adezyonunu artırarak, materyalin biyoaktif ve biyouyumlu özelliklerini teyit etmiştir (Luo ve ark. 2014).

1.6.3. OrthoMTA

1.6.3.1. İçeriği

Malzemenin içeriği trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminoferrit, serbest kalsiyum oksit ve total kristalin fazdan oluşmaktadır (OrthoMTA Root Canal Graft 2019). Üretici firma materyalin krom (Cr), arsenik (As), nikel (Ni), demir (Fe) ve manganez (Mn) gibi ağır metaller içermediğini söylemektedir (OrthoMTA Root Canal Graft 2019). Fakat yapılan çalışmalarda ProRoot MTA'ya oranla Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), Fe, Mn ve Ni gibi ağır materyal içeriğinin düşük de olsa var olduğu görülmüştür (K. Kum et al. 2013).

1.6.3.2. Endikasyonları

OrthoMTA, MTA'nın aktif bileşeni ile biyoseramik üretim prosesi ile sentezlenmiş kök kanal total dolgu malzemesidir. Akut apikal apsenin klinik olarak etkili bir kök kanal tedavisi için gerekli olan kök kanal dolgu materyalinin ideal gereksinimlerini karşılamak üzere formüle edilmiştir (OrthoMTA | BioMTA 2019). Üretici firmanın belirttiği endikasyonları şu şekildedir: ege kırığının olduğu dişler, çatlak dişler, birden fazla enfeksiyon hikayesi olan dişler, c şekilli kanallar, yeniden tedavinin gerekli olduğu dişler, internal rezorpsiyon ve eksternal rezorpsiyon görülen dişlerdir (OrthoMTA: Clinical uses 2019).

1.6.3.3.Fizikokimyasal Özellikleri

OrthoMTA'nın gözenekliliğinin MTA Angelus ve BioAggregate ile karşılaştırıldığında küçük olduğu, ancak Biodentine ve ProRoot MTA'dan daha büyük

olduğu bulunmuştur (Chang ve ark. 2011). Bu geniş yüzey alanı, hücre adezyonu için uygun bir koşul sağlamaya yardımcı olmaktadır. OrthoMTA'nın gözenek hacmi, MTA Angelus dışındaki diğer endodontik materyallerden nispeten daha yüksek bulunmuştur. Kum ve ark. (K. Y. Kum, Yoo ve Chang 2013), OrthoMTA ve ProRoot MTA'nın morfolojik özelliklerinin benzer olduğu sonucuna varmıştır; bununla birlikte, ProRoot MTA'nın parçacık boyutu, OrthoMTA'ninkinden biraz daha küçük bulunmuştur.

Ghorbanzadeh ve ark. (Ghorbanzadeh ve ark. 2014), bir hafta veya iki ay süreyle PBS solüsyonuna maruz bırakıldıktan sonra kök ucu dolgu materyalleri olarak ProRoot MTA, OrthoMTA ve RetroMTA'nın marjinal adaptasyonu arasında bir fark olmadığını belirtmiştir.

Che ve ark. (Che J-L, Varughese KT, Kim SH, Choi N-K, Moon H-J, Hwang M-J 2016), RetroMTA'nın basınç dayanımının OrthoMTA'ninkinden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir.

OrthoMTA, MTA Angelus ve ProRoot MTA'nın dentine bağlanma gücünün test edildiği bir çalışmada üç materyal de kök dentinine benzer bağlanma gücü değerleri göstermiştir (Rahoma, AlShwaimi ve Majeed 2018).

Endodontik materyallerin kimyasal özellikleri pH, çözünürlük, mineralizasyon ve bağlanma özelliklerini içermektedir. Hem Che ve ark. (Che J-L, Varughese KT, Kim SH, Choi N-K, Moon H-J, Hwang M-J 2016) hem de Souza ve ark. (Souza ve ark. 2015), RetroMTA, OrthoMTA ve ProRoot MTA'nın pH'ının benzer olduğunu göstermiş ve EndoCem MTA'dan daha yüksek bulunmuştur. Che ve ark.'ın yaptığı çalışmada OrthoMTA'nın çözünürlüğü en yüksek olurken, bunu ProRoot MTA ve EndoCem MTA izlemiş ve RetroMTA en az çözünürlüğü göstermiştir (Che J-L, Varughese KT, Kim SH, Choi N-K, Moon H-J, Hwang M-J 2016). Kum tarafından yapılan çalışmada, OrthoMTA kullanımı ile mineralizasyon gen ekspresyonunun upregüle olduğu bulunmuştur (K. Kum ve ark. 2013).

1.6.3.4. Biyoaktivite

Kum ve ark. (K. Y. Kum, Yoo ve Chang 2013), OrthoMTA ve ProRoot'un biyoyumluluğunu değerlendirmek için bir çalışma yapmış ve her iki MTA'nın da uygun in vitro biyoyumluluğa sahip olduğunu bulmuştur.

Kim ve ark. (S. Kim ve ark. 2015), yaptıkları bir çalışmada OrthoMTA'nın ProRoot ve EndoCem MTA'dan önemli ölçüde daha fazla sitotoksik olduğunu göstermiştir. Hem Khedmat ve ark. (Khedmat ve ark. 2018) hem de Donyavi ve ark. (Donyavi Z, Heidari N, Khoshbin E, Shahriari S, Farhadian M, Mashouf RY 2017), RetroMTA ve OrthoMTA'nın antibakteriyel özelliğini incelemiştir. Khedmat ve ark. (Khedmat ve ark. 2018) OrthoMTA, RetroMTA ve ProRoot MTA'nın antibakteriyel aktivitelerini *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis* ve *Prevotella intermedia*'e karşı kontrol etmiş ve ProRoot MTA, OrthoMTA ve RetroMTA'nın antibakteriyel özelliklere sahip olduğunu bulmuştur. Donyavi ve ark. (Donyavi Z, Heidari N, Khoshbin E, Shahriari S, Farhadian M, Mashouf RY 2017), OrthoMTA ve RetroMTA'nın yaygın endodontik patojenlere karşı antibakteriyel aktivitesini değerlendirmek için bir çalışma yapmış ve RetroMTA ve OrthoMTA'nın yaygın endodontik patojenlere karşı kabul edilebilir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu kanıtlamıştır.

Yukarıda bahsedilen materyallerin dışında da farklı firmalar tarafından piyasaya sürülen birçok trikalsiyum silikat siman vardır. Bu materyaller de benzer içerik ve endikasyonlara sahiptir (örn; MTA-Angelus, Neo MTA Plus, BioAggregate, MTA HP, MTA Flow, EndoSequence)(Dawood ve ark. 2017; Duarte ve ark. 2018).

1.7.Endodontik Tedavilerde Başarısızlıklar

Endodontik tedavide, %86-98'e varan başarı oranları bildirilmesine rağmen (Song ve ark. 2011); literatürde endodontik tedavinin “başarı” kriterlerinin tutarlı bir tanımı üzerinde bir fikir birliği bulunmamaktadır. Aynı şekilde başarısızlığın da değişken tanımları vardır. Bazı çalışmalarda periapikal radyolusensi varlığı ile klinik semptomların tekrarlaması başarısızlık olarak tanımlanmıştır (Ashley ve Harris 2001).

Endodontik tedavi görmüş bir dişin kanal tedavisinin başarılı sayılabilmesi için klinik ve radyografik olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Tedavinin başarılı olup olmadığını ve söz konusu dişin fonksiyonel olup olmadığını anlamak için hastanın takipleri planlanmalıdır. Endodontik tedavinin başarısızlığında sayısız faktör rol oynamaktadır (Tabassum ve Khan 2016). Endodontik başarısızlığa atfedilebilecek olağan faktörler şunlardır:

- İnatçı bakterilerin varlığı (kanal içi ve kanal dışı)(Endo ve ark. 2013),

- Kanalin yetersiz doldurulması (yetersiz temizlenmiş ve doldurulmuş kanallar)(Tronstad ve ark. 2000)(Hoen ve Pink 2002),
- Taşkın kök kanal dolgusu (Swartz, Skidmore ve Griffin Jr 1983),
- Uygun yapılamayan koronal tıkama (sızıntı)(H. M. Bayram ve ark. 2013; Swanson ve Madison 1987),
- Prepare edilmemiş kanalların varlığı (hem ana hem de aksesuar kanal)(Hoen ve Pink 2002; Wolcott ve ark. 2005)
- İyatrojenik prosedür hataları (örn. Yetersiz giriş kavitesi formu)(Tabassum ve Khan 2016),
- Enstrümantasyon komplikasyonları (basamak, perforasyon veya alet kırılması)(Kerekes ve Tronstad 1979; Tabassum ve Khan 2016).

Endodontik tedavinin amacı, herhangi bir enfekte pulpa dokusunun kök kanal sisteminin tamamen debridmanı ve temizlenmesidir, böylece kanal boşluğu şekillendirilebilir ve inert bir malzeme ile doldurulacak şekilde hazırlanabilir. Bu durum herhangi bir yeniden enfeksiyon olasılığını önler veya en aza indirir. Ancak endodontik tedavi standart klinik ilkelerin gerisinde kaldığında başarısızlık ortaya çıkmaktadır (Siqueira Jr 2001).

Kanal tedavisi başarısız olduğunda, periapikal lezyonlar cerrahi veya cerrahi olmayan yöntemlerle tedavi edilebilir. Kanal dolgusunun uzaklaştırılması, kök kanal dolgu malzemelerinin kanaldan çıkarılmasını, ardından kanalların temizlenmesi, şekillendirilmesi ve doldurulmasını içeren cerrahi olmayan bir işlemdir (Del Fabbro ve ark. 2016).

1.8. Kanal Tedavisinin Yenilenmesi

Amerikan Endodonti Derneği (AAE) (American Association of Endodontists 2012) tarafından yayınlanan endodontik terimler sözlüğünde kanal dolgu sökümü ve yeniden tedavisinde şu tanım yer alır: "Yeniden Tedavi (revizyon): Dişten kök kanal dolgu maddelerinin çıkarılması ve ardından kanalların temizlenmesi, şekillendirilmesi ve doldurulması işlemidir." Carr (Carr GB. 1998), endodontik yeniden tedaviyi, daha önce kesin tedavi girişiminde bulunan ve başarılı bir sonuç elde etmek için şimdi daha fazla tedavi gerektiren bir diş üzerinde gerçekleştirilen bir prosedür olarak tanımlamıştır. Hangi tedavi protokolünün uygulanacağına dişin durumuna bağlı olarak

karar verilir. Üç tedavi seçeneği düşünülebilir: çekim, kanal tedavisinin yenilenmesi ve apikal rezeksiyon (İlan Rotstein ve Ingle 2019a).

Endodontik olarak tedavi edilen başarısız vakaların çoğu için cerrahi olmayan kök kanal dolgusunun yenilenmesi tercih edilen tedavi olarak düşünülmelidir (Friedman ve Stabholz 1986; Taintor, Ingle ve Fahid 1983). Ana amacı, dolgu materyalinin tamamen çıkarılmasıyla apikal foramenlere erişimi yeniden sağlamak, böylece kök kanal sisteminin yeterli temizliğini ve şekillendirilmesini kolaylaştırmaktır (Mandel ve Friedman 1992; Stabholz ve Friedman 1988). Dolum materyalleri, kök kanal sisteminin şeklini değiştirmeden veya periradiküler dokulara artık materyal bırakmadan etkili bir şekilde çıkarılmalıdır. Farklı kombinasyonlarda el aletleri, döner aletler, ısı, ultrasonikler veya kimyasal çözücülerin kullanımı dahil olmak üzere çok sayıda teknik tanımlanmıştır (T R Pitt Ford and Rhodes 2004; Friedman, Stabholz ve Tamse 1990; Hülsmann ve Stotz 1997; Masiero ve Barletta 2005).

1.9. MTA'nın Kanaldan Uzaklaştırılması

MTA (ProRoot; Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK), kök ucu dolgu malzemesi olarak, doğrudan pulpa kaplaması için ve kök perforasyonlarının onarımı için yaygın olarak tavsiye edilmektedir (Thomas R Pitt Ford ve ark. 1995; Lee SJ, Monsef M 1993; Torabinejad M, Watson TF 1993a). MTA apeksifikasyonda (E A Bortoluzzi ve ark. 2007; Martin ve ark. 2007), apeksi açık olan daimi dişlerde (D'Arcangelo ve D'Amario 2007; Hayashi, Shimizu ve Ebisu 2004), reimplante dişlerde (Panzarini ve ark. 2007) ve altında daimi germi olmayan süt dişlerinde (O'Sullivan ve Hartwell 2001) kök kanallarının doldurulması için kullanılmıştır. MTA'nın matür daimi dişlerde kanal dolgu materyali olarak kullanılması olasılığı da önerilmiş (Andelin ve ark. 2002; Hayashi, Shimizu ve Ebisu 2004) ve araştırılmıştır (Holland ve ark. 1999, 2007). Bununla birlikte, kök kanalında MTA'nın varlığı, yeniden tedavi durumunda klinisyene önemli prosedürel sorunlar oluşturabilmektedir. (Holland ve ark. 2007).

Herhangi bir kök kanal dolgu materyali için kök kanallarından uzaklaştırılabilirlik bir ön koşuldur, bu sayede başarısızlık durumunda dişin yeniden tedavi edilmesi mümkün olmaktadır (Bergenholtz ve ark. 1979; Sjögren ve ark. 1990).

Boutsioukis ve ark. yaptıkları çalışmada kök dolgu malzemesi olarak kullanılan MTA'nın ultrasonik ve/veya döner nikel-titanyum aletleri kullanılarak uzaklaştırılma

etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamışlardır (Boutsioukis, Noula ve Lambrianidis 2008).Sonuçlar, MTA'nın incelenen yöntemlerden herhangi biri ile kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştıramayacağını bildirmektedir.

Aynı çalışmada uzaklaştırmaya etkinliğinin büyük ölçüde kullanılan doldurma yöntemine bağlı olduğu görülmektedir (Boutsioukis, Noula ve ark. Lambrianidis 2008). Tamamen MTA ile doldurulmuş kanallara döner aletler etki edememiştir ve bu nedenle çalışma dışı bırakılmıştır. MTA'nın içerisinde, döner aletlerin kanalda ilerlemesine izin verebilecek kadar boşluk bulunmadığı anlaşılmıştır (Boutsioukis, Noula ve Lambrianidis 2008).

MTA için uygun bir çözücü materyal çalışmalarda araştırılmıştır (Boutsioukis, Noula ve Lambrianidis 2008)(Smith ve ark. 2007). MTA alkali olduğu için asitler veya kimyasallarla etkileşime girebilmekte ve parçalanabilmektedir. Nandini ve ark. yaptığı çalışmada, çeşitli kimyasalların WMTA'yı çözünmesi üzerindeki etkisini değerlendirilmiştir (Nandini, Natanasabapathy ve Shivanna 2010). Çalışmanın sonucunda da karbonik asit, 21 gün sonra bile WMTA'yı çözmek için bir yardımcı olarak etkili bir şekilde kullanılabilirken, %2 klorheksidin glukonat, WMTA'nın yerleştirilmesinden sadece 24 saat sonra önemli yüzey çözünmesi göstermiştir. Bu nedenle endodontik işlem sırasında WMTA'nın kullanıldığı kök kanal irrigasyonu olarak klorheksidin glukonat kullanımından 24 saat kaçınılmalıdır. Etilen Diamin Tetraasetik Asit'li (EDTA) özeltilerin WMTA'nın yüzey sertliği üzerinde hiçbir etkisi görülmemiştir (Nandini, Natanasabapathy ve Shivanna 2010).

Seyreltik hidroklorik asit (HCl) gibi asitlerin, çözünene veya ayrışana kadar MTA ile temas halinde kalmasının materyali uzaklaştırabildiği bilinmektedir (Dixon 1963). Saghiri ve ark. yaptıkları bir çalışmada mikrosertliği ve kök kanal dentinine bağlanma gücünü azaltmak için %37 HCl uygulanarak MTA'nın dentinden uzaklaştıırılma gücünü araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonuçlarında, MTA'nın dentin yüzeylerinden uzaklaştıırılmasına yardımcı olmak için %37 HCl'nin etkili bir çözüm olduğu belirtilmiştir (Saghiri ve ark. 2013).

BioMTA markası tarafından güncel olarak piyasaya sürülen yeni bir MTA söküm kiti bulunmaktadır. Üretici firma tarafından sürülen bu yeni ürünün trikalsiyum simanlar ile endodontik tedavi sonrası simanların kök kanallarından uzaklaştıırılmasına olanak sunduğu söylenmektedir.

1.9.1. MTA Uzaklaştırma Kiti

MTA uzaklaştırma kiti BioMTA markası tarafından MTA'nın kanaldan uzaklaştırılması için hazırlanmış ultrasonik uçların olduğu bir settir (Removal Kit | BioMTA n.d.).

İçeriğinde 0.5 mm'lik, 0.3 mm'lik ve 0.25 mm'lik ultrasonik uçlar bulunmaktadır. Bu uçların özellikleri şu şekildedir:

0.5 mm ultrasonik uç

Ürünün uç kısmında 0,5 mm elmas kaplı yüzey bulunmaktadır (Removal Kit | BioMTA n.d.)(Şekil 1.1.). MTA'nın uzaklaştırılmasında, kanalın irrigasyonunda ve/veya kalsifiye kanallara erişimde faydalıdır ve kökün koronal ve orta üçlüsünde kullanımı uygundur (Removal Kit | BioMTA n.d.).



Şekil 1. 1. 0.5mm'lik Ultrasonik uç

0.3 mm ultrasonik uç

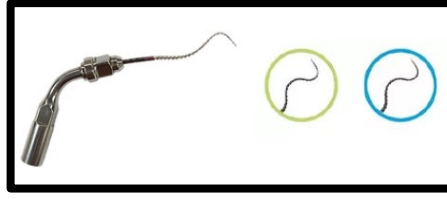
Ürünün uç kısmında 0.3 mm elmas kaplı yüzey bulunmaktadır (Removal Kit | BioMTA n.d.)(Şekil 1.2.). MTA'nın çıkarılmasında, kanalın irrigasyonunda ve/veya kalsifiye kanallara erişimde faydalıdır ayrıca kökün apikal ve orta üçlüsünde kullanımı uygundur (Removal Kit | BioMTA n.d.).



Şekil 1. 2. 0.3 mm'lik Ultrasonik uç

0.25 mm CM ultrasonik uç

Ürünün ucunda 0.25 mm kontrol hafızalı alaşım bulunmaktadır (Removal Kit | BioMTA n.d.)(Şekil 1.3.). Kanal irrigasyonu için kullanışlıdır (kanal genişletmeden önce ve sonra / BUST 0.3, 0.5 kullandıktan sonra) (Removal Kit | BioMTA n.d.).



Şekil 1. 3. 0.25 mm'lik Ultrasonik uç

1.9.2. Bio-Retrievability Solüsyonu

BioMTA markası MTA'nın uzaklaştırılması için Bio-Retrievability solüsyonu isimli konsantre HCl asit içeren bir likit piyasaya sürmüştür. Bu solüsyon MTA uzaklaştırma kiti ile kullanılarak, MTA'nın kimyasal ve mekanik yollarla kanallardan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Removal Kit | BioMTA n.d.).

Üretici firma tarafından önerilen Bio-Retrievability solüsyonun kullanım talimatı şu şekildedir: solüsyon MTA'nın uzaklaştırılacağı alana yerleştirilir, 5 dakika beklenir ve ultrasonik uç kullanarak kök kanalındaki kalan MTA uzaklaştırılır. İşlem sırasında basınç uygulanmaması ve su altında çalışılması önerilmektedir. Oküler konjonktiva ve oral mukoza ile temastan kaçınılmalıdır (Removal Kit | BioMTA n.d.).

1.10. Kök Kanallarından Trikalsiyum Silikat Simanların Uzaklaştırılma İşleminin Etkinliğinin Değerlendirilme Yöntemleri

Günümüzde kök kanallarındaki dolgu malzemesinin görüntülenmesi ve değerlendirilmesinde kullanılan farklı görüntüleme yöntemleri vardır;

- Radyografi,
- Şeffaflaştırma teknikleri,
- Seri Kesit Tekniği,
- Taramalı elektron mikroskobu (SEM),
- Konfokal lazer mikroskobu,
- Bilgisayarlı Tomografi,
- Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi,
- Bilgisayarlı mikro tomografi

Radyografik yöntem, üç boyutlu bir yapı üzerinde yalnızca iki boyutlu bir görüntü sağlamaktadır. Magnifikasyon ve distorsiyon nedeniyle rezidüel madde miktarının hesaplanmasında hataya sebep olabilmektedir (Gergi ve Sabbagh 2007).

Şeffaflaştırma tekniğinde örnekler nitrik asit gibi kimyasallarla önce dekalsifiye edilir. Daha sonra yıkanır ve alkolle dehidrate edilir. Kanal duvarlarındaki dolgu malzemesi miktarı, bukkal-lingual ve mezio-distal yönlerde standartlaştırılmış bir şekilde görüntülenip stereomikroskoba bağlı görüntü analiz yazılımı kullanılarak ölçülür (Schirmer ve ark. 2006).

Seri kesit tekniği invazivdir, değerlendirme önceden belirlenmiş seviyelerle sınırlıdır, bilinmeyen doku değişiklikleri ve malzeme kaybıyla sonuçlanır (Talati ve ark. 2013).

Konfokal lazer mikroskobu geleneksel mikroskopların yetersiz kaldığı durumlarda net görüntü elde edebilmek amacı ile geliştirilmiştir (Minsky 1988). Foton sayısının azlığından dolayı nokta nokta aydınlatılması ve dış kaynaklardan gelen ışığın elimine edilmesi gerekir. Bu yüzden düzlemlerin ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir ve bu durum numune başına düşen inceleme süresini artırmaktadır (Minsky 1988).

SEM ile yapılan değerlendirmelerde kök kanal duvarlarında kalan dolgu maddesi de detaylı olarak incelenmektedir (Borges ve ark. 2019). Ancak dolgu ile dış ara yüzeyinin SEM ile incelenmesinin bazı eksiklikleri bulunmaktadır. Örnekler SEM için hazırlanırken, kesim işlemi sırasında dolgu kalitesi, incelenecek materyalin zarar görebileceği, eriyebileceği bildirilmiştir (von Stechow ve ark. 2003). Ayrıca SEM çalışmalarında kullanılan cihazın çeşidi ve örnek hazırlama metotları, marjinal adaptasyonun incelendiği çalışmaların sonuçlarını etkileyecek öneme sahiptir (Shipper ve ark. 2004).

Geleneksel yöntemler ile elde edilen bilginin miktarı, incelenen alanın üç boyutlu anatomisinin iki boyutlu bir görüntü içine sıkıştırılması dolayısıyla sınırlı kalmaktadır. Geleneksel görüntüleme yöntemlerinin dezavantajları arasında, yansıma efektleri, çevre dokuların süperpozisyonları, görüntü artefaktları ve hareket de sayılabilmektedir. Bu sınırlamaları gidermek amacıyla üç boyutlu görüntüleme sistemleri geliştirilmiştir. Bilgisayarlı tomografi (BT), konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) ve mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT), diş hekimliğinde kullanılmak üzere geliştirilen ileri görüntüleme yöntemleridir (Durack ve Patel 2012).

Üç boyutlu bilgisayarlı tomografi ile vücudun istenilen bölgesinden kesit şeklinde bir bölümünden geçen x-ışınlarının attenuasyonlarının (absorbe edilebilme değeri) dedektörlerle ölçülerek bilgisayar yardımı ile görüntü oluşturulmaktadır. Maliyetinin yüksek olması, tarama ve görüntü işleme sırasında geçen sürenin uzun olması, ince

dental yapıların görüntülenmesi için uzamsal çözünürlük eksikliğinin olması ve yüksek radyasyon nedenleri ile diş hekimliğinde kullanımı sınırlı kalmıştır. Geleneksel bilgisayarlı tomografideki bu sorunların giderilmesi amacı ile konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ya da dental volumetrik tomografi (DVT, KIBT) olarak adlandırılan bir görüntüleme sistemi geliştirilmiştir (Durack ve Patel 2012; Siegel ve Evens 1999).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleme, dişlerin ve çevresindeki dokuların üç boyutlu görüntülerini üretir. Metal restorasyonlar, metal postlar ve kök dolguları KIBT görüntülerinde artefaktlara neden olmaktadır (S. Patel ve ark. 2015; Scarfe ve Farman 2008).

1.10.1. Mikro-BT

Mikro bilgisayarlı tomografik (mikro-BT) görüntüleme, doğru üç boyutlu modellerin geliştirilmesine ve nicel verilerin elde edilmesine olanak tanıyan yüksek çözünürlüklü bir araştırma teknolojisidir (Versiani ve ark. 2016). Mikrofokal nokta X-ışını kaynakları ve yüksek çözünürlüklü dedektörler kullanan mikro-BT sistemi, numunelerin üç boyutlu yeniden yapılandırılmış görüntülerini üretmek için birden fazla görüntüleme yönü boyunca döndürülen projeksiyonlara izin vermektedir (Swain ve Xue 2009). Görüntüler, X-ışını kaynağının enerjisi ve malzeme numunesinin atomik bileşimi tarafından belirlenen doğrusal zayıflama katsayılarının uzamsal dağılım haritalarını temsil etmektedir (Swain ve Xue 2009). Görüntüleme işlemi tahribatsız olduğundan, aynı numunenin dahili özellikleri birçok kez incelenebilmekte ve numuneler ek biyolojik ve mekanik testler için tarandıktan sonra kullanılabilir durumda kalmaktadır (Swain ve Xue 2009).

Dişler, kemikler gibi mineralize dokular, seramikler, polimerler, biyomateryaller vb. çok çeşitli örnekler doğrudan mikro-BT kullanılarak incelenebilmektedir (Swain ve Xue 2009). Diş hekimliğinde mikro-BT, kök kanal morfolojisinin incelenmesi, kök kanal şekillendirmesinin ve kök kanal dolumunun değerlendirilmesi, mine kalınlığının ölçülmesi, dişlerin mineral konsantrasyonu, kanal tedavisi yenileme sonrası kalan rezidüel materyallerin incelenmesi, implant ve periimplant alandaki kemiğin değerlendirilmesi, kronofasial iskeletsel gelişim ve yapıların incelenmesi, biyomekanik çalışmalar, doku mühendisliği gibi alanlarda kullanılmaktadır. (Azevedo ve ark. 2020; Başer Can, Keleş ve Aslan 2017; Swain ve Xue 2009). Görüntüleme yazılımına ek olarak, mine ve dentin için hacimsel veriler de sağlayan üç boyutlu

rekonstrüksiyonlar üretilebilir (Gantt ve ark. 2006). Bu nedenle, bu görüntüleme modu, önceki kanal dolgu malzemelerinin değerlendirilmesi de dahil olmak üzere deneysel endodonti değerlendirmesini özellikle avantajlı hale getirmektedir (Crozeta ve ark. 2016). Kanal tedavisinin yenilenmesinde enstrümantasyonun etkinliğini değerlendirmek için de mikro-BT tercih edilmektedir (Swain ve Xue 2009). Ancak mikro-BT görüntüleme yöntemi ile örneklerin taranması zaman alıcı ve yüksek maliyetlidir. Bu nedenle klinik kullanım için uygun görünmemektedir (Michetti ve ark. 2010).

1.11. Amaç ve Hipotez

Bu çalışmada, trikalsiyum silikat simanlar (ProRoot MTA, Biodentine, OrthoMTA) ile total kök kanal dolumu yapılmış açık apeksli daimi santral dişlerden BioMTA markasının piyasaya sürdüğü MTA Uzaklaştırma Kiti (MTA Removal Kit, BioMTA, Seoul, Korea) ve Bio-Retrievability solüsyonu (BioMTA, Seoul, Korea) ile materyallerin kanallardan uzaklaştırılma etkinliğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasının hipotezleri aşağıdaki şekildedir:

H0: Kanal tedavisinin başarısızlığı durumunda farklı fiziksel özellikler gösteren trikalsiyum silikat esaslı simanların uzaklaştırılma etkinliği bakımından gruplar arasında farklılıklar gözlenmez.

H1: Kanal tedavisinin başarısızlığı durumunda farklı fiziksel özellikler gösteren trikalsiyum silikat simanların uzaklaştırılma etkinliği bakımından gruplar arasında farklılıklar gözlenebilir.

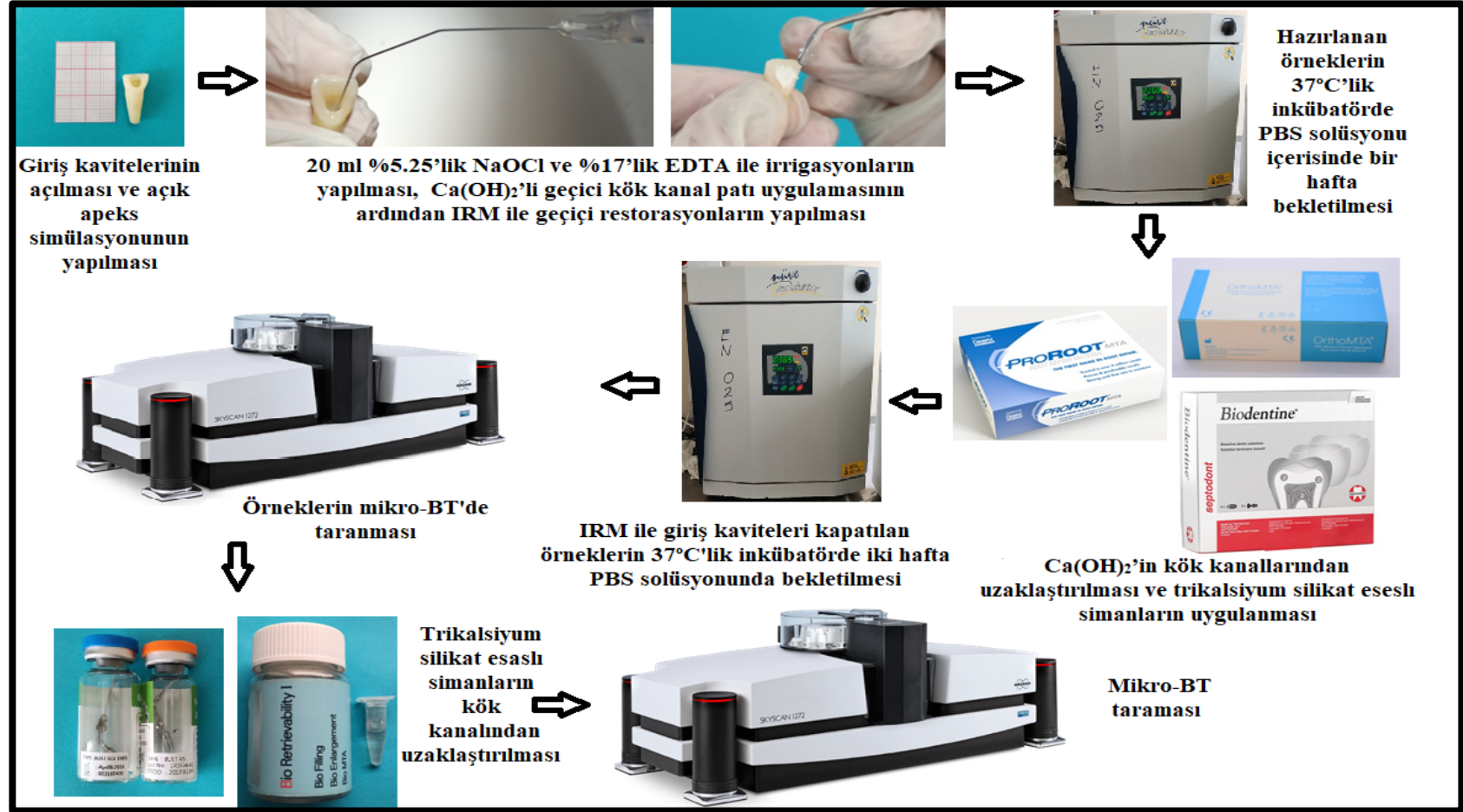
2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda yürütölmek üzere planlanmıştır. Çalışma planlandıktan sonra Kırıkkale Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı'ndan (07.01.2021 tarihli ve 2020.12.05 no'lu karar) etik kurul onayı alınmıştır.



2.1. Çalışmaya Ait Akış Şeması

Çalışma akış şeması şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma akış şeması

2.2. Örneklerin Seçimi

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı ve Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı'na başvuran hastalardan, çalışma hakkında bilgilendirildikten sonra araştırmaya katılmayı kabul eden ve bilgilendirilmiş onam formunu imzalayan hastaların dişleri çalışmaya dahil edilmiştir. Seçilen dişlerin çalışmaya dahil edilme kriterleri arasında;

- Herhangi bir sebeple çekimi endike olan,
- Kök uçları kapalı olan,
- Tek kök ve kanala sahip olan dişler yer almıştır.

Çekimden sonra dişler incelenerek çürüklü, mineyi veya dentini içeren yapısal bozukluğu olan, internal veya eksternal kök rezorpsiyonu bulunan, kırık veya çatlak olan, kanallarda kalsifikasyon olan dişler çalışma dışında bırakılmıştır.

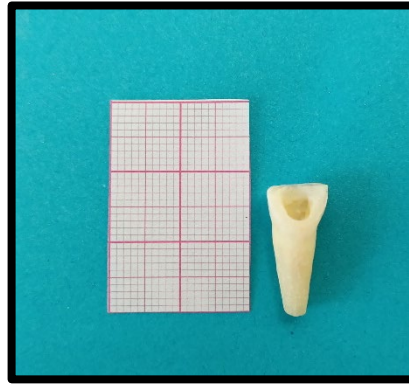
Çalışmanın planlanması sırasında, elde edilen bulguların istatistiksel analizinin güvenilirliğini test etmek amacıyla güç analizi yapılmıştır. Program verilerine göre boşluk hacmi yüzdesi ölçmek için önerilen minimum örnek sayısı her grup için 6 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2.1.). Deneylerde bu durum göz önünde bulundurularak, üç gruptan her grupta 8 adet açık apeksli diş modeli olacak şekilde toplam 24 adet tek köklü maksiller santral diş seçilerek çalışma grupları oluşturulmuştur.

Tablo 2. 1. Güç analizi sonucu örnek sayısının belirlenmesi

Advanced Repeated Measures ANOVA Power Analysis									
Results for Factor B (Levels =3)									
Test	Power	n	N	Multiply Means By	SD of Effects (Sm)	Standard Deviation (Sigma)	Effect Size	Alpha	Beta
GG F	1,0000	6	18	1,00	3,47	0,87	4,00	0,0500	0,0000
Wilks	1,0000	6	18	1,00	3,47	0,87	4,00	0,0500	0,0000
Results for Factor W (Levels =2)									
Test	Power	n	N	Multiply Means By	SD of Effects (Sm)	Standard Deviation (Sigma)	Effect Size	Alpha	Beta
GG F	1,0000	6	18	1,00	2,35	0,50	4,70	0,0500	0,0000
Wilks	1,0000	6	18	1,00	2,35	0,50	4,70	0,0500	0,0000
Results for Term BW									
Test	Power	n	N	Multiply Means By	SD of Effects (Sm)	Standard Deviation (Sigma)	Effect Size	Alpha	Beta
GG F	0,8074	6	18	1,00	0,41	0,50	0,82	0,0500	0,1926
Wilks	0,8074	6	18	1,00	0,41	0,50	0,82	0,0500	0,1926

2.2.1. Seçilen Örneklerde Açık Apeks Simülasyonunun Hazırlanması

Seçilen örnekler, genç sürekli dişlerde total kök kanal dolumu prosedürünü simüle edecek şekilde hazırlanmıştır. Çalışma aşamasında kök kanallarının hazırlanması ve şekillendirilmesi işlemi tek bir operatör tarafından yapılmıştır (I.C.). Dişler kullanılmadan önce kök yüzeylerindeki artıklar mekanik olarak kretuar ile temizlenmiştir. Dezenfeksiyon amacıyla tüm dişler %0,1'lik timol solüsyonunda 24 saat bekletildikten sonra çalışma başlayıncaya kadar distile suya alınmıştır. Açık apeks simülasyonu elde etmek ve standardizasyonu sağlamak amacıyla; tüm dişlerde kök boyu apeksten mine-sement sınırına kadar 10 mm olacak şekilde apeks bölgesinden su soğutması altında elmas diskler yardımıyla kesilmiştir. Giriş kavitesi elmas rond frez ile su soğutması altında yüksek hızlı bir döner alet ile açıldıktan sonra, çelik rond frezle pulpa boynuzlarını da kapsayacak şekilde genişletilmiş ve çalışma boylarında ProTaper döner eğe sistemi kullanılarak kök kanalları prepare edilmiştir. Bütün gruplarda sırasıyla su soğutması altında 1-6 numaralı Peeso Reamer frezlerle (Shenzhen Perfect Medical Instruments Co, Shenzhen, China) apikal uçtan rahatça çıkılacak şekilde preparasyon yapılmıştır. 6 numaralı Peeso Reamer frez, prepare edilen kanal içerisinden basınçsız olarak ilerlediğinde şekillendirme tamamlanmıştır (Şekil 2.1.). Preparasyon boyunca kök kanalları %17'lik bir EDTA'yla (İmicryl, Konya, Türkiye) ve %5.25'lik NAOCl (ProChloride, Promida, Eskişehir, Türkiye) ile irriye edilerek smear tabakası uzaklaştırılmıştır.

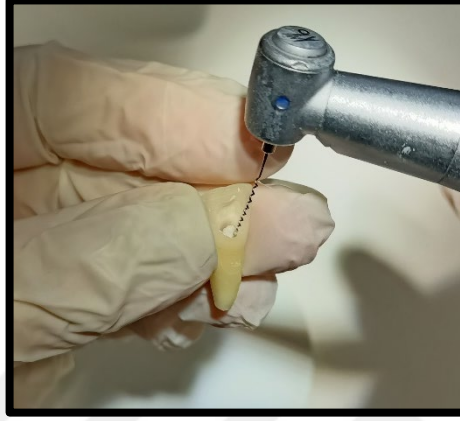


Şekil 2. 1. Açık apeks simülasyonu yapılmış üst santral diş

2.2.2. Kanal içi Medikaman Uygulaması

Kök kanal enstrümantasyonundan sonra, tüm kök kanalları 10 ml distile suyla yıkanmış ve paper pointlerle (R50 paper points, VDW GmbH) kurutulmuştur. Ca(OH)_2 'li geçici kanal dolgu patı (Diapaste, Diadent Europe B. V., Netherlands)

lentülo yardımı ile kanallara gönderilmiş (Şekil 2.2.) ve kanal ağızlarına steril pamuk pelet yerleştirildikten sonra IRM (Dentsply International Inc., Milford, USA) (LOT:1906000439) üretici firma talimatları doğrultusunda hazırlanmış ve geçici restorasyonlar tamamlanmıştır. Dişler, PBS (Elabscience, Houston, Texas, USA) (LOT: 311010193) içerisinde %100 nemli ortamda 37°C’de inkübatörde bir hafta boyunca bekletilmiştir.



Şekil 2. 2. Kök kanalına $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'li kanal patının yerleştirilmesi

2.2.3 Çalışma Grupların Oluşturulması

İnkübatördeki bekleme süresinin sonunda örneklerin koronalindeki geçici dolgu materyali aeratör ile kaldırılmış, kanallar 20 ml %17’lik EDTA ve 20 ml %5.25’lik NaOCl ile daha sonra 20 ml serum fizyolojik ile irrigate edilerek $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ’li geçici kanal dolgu patı uzaklaştırılmıştır. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ’li geçici kanal patı irrigasyonla uzaklaştırıldıktan sonra kanallar kağıt konla kurulanmış ve kanal dolgu materyaline göre dişler rastgele olarak 3 gruba ayrılmıştır (n=8):

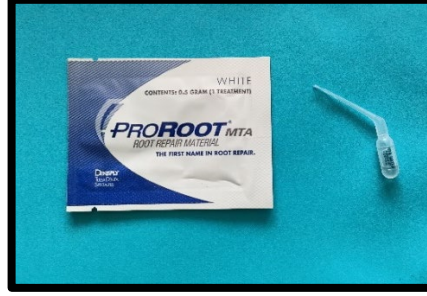
1. Grup: ProRoot MTA (Dentsply Maillefer, Germany)
2. Grup: Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses Cedex, Fransa)
3. Grup: OrthoMTA (BioMTA, Korea).

2.2.4. Trikalsiyum Silikat Simanların Kök Kanalına Yerleştirilmesi

Çalışmamızda kullandığımız tüm malzemeler üretici firma talimatları doğrultusunda hazırlanarak uygulanmıştır.

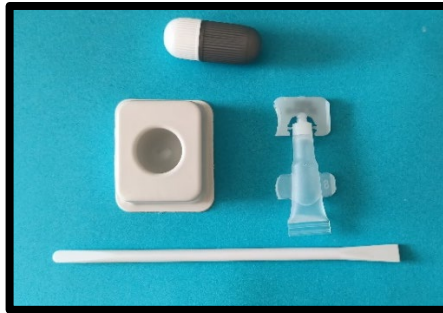
Grup 1: ProRoot MTA (ProRoot MTA; Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, USA) (LOT: 0000212745) 3:1 toz/likit oranında steril siman camı ve siman spatülü yardımıyla karıştırılarak bir endodontik plugger (Dentsply, Maillefer, İsviçre) ve nemli pamuk

pelet yardımıyla kök kanalına yerleştirilmiştir. Daha sonra MTA üzerine nemli pamuk pelet ve IRM (Dentsply International Inc., Milford, USA) (LOT:1906000439) (Dentsply Sirona, PA, USA) uygulanarak restorasyon tamamlanmıştır (Şekil 2.3.).



Şekil 2. 3. ProRoot MTA

Grup 2: Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses Cedex, France) (LOT: B24412) toz içeren kapsül ve likitten oluşan bir materyaldir. Kapsül içerisine 5 damla likit damlatılarak kapsül karıştırılmak için amalgamatöre (President Dental Novamix, Allershausen, Almanya) yerleştirilmiş ve 30 saniye karıştırılmıştır. Daha sonra karıştırılmış materyal, plastik spatül ile alınıp endodontik plugger yardımıyla kök kanalına yerleştirilmiştir (Şekil 2.11.). Kök kanalı Biodentine ile doldurulduktan sonra üzerine nemli pamuk pelet ve IRM (Dentsply International Inc., Milford, USA) (LOT:1906000439) (Dentsply Sirona, PA, USA) uygulanarak restorasyon tamamlanmıştır (Şekil 2.4.).



Şekil 2. 4. Biodentine

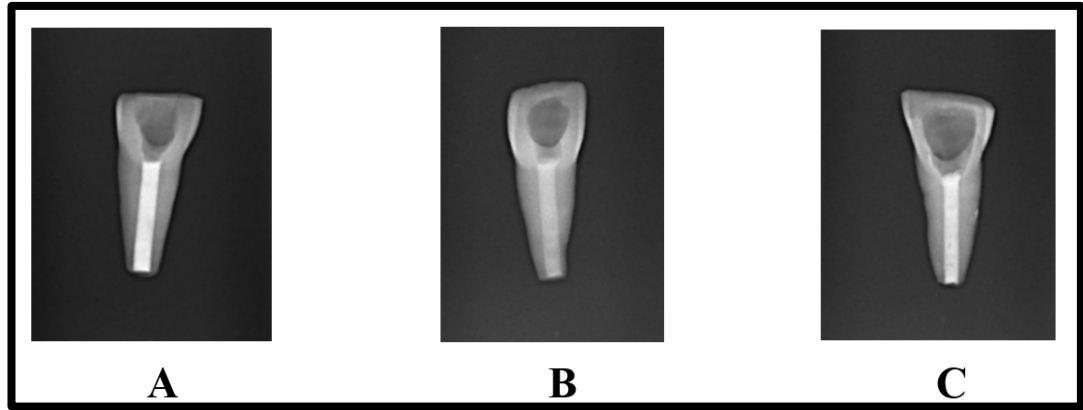
Grup 3: OrthoMTA (BioMTA, Korea) (LOT: RM1604D15) ise distile su varlığında sertleşen, mikrotübün içinde toz şeklinde piyasaya sürülmüştür. Mikrotüp açıldıktan sonra toz seviyesinin 3 mm üzerine çıkılacak şekilde distile su eklenmiştir. Toz ve likit bir karıştırma çubuğu yardımı ile karıştırılmıştır. Karışımındaki fazla likit bir pamuk pelet yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Karışım endodontik pluggerlar ve nemli steril pamuk peletler yardımıyla kanallara gönderilmiştir. OrthoMTA üzerine nemli pamuk

pelet ve IRM (Dentsply International Inc., Milford, USA) (LOT:1906000439) (Dentsply Sirona, PA, USA) uygulanarak restorasyon tamamlanmıştır (Şekil 2.5.).



Şekil 2. 5. OrthoMTA

Tüm grupların kanal doluları yapıldıktan sonra Gendex (GX PS-500) marka fosfor plak ve Gendex Expert DC marka radyografi cihazı kullanılarak 65 kV ve 7 mA’da radyograf alınarak kontrol sağlanmış (Şekil 2.6.), giriş kavimleri IRM ile kapatılmış ve 14 gün boyunca inkübatörde PBS (Elabscience, Houston, Texas, USA) (LOT: 311010193) solüsyonu içerisinde %100 nemli ortamda 37°C’de bekletilerek materyallerin sertleşmesi sağlanmıştır. 14. günün sonunda kök kanalındaki dolgu materyali, mikro-BT ile görüntülenmiştir. (Çalışmamızda kullanılan materyallerin içerikleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.)



Şekil 2. 6. Kök kanal dolum sonrası alınan kontrol radyografileri (A:ProRoot MTA,

B:Biodentine, C:OrthoMTA)

Çizelge 2.1. Çalışmada Kullanılan Materyal ve İçerikleri

Materyalin Ticari İsmi	Sertleşme Süresi	İçeriği	Üretici Firma	Radyoopasite Verici Ajan
ProRoot MTA	3 saat	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, bizmut oksit, trikalsiyum alüminat, kalsiyum sülfat dihidrat, bizmut oksit Likiti: Distile su	Dentsply Tulsa Dental Specialties, Johnson City, TN, ABD	Bizmut Oksit
Biodentine	12 dakika	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat, zirkonyum oksit, kalsiyum oksit, demir oksit Likiti: Kalsiyum klorit, çözülebilir polimer, su	Septodont, Saint- Maurdes- Fosses Cedex, Fransa	Zirkonyum Oksit
OrthoMTA	6 saat	trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminoferrit, serbest kalsiyum oksit, kalsiyum sülfat dihidrat, bizmut oksit Likiti: distile su	BioMTA, Seoul, Güney Kore	Bizmut Oksit

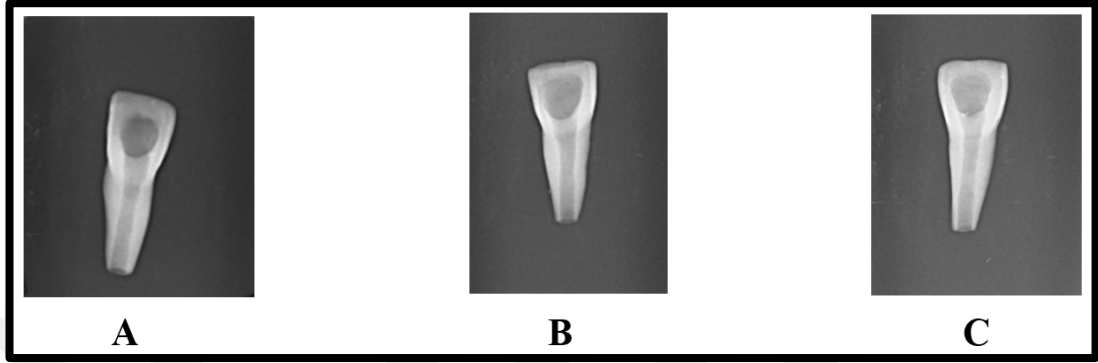
2.3. Kök Kanallarına Uygulanan Trikalsiyum Silikat Simanların Mikro-BT ile Değerlendirilmesi

Örneklerin üç boyutlu taramalarının elde edilmesi için dişler Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde SkyScan 1272 mikro-BT cihazıyla (Bruker Skyscan 1272, Billerica, Massachusetts, USA) taranmıştır. Cihazın ayarları, her gruptan bir örneğin pilot olarak görüntülenmesiyle, optimum kalitede görüntü elde edilen değerler kaydedilerek yapılmıştır. X ışını tüpü 90 kV voltaj ve 100 μ A akım ile çalıştırılmıştır. Taramalar dikey eksen etrafında 180 derecelik dönme açısı ve 3700 ms'lik X ışınına maruz kalma süresi ve 1 mm Alüminyum (Al) filtre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her kökün taranması yaklaşık 60 dakika sürmüştür. Her kökten ortalama 735 kesit alınmıştır. Elde edilen görüntüler NRecon (v.1.7.4.2, Bruker Corporation, Billerica, MA) yazılımında (%69 beam hardening düzeltmesi, 2 smoothing ve gerekli ring artefakt düzeltmeleri ile) yeniden yapılandırılmıştır. Yapılandırılmış örnek görüntüler ise DataViewer (v.1.5.6.2, Bruker Corporation, Billerica, MA) yazılımında tekrar pozisyonlandırılmıştır. Ölçümlerin yapılabilmesi amacıyla CTAn (v.18.4.0, Bruker Corporation, Billerica, MA) yazılımına görüntüler aktarılarak kök kanallarına yerleştirilen materyallerin hacimsel ölçümleri hesaplanmıştır. Tüm veriler mm^3 olarak kaydedilmiştir.

2.4. Trikalsiyum Silikat Simanların Kök Kanalından Uzaklaştırılması

Kanal dolum materyallerinin uzaklaştırılması amacıyla BioMTA firması tarafından üretilen MTA Uzaklaştırma Kiti (BioMTA, Seoul, Korea) ve Bio-Retrievability solüsyonu kullanılmıştır. Materyallerin uzaklaştırılması tek bir hekim tarafından gerçekleştirilmiştir (I.C.). İlk olarak kimyasal uzaklaştırma için trikalsiyum silikat simanların üzerine Bio-Retrievability solüsyonu (BioMTA, Seoul, Kore) (LOT:061918-82) uygulanmıştır 5 dakika beklenildikten sonra Bust-05-EMS ucu (LOT:151014-001, BR-1/180910) koronaldeki ve orta üçlüdeki materyallerin mekanik olarak uzaklaştırılmasında kullanılmıştır. Bust-03-EMS ucu (LOT: A16L000300, B03160401), orta üçlü ve apikal bölgedeki materyalin mekanik olarak uzaklaştırılmasında kullanılmıştır. İşlem dolum materyalleri kanallardan tamamen uzaklaştırılıncaya kadar tekrarlanmıştır. İncelemlerle kanaldaki trikalsiyum silikat

simanların tamamen uzaklaştırıldığına karar verilip değerlendirme iki hekim ile yapılmıştır (I.C., M.E.A.). Kontrol radyografileri, Gendex (GX PS-500) marka fosfor plak ve Gendex Expert DC marka radyografi cihazı kullanılarak 65 kV ve 7 mA’da çekilmiştir. Alınan radyograflarda kanal dolgularının yeterli miktarda uzaklaştırıldığı gözlemlenmiştir (Şekil 2.7.).



Şekil 2. 7. Kök kanal dolgusu uzaklaştırıldıktan sonra alınan kontrol radyografileri (A:ProRoot MTA, B:Biodentine, C:OrthoMTA)

2.5. Çalışma Sürelerinin Belirlenmesi

Yapılan çalışmada materyallerin uzaklaştırılma süreleri dijital kronometre ile kaydedilmiştir. Bio-Retrievability solüsyon uygulaması, işlem devam ederken belirli aralıklarla tekrarlanmıştır ve toplam süre içerisinde değerlendirilmiştir.

2.6. Trikalsiyum Silikat Simanlar Uzaklaştırıldıktan Sonra Kök Kanallarının Mikro-BT ile Değerlendirilmesi

Kök kanal dolgularının uzaklaştırılmasından sonra örnekler, üç boyutlu olarak kök kanalının görüntülerinin elde edilmesi için Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde SkyScan 1272 mikro-BT cihazıyla (Bruker Skyscan 1272, Billerica, Massachusetts, ABD) ilk taramadaki standartlarda taranmıştır. CTVOX (v.2.2.3, Bruker Corporation, Billerica, MA) yazılımı ile üç boyutlu modellerin görüntülenmesi yapıp incelenmiştir. Kök kanallarından uzaklaştırılan dolgu maddelerinin hacimleri CTAn yazılımı ile (v.18.4.0, Bruker Corporation, Billerica, MA) ölçülmüş ve yüzde oranları hesaplanmıştır.

2.7. Verilerin İstatistiksel Analizlerinin Yapılması

Çalışmada yer alan toplam hacim, kalan hacim, yüzde, süre, standartlaştırılmış yüzde gibi sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu grafiksel olarak ve Shapiro-Wilks testi ile değerlendirilmiştir. Sürekli değişkenlerin toplam hacim hariç normal dağılıma uymadıkları belirlenmiştir bu nedenle tanımlayıcı istatistiklerinin gösteriminde ortanca (ÇAG–Çeyreklikler Arası Genişlik) değerleri kullanılmıştır. Ek olarak tanımlayıcı istatistik gösteriminde ortalama±standart sapma ve minimum-maksimum değerleri kullanılmıştır. Sürekli değişkenler normal dağılıma uymadıklarından istatistiksel analizlerde non-parametrik testler kullanılmıştır. Bu yüzden kalan hacim, yüzde, süre ve standartlaştırılmış yüzde değerlerinin gruplara göre karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis non-parametrik varyans analizine başvurulmuştur. İkili karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi yapılarak analiz sonuçları verilmiştir. Toplam hacim değerlerinin gruplara göre karşılaştırılmasında One-way ANOVA testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler ve hesaplamalar için IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) ve MS-Excel 2013 programları kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

Çalışmamızda trikalsiyum silikat simanlar ile total kök kanal dolumu yapılan dişlerde simanların MTA Uzaklaştırma Kiti ile uzaklaştırma etkinliği ölçülmüştür. Kök kanalları trikalsiyum silikat simanlar ile tamamen doldurulduktan sonra örneklerin mikro-BT taraması yapılmıştır. Mikro-BT taramasından sonra kök kanallarındaki siman, MTA Uzaklaştırma Kiti ve Bio-Retrievability solüsyonu ile uzaklaştırılmış ve ikinci mikro-BT taraması yapılmıştır. Taramalardan elde edilen sonuçlarla uygulanan materyalin hacim olarak kök kanallarından uzaklaştırılma etkinliği değerlendirilmiştir. İlk olarak DataViewer programıyla ilk ve son tarama görüntülerin karşılaştırılması sağlanmıştır, ardından CTAn programıyla hacim ölçümleri yapılmıştır.

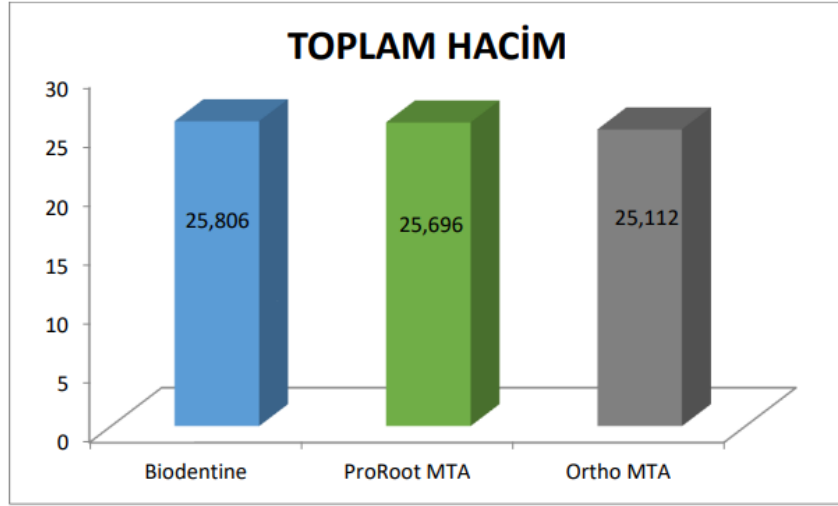
3.1. Kök Kanallarının Dolum Sonrası Toplam Hacmine Ait Bulguları

Gruplar arasında toplam hacim değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($F=0.337$ $p=0.718$) (Tablo 3.1.). Çalışmada Biodentine toplam hacim ortalaması 25.806 ± 1.604 mm³, ProRoot MTA toplam hacim ortalaması 25.696 ± 2.053 mm³ ve OrthoMTA toplam hacim ortalama değeri 25.112 ± 1.767 mm³ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.1.).

Tablo 3. 1. Gruplar arasında dolum sonrası toplam hacim değerlerinin karşılaştırılması

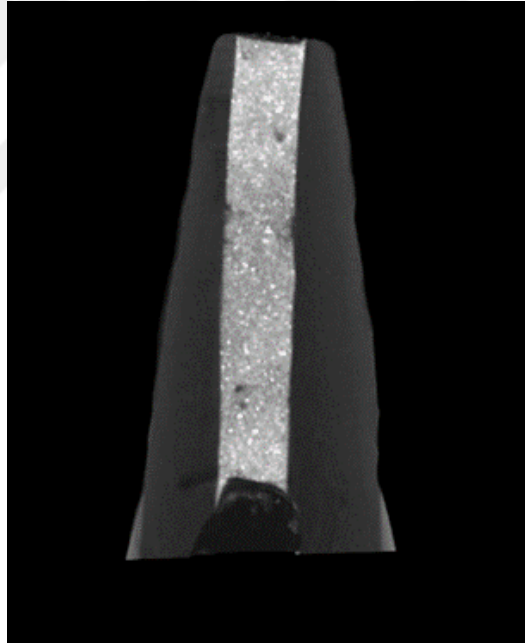
	TOPLAM HACİM				Test İstatistiği*	
	Ort±SS	Medyan (ÇAG)	Q ₁ ;Q ₃	Min; Max	F	p
Biodentine	25.806±1.604	26.145 (2.631)	24.422; 27.052	23.448; 27.756	F=0.337	0.718
ProRoot MTA	25.696±2.053	25.203 (3.779)	23.869; 27.648	23.091; 28.681		
Ortho MTA	25.112±1.767	25.837 (3.033)	23.312; 26.346	22.177; 27.198		

F: One-way ANOVA test istatistiği * mm³ değerleri verilmiştir.



Şekil 3. 1. Grupların dolum sonrası toplam hacim ortalama değerleri

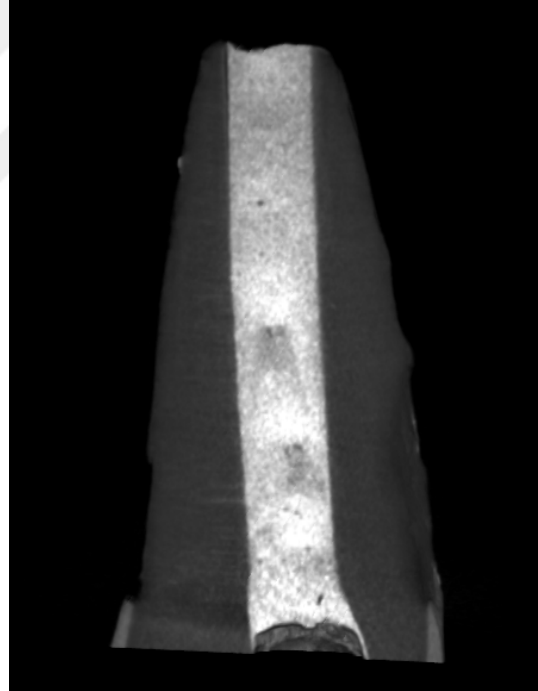
Kök kanallarına yerleştirilen trikalsiyum silikat esaslı materyallerin mikro-BT tarama görüntüleri şekil 3.2., şekil 3.3. ve şekil 3.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2. ProRoot MTA ile kök kanal dolumunun mikro-BT tarama görüntüsü



Şekil 3. 3. Biodentine ile kök kanal dolumunun mikro-BT tarama görüntüsü



Şekil 3. 4. OrthoMTA ile kök kanal dolumunun mikro-BT tarama görüntüsü

3.2. Kök Kanallarından Trikalsiyum Silikat Simanlar

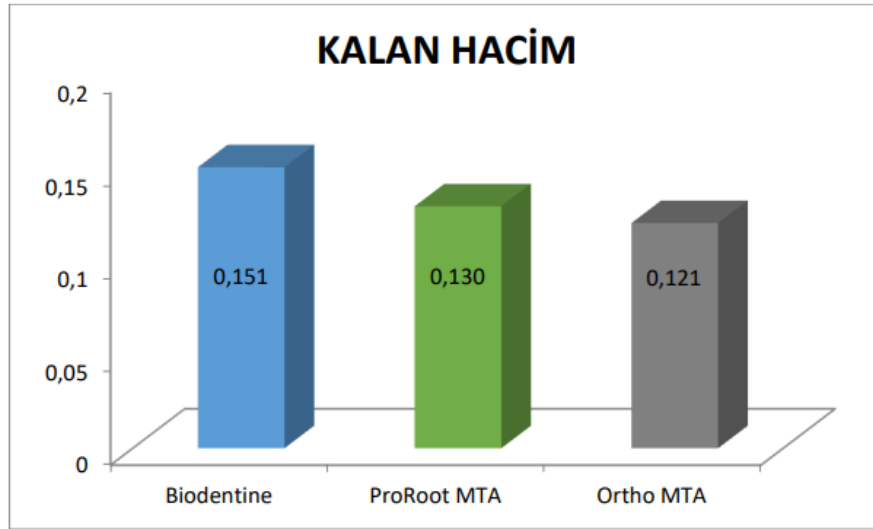
Uzaklaştırıldıktan Sonra Kalan Materyal Hacmine Ait Bulgular

Gruplar arasında kalan hacim değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($\chi^2=1.280$, $p=0.527$) (Tablo 3.2.). Kalan hacim değerlerinin ortalamasına bakıldığında Biodentine 0.151 ± 0.110 mm³, ProRoot MTA 0.130 ± 0.199 mm³ ve OrthoMTA 0.121 ± 0.140 mm³ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.5.).

Tablo 3. 2. Gruplar arasında trikalsiyum silikat simanların uzaklaştırıldıktan kalan hacim değerlerinin karşılaştırılması

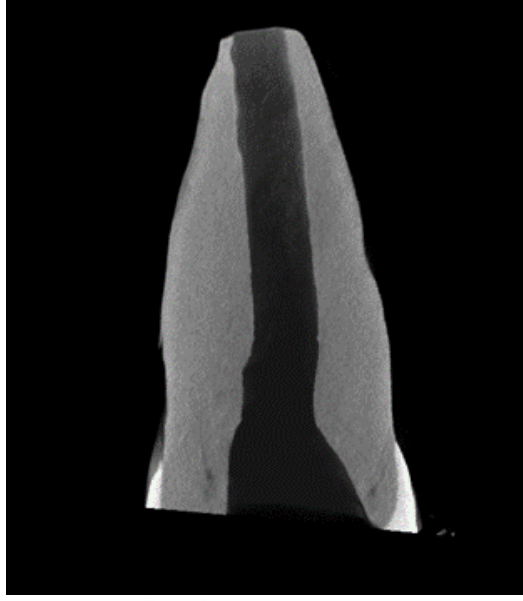
	KALAN HACİM				Test İstatistiği*	
	Ort±SS	Medyan (ÇAG)	Q1;Q3	Min; Max	χ^2	p
Biodentine	0.151±0.110	0.180 (0.203)	0.028; 0.232	0.006; 0.301	$\chi^2=1.280$	0.527
ProRoot MTA	0.130±0.199	0.031 (0.318)	0.007; 0.326	0.0008; 0.482		
Ortho MTA	0.121±0.140	0.062 (0.162)	0.022; 0.184	0.008; 0.430		

χ^2 :Kruskal Wallis Test İstatistiği * mm³ değerleri verilmiştir.

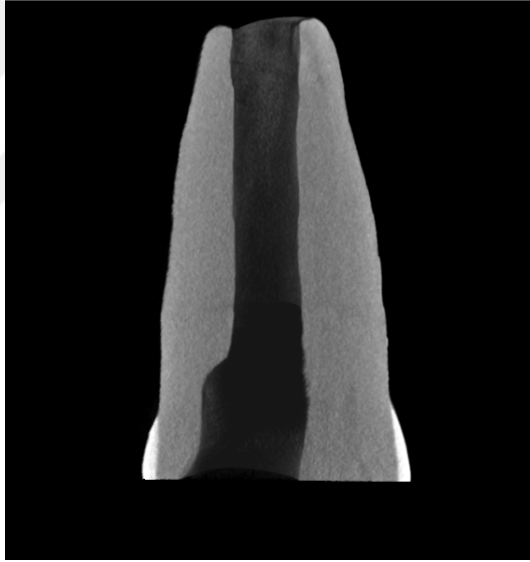


Şekil 3. 5. Grupların trikalsiyum silikat simanlar uzaklaştırıldıktan sonra kalan hacim ortalama değerleri

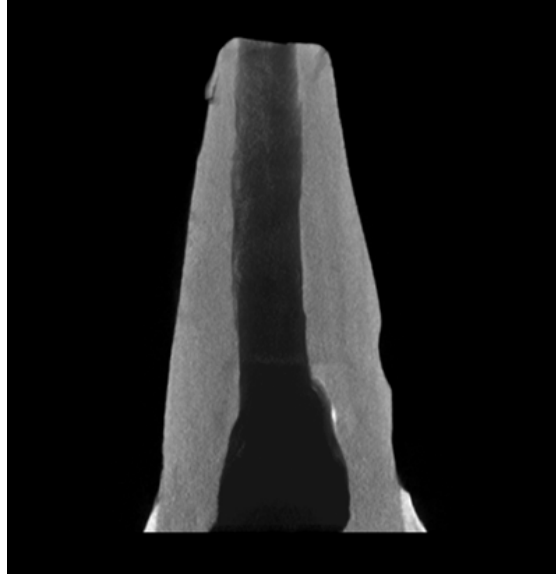
Trikalsiyum silikat esaslı materyallerin kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra dişlerin mikro-BT taramasından sonra alınan görüntüleri şekil 3.6., şekil 3.7. ve şekil 3.8.'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 6. ProRoot MTA kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra alınan mikro-BT tarama görüntüsü



Şekil 3. 7. Biodentine kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra alınan mikro-BT tarama görüntüsü



Şekil 3. 8. OrthoMTA kök kanallarından uzaklaştırıldıktan sonra alınan mikro-BT tarama görüntüsü

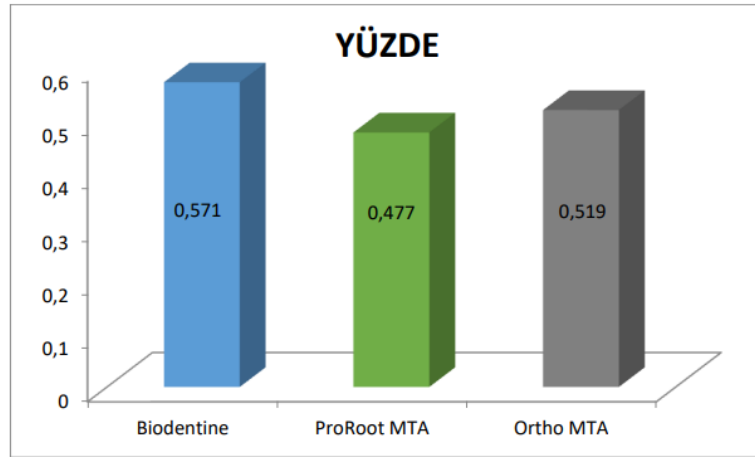
3.3. Çalışma Grupları Arasında Uzaklaştırılamayan Simanların Yüzde (%) Olarak Karşılaştırılması

Gruplar arasında uzaklaştırılamayan trikalsiyum silikat simanların yüzde değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($\chi^2=1.295$, $p=0.523$) (Tablo 3.3.). Uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin yüzdesi şu şekilde sıralanmaktadır; Biodentine $\%0.571\pm0.410$, ProRoot MTA $\%0.477\pm0.716$ ve OrthoMTA $\%0.519\pm0.639$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.9.).

Tablo 3. 3. Gruplar arasında uzaklaştırılamayan simanların yüzde değerlerinin karşılaştırılması

	YÜZDE				Test İstatistiği*	
	Ort $\pm$ SS	Medyan (ÇAG)	Q ₁ ;Q ₃	Min; Max	χ^2	p
Biodentine	0.571 $\pm$ 0.410	0.658 (0.781)	0.116; 0.897	0.027; 1.112	$\chi^2=1.295$	0.523
ProRoot MTA	0.477 $\pm$ 0.716	0.123 (1.156)	0.030; 1.186	0.003; 1.747		
Ortho MTA	0.519 $\pm$ 0.639	0.238 (0.709)	0.086; 0.796	0.032; 1.940		

χ^2 :Kruskal Wallis Test İstatistiği



Şekil 3. 9. Gruplar arasında uzaklaştırılamayan simanların yüzde ortalama değerleri

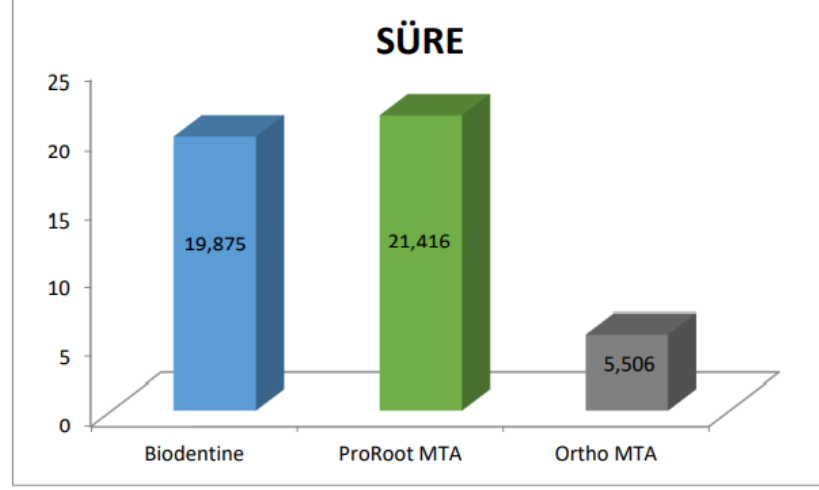
3.4. Trikalsiyum Silikat Simanların Kök Kanallarından Uzaklaştırılma Sürelerinin Karşılaştırılması

Gruplar arasında dolgu materyallerinin kanaldan uzaklaştırılma süre değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($\chi^2=15.485$, $p<0.001$)(Tablo 3.4.). Gruplar arasında süre değerleri ise en yüksekten en düşüğe doğru şu şekildedir; ProRoot MTA 21.416 ± 3.480 dakika, Biodentine 19.875 ± 2.223 dakika ve OrthoMTA 5.506 ± 0.305 dakika (Şekil 3.10.).

Tablo 3. 4. Gruplar arasında süre değerlerinin karşılaştırılması

	SÜRE				Test İstatistiği*	
	Ort±SS	Medyan (ÇAG)	Q ₁ ;Q ₃	Min; Max	χ^2	p
Biodentine	19.875±2.223 ^a	20.016 (2.720)	18.391; 21.112	16.333; 23.750	$\chi^2=15.485$	<0.001
ProRoot MTA	21.416±3.480 ^a	19.975 (6.225)	18.591; 24.816	17.750; 27.166		
Ortho MTA	5.506±0.305 ^b	5.425 (0.416)	5.275; 5.691	5.200; 6.133		

χ^2 :Kruskal Wallis Test İstatistiği *Dakika değerleri verilmiştir.



Şekil 3. 10. Grupların süre ortalama değerleri

Süre değerleri bakımından grupların ikili karşılaştırmasında Biodentine- OrthoMTA ve OrthoMTA -ProRoot MTA arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p=0.004$, $p=0.001$) Diğer gruplar arasında süre değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

4. TARTIŞMA

Daimi dişlerde travmatik diş yaralanmaları küresel bir sağlık sorunudur ve pulpa nekrozu için en yaygın etiyolojik faktördür. Travmanın dünya çapında bir milyar insanı etkilediği tahmin edilmektedir (Petti, Glendor ve Andersson 2018) ve bu hastaların üçte birinin immatür dişlerinde pulpa nekrozuna neden olabilecek yaralanmalar bulunmaktadır (Hecova ve ark. 2010). Pulpa nekrozu, kökün kısa kaldığı ve dentin duvarlarının ince olduğu yerlerde kök oluşumunu durdurarak servikal kırık riskini arttırmaktadır (Tsilingaridis ve ark. 2012). Bu faktörlerin birleşik etkisi, yeterli bir antibakteriyel endodontik tedavi gerçekleştirmeyi zorlaştırmaktadır (Kakoli ve ark. 2009; Ørstavik ve Haapasalo 1990).

Son yıllarda, muhtemel kök kırıklarına ve dişin kaybına sebep olabildiğinden, geleneksel endodontik tedaviye alternatif tedaviler aranmıştır. Sorun ise, travmatize immatür dişlerin açık apekslerinin, kök dolgu materyalinin periapikal dokuya ekstrüzyonu gibi intraoperatif komplikasyonlar olmadan yeterli kök dolgusunun yapılmasının zorlu bir prosedür olmasıdır (Trope 2010). Apeksifikasyon, travma sonucunda nekroz olan immatür daimi dişler için uygulanan tedavilerden biridir (Petti ve ark. 2018). Ca(OH)_2 apeksifikasyonu uzun tedavi süresi (Sheehy ve Roberts 1997), zayıflayan diş yapısına bağlı servikal kök kırıkları (Jens Ove Andreasen, Farik ve Munksgaard 2002) nedeniyle artık pek tercih edilmemektedir. Nispeten yeni bir tedavi yöntemi olan rejeneratif endodontik tedavide ise revaskülarizasyon sırasında oluşan kanal içi dokuların türü ve iyileşme ve rejenerasyonla ilgili faktörler hakkında çok az şey bilinmektedir (Žižka ve Šedý 2017). Anlaşılabacağı üzere, birçok çalışma erken diş kaybının sonuçlarını tartışmakta ve bu hasta grubu için alternatif tedavi stratejilerine acil ihtiyacı vurgulamaktadır (Jens Ove Andreasen, Farik ve Munksgaard 2002; Dawood ve ark. 2017; Ørstavik ve Haapasalo 1990; Sheehy ve Roberts 1997; Trope 2010).

Son zamanlarda kök kanal tedavisinde total dolum materyali olarak trikalsiyum silikat simanların kullanımı önerilmektedir. MTA, diğer birçok mevcut materyalden daha üstün olan dentin ile sıkı bir sızdırmazlık sağlamayı başarmıştır (D. Lee ve Bogen 2001). Literatürde MTA ile total kök kanal dolum tedavisi uygulanan ve başarılı sonuçlar elde edilen birçok çalışma bulunmaktadır (Bogen ve Kuttler 2009; E. B. Tuna ve ark. 2011). Yapılan bir çalışmada ise immatür daimi dişlerde trikalsiyum silikat

simanlar ile yapılan apeksifikasyon ve total kök kanal dolumunun dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkisini karşılaştırmış ve sonuç olarak da silikat simanlarla total kök kanal dolumu yapılan dişlerin kırılma direncinin silikat simanlarla apeksifikasyon yapılmış dişlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Girish ve ark. 2017). Bu nedenle, MTA'nın endodontide tüm kök kanalının total doldurulması dahil olmak üzere çeşitli klinik durumlarda kullanımı savunulmaktadır (Torabinejad ve Chivian 1999). Kök kanallarının MTA ile total dolumu; kanal tedavisinin yenilendiği vakalarda, internal rezorpsiyon görülen dişlerde, açık apeksli daimi dişlerde, reimplante edilen dişlerde, daimi germi olmayan süt dişlerinin kanal tedavisinde, dens evaginatus, dens invaginatus, C şekilli kanallarda, füzyon veya geminasyon içeren anatomik varyasyonlar gösteren dişlerde endikedir (Bogen ve Kuttler 2009; O'Sullivan ve Hartwell 2001; Panzarini ve ark. 2007).

MTA'ya alternatif olarak birçok materyal geliştirilmektedir. Bunlardan biri ise çalışmalarda sıklıkla MTA ile de kıyaslanan bir materyal olan ve MTA kadar başarılı olduğu bildirilen Biodentine'dir (Septodont, Sant-Maur-des-Ditch Cedex, France)(Mousavi ve ark. 2018). Çalışmalar biyoyumluluğunu, sızdırmazlığını ve endodontik patojenlere karşı antimikrobiyal aktivitesini göstermiştir (Jeevani ve ark. 2014; Laurent, Camps, and About 2012; Rajasekharan ve ark. 2014). Günümüzde yaygın olarak "biyoaktif dentin ikamesi" olarak tanıtılan biyoseramik bir materyal olan Biodentine, MTA'nın özellikleri ile karşılaştırılabilir gelişmiş mekanik, fiziksel ve manipulasyon özelliklerine sahiptir (Guerrero ve ark. 2018). Biyoaktif yapısı nedeniyle MTA ve Biodentine, dolgu materyalleri ile kök dentin arasında bir hidroksiapatit tabakası oluşturma yeteneğine sahiptir, bu da bu materyallerle tam obtürasyonun etkisini güçlendirmektedir (Pene, Nicholls ve Harrington 2001). Diğer trikalsiyum silikat bazlı siman benzeri MTA'lara kıyasla Biodentine, üstün mekanik özellikleri, daha hızlı sertleşme süresi (yalnızca 12 dakika) ve daha kolay manipulasyon özellikleri ile avantaj sunmaktadır (Han ve Okiji 2011) ve bu nedenle kök dolgu malzemesi olarak kullanılması düşünülmektedir (Rajasekharan ve ark. 2014). Srinivasan ve ark. Biodentine ile total kök kanal dolumu yaptıkları immatür daimi dişlerde başarılı sonuçlara ulaşmışlardır (S. Srinivasan ve ark. 2021).

Son zamanlarda, kök kanal dolgu materyali olarak kullanılmak üzere yeni bir MTA türevi OrthoMTA (OrthoMTA; BioMTA, Seoul, Republic of Korea) önerilmiştir (Chang ve ark. 2011; Yoo ve ark. 2014). BioMTA markası tarafından piyasaya sürülen

OrthoMTA'nın ise total kanal dolumu tedavisinde kullanımı tavsiye edilmektedir (OrthoMTA | BioMTA 2019). OrthoMTA esas olarak trikalsiyum silikattan oluşur ve diğer MTA çeşitlerine nazaran daha düşük oranda ağır metal içermesi de avantajları arasında gösterilmektedir (Chang ve ark. 2011)(K. Kum ve ark. 2013). Yoo ve ark. enfekte kök kanallarında OrthoMTA ile total dolumun antibakteriyel etki gösterdiğini öne sürmüşlerdir (Yoo ve ark. 2014). OrthoMTA üreticisine göre, kanal duvarı ile arasında hidroksiapatit bir ara yüzey tabakası oluşturarak mikrosızıntıyı önlemektedir (OrthoMTA | BioMTA 2019). Ayrıca biyoaktif özellik göstermektedir; apikal foramenden kalsiyum iyonlarını serbest bırakmakta ve kökün apikal kısmını nötralize ederek bir arayüzey hidroksiapatit tabakası oluşturmaktadır (B.-N. Lee ve ark. 2012). Salınan kalsiyum iyonları apikal periodonsiyumun rejenerasyonunu indüklemeye yardımcı olmaktadır (Chang ve ark. 2011).

Çeşitli vaka raporları, farklı silikat simanların kök kanal dolgu materyalleri olarak kullanıldığında; nekrotik pulpalı, kapalı veya açık apeksli süt ve daimi dişlerde başarılı bir şekilde tedavi edildiğini göstermiştir (Al-Kahtani 2013; Asgary ve Eghbal 2012; Ashkenazi, Kaufman ve Einy 2015; Costa ve ark. 2013; Heydari, Rahmani ve Heydari 2016; Kfir ve ark. 2013; Martens, Rajasekharan ve Cauwels 2016; Olczak ve Pawlicka 2015; Parirokh M 2010; Paul ve ark. 2012; Sharma ve ark. 2015; Shekhar, Arora ve Roy 2014; Shekhar ve Shashikala 2013; Teixidó ve ark. 2014; Tunc ve Bayrak 2010; Zahid ve Abdul Hakeem 2014), Verilen bilgiler ışığında çalışmamızda kalsiyum silikat esaslı materyal olarak ProRoot MTA, Biodentine ve OrthoMTA materyallerinin kullanımı tercih edilmiştir.

Trikalsiyum silikat simanlar ile total kök kanal tedavisinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar özellikle ProRoot MTA ile dolumdan sonra görülen dişte istenmeyen renk değişimidir. Bir başka dezavantaj ise materyalin kıvrımlı kanallara yerleştirilmesindeki zorluk ve başarısızlık durumunda kanaldan uzaklaştırılmasındaki güçlülüdür (Bogen ve Kuttler 2009). MTA'nın kanaldan uzaklaştırılmasında bazı kimyasal ve mekanik yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar olsa da literatürde hala net bir tedavi protokolü bulunmamaktadır (Boutsioukis, Noula ve Lambrianidis 2008; Nandini, Natanasabapathy ve Shivanna 2010; Oh ve ark. 2016; Saghiri ve ark. 2013). Bu nedenle bu çalışmada trikalsiyum silikat simanlar ile total dolumu yapılmış açık apeksli daimi santral dişlerden BioMTA markasının piyasaya sürüldüğü MTA Uzaklaştırma Kiti (MTA Removal Kit, BioMTA, Seoul, Korea) ve Bio-Retrievability

solüsyonu (BioMTA, Seoul, Korea) ile materyalin kanallardan uzaklaştırılma etkinliğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çoğu dental travma, ev veya okul yakınında düşme ve kazalar nedeniyle 7-10 yaş grubunda meydana gelmektedir (Glendor, Marcenes ve Andreasen 2007; Skaare ve Jacobsen 2003). Travma esas olarak anterior labial bölgede meydana gelmekte ve maksillayı mandibuladan daha fazla etkilemektedir (Bastone, Freer ve McNamara 2000). Bu nedenle birçok durumda dental travmatik bir yaralanma sonrası çürüksüz, tek köklü, immatür daimi dişlere endodontik tedavi uygulanması gerekmektedir (Ingle J I 2019a). Bu nedenle yaptığımız çalışmada maksiller santral dişler tercih edilmiş ve bu dişlere immatür kök gelişimini sağlayabilmek için açık apeks simülasyonu uygulanmıştır.

İmmatür daimi dişler; kök uzunluğu, duvar kalınlığı, apeks açıklığı gibi özellikler bakımından daimi matür dişlerden farklılık göstermektedir ve doğal açık apeksli insan dişlerinde standardizasyonu sağlamak pek mümkün olmamaktadır. İmmatür dişlerle ilgili yapılan in vitro çalışmalarda, immatür diş simülasyonları için, çalışmalarda kullanılacak dişlerin tek köklü, tek kanallı, kök uçlarının kapalı olması ve çalışma sonuçlarını değiştirebilecek çürük, kron-kök kırığı, çatlak hattı, kalsifikasyon, kök rezorbsiyonu ya da önceden uygulanmış kanal tedavisi gibi durumların bulunmaması gerekmektedir (Lin ve ark. 2014; Stuart, Schwartz ve Beeson 2006). Literatüre bakıldığında açık apeks simülasyonu için birçok farklı tekniğin uygulandığı görülmektedir. Bu çalışmaların bazılarında kanal boyundaki standardizasyonu elde etmek için dişler krondan kesilirken (Çırakoğlu, Baddal ve İslam 2020)(Lolayekar, Bhat ve Hegde 2009), bazılarında hem kron hem kökten (Ghasemi ve ark. 2017) kesim yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda immatür daimi diş simülasyonunda ağırlıklı olarak apikal bölgelerden kesim yapıldığı görülmüştür (Guven ve ark. 2016)(E. Bayram ve Bayram 2016; Lertmalapong ve ark. 2019)(Zhabuawala ve ark. 2017). Bu nedenle yaptığımız çalışmada kök uzunluğu mine-sement sınırından kök ucuna kadar 10 mm olacak şekilde dişler kök uçlarından kesilerek standardizasyon sağlanmıştır (Zhabuawala ve ark. 2017).

İmmatür dişlerin kanal genişliğini ve apikal çaplarını oluşturmak için literatüre bakıldığında farklı preparasyon tekniklerinin uygulandığı görülmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda immatür diş apikal genişliğini oluşturmak için preparasyon işleminin rotary ege sistemleri ile (Çırakoğlu, Baddal ve İslam 2020) veya peeso reamer ve el

eğeleri kullanılarak (Ayatollahi ve ark. 2016) sağlandığı görülmektedir. Fakat güncel literatürlere bakıldığında yapılan benzer çalışmalarda apikal genişliğin sağlanmasında ağırlıklı olarak peeso reamerların kullanıldığı görülmüştür (Ghasemi ve ark. 2017; Lolayekar, Bhat ve Hegde 2009; Zhabuawala ve ark. 2017)(Guven ve ark. 2016). Bu nedenle yaptığımız çalışmada benzer şekilde in vitro olarak kök kanal dolumunu uygulayan Zhabuawala ve arkadaşlarının açık apeks simülasyon modeli örnek alınarak su soğutması altında 1-6 numaralı peeso reamer frezler sırasıyla uygulanmış, 6 numaralı peeso reamer frez kanal içerisinde basınçsız ilerlediğinde enstrümantasyonlar tamamlanmıştır (Zhabuawala ve ark. 2017).

Kök kanal tedavisinin başarısında irrigasyon büyük önem taşımaktadır (Haapasalo ve ark. 2014). NaOCl, endodontide en yaygın olarak kullanılan irrigasyon solüsyonudur (Ingle J I 2019b). Çok güçlü bir antimikrobiyal ajandır ve pulpa kalıntılarını ve dentinin organik bileşenlerini etkin bir şekilde çözmektedir (McDonnell ve Russell 1999). NaOCl, %0.5 ila %8 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (Ingle J I 2019b)(Waltimo ve ark. 1999). NaOCl en çok güçlü antimikrobiyal ve antifungal aktivitesi ile bilinmektedir; düşük konsantrasyonlarda bile mikroorganizmaları çok hızlı biçimde yok etmektedir (Ingle J I 2019b). Gomes ve ark. yaptıkları çalışmada *Enterococcus faecalis* gibi kök kanal enfeksiyonlarında görülen dirençli mikroorganizmaları öldürmede %5.25'lik NaOCl'nin daha düşük konsantrasyonlarına göre daha hızlı ve etkili olduğunu göstermişlerdir (Gomes ve ark. 2001). Etilen Diamin Tetraasetik Asit (EDTA) (%17, disodyum tuzu, pH 7-7.5'e tamponlanmış) kök kanalında etkili bir şelatlayıcı ajandır (Baumgartner ve Mader 1987; Czonstkowsky, Wilson ve Holstein 1990). NaOCl ile kullanıldığında (ancak aynı anda değil) dentinin inorganik bileşenine etki ederek smear tabakasını kaldırmaktadır. Bu nedenle EDTA, enfekte olmuş dokunun temizlenmesini ve uzaklaştırılmasını kolaylaştırarak kök kanalındaki mikroorganizmaların yok edilmesine katkıda bulunur. Ayrıca, smear tabakasının EDTA (veya sitrik asit) ile uzaklaştırılmasının, lokal olarak kullanılan dezenfektan ajanların dentinin daha derin katmanlarında antimikrobiyal etkisini geliştirdiği gösterilmiştir (Haapasalo ve Ørstavik 1987)(Ørstavik ve Haapasalo 1990). Güven ve ark. açık apeks simülasyonu yapılmış trikalsiyum silikat simanlar ile total kök kanal dolumu yaptıkları çalışmalarında dişlerin irrigasyonunu %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA ile gerçekleştirmişlerdir (Guven ve ark. 2016). Bu çalışmada da preparasyon boyunca kök

kanallarının irrigasyonunu %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA ile yapılması tercih edilmiştir (Guven ve ark. 2016).

Kök kanalının temizlenmesi ve şekillendirilmesi, enfekte dişlerdeki mikrobiyotayı etkili bir şekilde azaltır, ancak tam bir antisepsi elde etmek için yeterli değildir; bu nedenle kanal içi medikaman uygulaması da gereklidir (Zancan ve ark. 2016). Kalsiyum hidroksit tozu bu amaç için yaygın olarak kullanılmaktadır (Zancan ve ark. 2016). Kalsiyum hidroksit bakterisidal aktivitelerinden dolayı kanal içi bir medikaman olarak endodontide, özellikle kanal tedavisinin yenilendiği durumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır ayrıca antirezorptif ve doku çözücü özelliklerinden dolayı kanal içi medikaman olarak kullanılması önerilmiştir (Bystrom, Claesson ve Sundqvist 1985; Mustafa ve ark. 2018). Yavaş çalışan bir antiseptik olarak, kalsiyum ve hidroksil iyonlarının iyonik ayrışması ile elde edilen antimikrobiyal ve biyolojik etki için gereken kesin süre bilinmemektedir (Estrela ve ark. 1999). Ancak yapılan bir çalışmada kalsiyum hidroksitin antibakteriyel etkisi incelenmiş ve yedi günlük pansumanın, kanalın biyomekanik enstrümanında hayatta kalan bakterileri etkin bir şekilde ortadan kaldırdığını göstermiştir (Sjogren U. 1991). Ayrıca Giuliani ve ark. periapikal lezyonlu immatür daimi dişlere bir hafta kanal içi kalsiyum hidroksit uygulamasından sonra MTA ile apeksifikasyon yaptıktan sonra takip randevularında lezyonun iyileştiğini görmüşlerdir (Giuliani ve ark. 2002). Buna dayanarak çalışmamızda kalsiyum hidroksit kanal patı yedi gün süre ile kanal içerisinde bekletilerek uygulanmıştır.

Geçici ve ara restorasyonlar, randevular arasında endodontik giriş kavitelerine bakteri girişinin önlenmesine engel olmak için yerleştirilmektedir (Jensen, Abbott ve Salgado 2007). Ana amaçları, diş bakteri girişine karşı bir bariyer sağlamaktır. İkincil bir amaç ise kanal içi medikamanların kök kanal sisteminden sızmasını önlemektir (Webber ve ark. 1978). Bakteriyel penetrasyonun önlenmesi, çok seanslı endodontide ve ayrıca endodontik tedavinin tamamlanmasından hemen sonra kesin koronal restorasyonun yerleştirilemediği tek seanslı endodontide önemlidir (Shanmugam ve ark. 2020). Yetersiz geçici/ara restorasyonlar (Jensen, Abbott ve Salgado 2007), kök kanal sisteminin yeniden enfeksiyonuna (Saunders ve Saunders 1994) yol açan bakterilerin koronal penetrasyonu ile sonuçlanabilmektedir. Uygun bir koronal restorasyon, postoperatif yeniden enfeksiyonu önlemek için kök kanal dolgusu ile kök kanal tedavisinin ayrılmaz bir parçası olarak düşünülmektedir (Ng, Mann ve Gulabivala

2011). Bu amaçla kullanılan materyaller IRM, polimetil metakrilat ile güçlendirilmiş bir ZOE (Çinko Oksit Öjenol) simandır. IRM dahil olmak üzere ZOE geçici restoratif materyallerinin, özellikle düşük toz-sıvı oranı ile kullanıldığında endodontik tedavi sırasında bakteri penetrasyonuna karşı yeterli direnç sağlayabileceği belirtilmiştir (Sivakumar, Kumar ve Shyamala 2013). Bu nedenle bu çalışmada geçici dolgu materyali olarak IRM kullanımı tercih edilmiştir.

Trikalsiyum silikat simanlar su veya su içerikli sıvılarla karıştırıldıklarında hidrasyon reaksiyonu vermektedirler (Prati ve Gandolfi 2015). Bu reaksiyon sırasında siman içerisindeki kalsiyum ve çözültiden gelen fosfat materyal ile dentin ara yüzeyinde kalsiyum fosfat apatitleri şeklinde çökerek bir tabaka oluşturur ve bu reaksiyon sonrasında oluşan ürünlerin sertleşme aşamalarını tamamlamaları birkaç gün sürmektedir (Prati ve Gandolfi 2015). MTA'nın PBS ile etkileşimi, sızdırmazlık kabiliyetini olumlu yönde etkilemektedir (Martin ve ark. 2007; Parirokh ve ark. 2009). PBS'de MTA, karbonatlı apatit oluşumunu tetikleyen bazı bileşenleri serbest bırakır. Bu kendiliğinden çökeltme, siman-dentin arayüzünde tag benzeri yapılara sahip bir ara yüzey tabakasının oluşumuna yol açan bir biyomineralizasyon sürecini teşvik etmektedir (Reyes-Carmona, Felipe ve Felipe 2009). Martin ve ark. (Martin ve ark. 2007), MTA'dan sürekli kalsiyum ve hidroksil iyonlarının salınımının ve daha sonra PBS ile etkileşimin, MTA ve dentin arasındaki boşlukları kısmen kapatan ve sızıntıyı azaltan karbonatlı apatitin birikmesiyle sonuçlandığını öne sürmüştür. Ayrıca, malzemenin dış yüzeyinde apatit oluşumu, simanın genişlemesine ve yüzey boşluklarının doldurulmasına katkıda bulunur, MTA'nın kanal duvarlarına adaptasyonunu iyileştirir (M G Gandolfi ve ark. 2010; Maria Giovanna Gandolfi ve ark. 2010). Han ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada ise dentine uygulanan trikalsiyum silikat esaslı simanları PBS'de bekletmişlerdir. PBS'nin, sert doku biyoaktivitesinin değerlendirilmesi ve klinik olarak daha uyumlu bulgular elde etmek için önerilen bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir (Han ve Okiji 2013)(L. Han ve Okiji 2013). Bu nedenle çalışmamızda örnekler PBS içerisinde bekletilmiştir.

İleri görüntüleme yöntemlerinden olan mikro-bilgisayarlı tomografi (mikro-BT), iki boyutlu histolojik kesitler üzerinde numunenin üç boyutlu hacmi düşünüldüğünde, geleneksel histolojik analizin (Tjong ve ark. 2014) tamamlayıcı alternatifi olarak kemik morfolojik özelliklerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Tahribatsız yöntem olarak mikro-BT, numuneyi tahrip etmeden üç boyutlu bilgi sağlamaktadır ve

radyografik görüntü bölümleriyle iç rekonstrüksiyonuna izin vermektedir (Irie ve ark. 2018). Son zamanlarda, farklı kanal tedavisi yenileme tekniklerinden sonra kalan dolgu materyalini ölçmek için mikro-BT kullanılmaktadır (Rechenberg ve Paqué 2013; Roggendorf ve ark. 2010). Mikro-BT, kanal tedavisinin yenilenmesi işleminde üç boyutlu olarak değerlendirmek için hızlı, yüksek doğrulukta ve tahribatsız bir yöntem sağlamaktadır. Ek olarak, mikro-BT görüntülemenin ana avantajı, aynı numunenin yeniden tedavisinde farklı aşamalarında tekrar tekrar taranmasına olanak sağlamasıdır (Hassanloo ve ark. 2007). Ayrıca mikro-BT yöntemi kullanılarak kök kanallarına yerleştirilen trikalsiyum silikat esaslı simanlar ile dentin duvarı arasındaki boşluklar hesaplanabilmekte (Keleş ve ark. 2018), böylece bu materyallerin tıkama yeteneği değerlendirilebilmektedir (Toia ve ark. 2020). Bu nedenle, bu çalışmada örneklerin taranma işlemi mikro-BT ile yapılmıştır.

MTA simanının dentin duvarından uzaklaştırılması, daha önce diğer araştırmacılar tarafından da tartışılan yeni tanıtılan bir kavramdır (Boutsioukis, Noula ve Lambrianidis 2008; Nandini, Natanasabapathy ve Shivanna 2010). Bu araştırmacılar, Nikel-titanyum (NiTi) döner eğeler ve ultrasonik aletler gibi mekanik cihazlar kullandıkları için, MTA'nın dentin yüzeyinden uzaklaştırılmasında net bir sonuç bildirmemişlerdir. Asidik ortamın, alkali yapıdaki MTA'nın yapısında bozunma meydana getirdiği, MTA-dentin yüzeyinin bağlanma gücünü düşürdüğünü (Shokouhinejad ve ark. 2010) ve mikrosertliğini azalttığı bilinmektedir (Saghiri ve ark. 2008)(Parirokh ve Torabinejad 2010) (Shi ve Stegemann 2000) (Yan ve ark. 2006) (Nandini, Natanasabapathy ve Shivanna 2010). Saghiri ve ark. trikalsiyum silikat simanın uzaklaştırılmasının, seyreltik hidroklorik asidin, çözünene veya ayrışana kadar siman ile temas halinde geçirilmesiyle kolaylıkla gerçekleştirilebildiğinden bahsetmektedir (Saghiri ve ark. 2013). Portland siman yapısını zayıflatmada pH değeri 1.8 olan %37 hidroklorik asidin etkili olduğu sonucuna varmışlardır (Saghiri ve ark. 2013). Henüz net olarak uzaklaştırma için literatürde standart bir yöntem bulunmadığından trikalsiyum silikat simanların kök kanallarından uzaklaştırılma başarısını değerlendiren bu çalışmada BioMTA firması tarafından üretilen MTA Uzaklaştırma Kiti ve konsantre HCl asit içeren Bio-Retrievability solüsyonu kullanılmıştır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre gruplar arasında toplam hacim açısından istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir. Örneklerin kök boyları açık apeks

simülasyonunda standardizasyon elde etmek için aynı boyda kesilmiş ve kök kanal preparasyonları aynı şekilde yapılmıştır. Kök kanallarına total dolum yapıldığı için hacimlerin aynı olması beklenen ve istenen bir sonuçtur.

Çalışmamızda kök kanal dolum materyalleri uzaklaştırıldıktan sonra gruplar arasında ölçülen kalan hacim miktarları arasında da anlamlı bir fark saptanmamıştır. Uzaklaştırılamayan trikalsiyum silikat simanların yüzde değerleri açısından da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Literatür taramasının sonucunda MTA Uzaklaştırma Kiti'nin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır, dolayısıyla bir makale ile karşılaştırma yapma imkanı bulunamamıştır. Ancak kullanılan materyallerin kök dentinine bağlanma dayanımları, sızdırmazlık özellikleri ve fizikokimyasal özelliklerinin kanaldan uzaklaştırılma etkinlikleri ile ilişkili olduğu düşünülmüş, bu konular ile ilgili materyaller birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Rahoma ve ark.'nın yaptıkları bir çalışmada OrthoMTA ve ProRoot MTA'nın kök kanal dentinine bağlanma dayanımının benzer olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Rahoma, AlShwaimi ve Majeed 2018). Majeed ve ark. yaptıkları bir çalışmada Biodentine ve ProRoot MTA'nın kök dentinine bağlanma gücü değerlerinin benzer olduğunu bildirmiştir (Majeed ve AlShwaimi 2017; Stefaneli Marques ve ark. 2018). ProRoot MTA, Biodentine ve OrthoMTA arasında sıvı infiltrasyon tekniği kullanılarak mikrosızıntı değerlerine bakılan bir çalışmada ise üç materyalin de sonuçları benzer bulunmuştur (Mousavi ve ark. 2018). Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde de üç materyalin kök kanalından uzaklaştırılma değerleri arasında fark saptanmamıştır.

Kalsiyum silikat bazlı simanlar, kendiliğinden sertleşen hidrolik simanlardır (Darvell ve Wu 2011). Kalsiyum silikat siman tozu esas olarak dikalsiyum ve trikalsiyum silikattan oluşmaktadır. Tozun suyla karıştırılmasından sonra öncelikle Ca(OH)_2 ve kalsiyum silikat hidrat üretilir ve karışım sonunda sert bir yapıya katılan yapışkan bir koloidal jel (kalsiyum silikat hidrat jeli) oluşmaktadır (J Camilleri 2007; Josette Camilleri 2008). Ca(OH)_2 molekülü, kalsiyum ve hidroksil iyonlarına ayrışır, böylece pH değerini yaklaşık 12,5'e yükseltmekte ve kalsiyum iyonlarının salınmasına neden olmaktadır (Faraco Jr ve Holland 2001; Holland ve ark. 1999; Takita ve ark. 2006). Çevresel koşulların kalsiyum silikat simanların kimyasal bileşikleri ve hidratasyon süreci üzerindeki etkisinin bilinmesi klinik öneme sahiptir. Akıncı ve ark., kalsiyum silikat içerikli simanlar ile yaptıkları bir çalışmada asidik bir pH ortamında simanların hacminde önemli ölçüde azalmaya rastlamışlardır. (Akinci, Simsek ve Aydinbelge

2020). Asidik pH'a maruziyet sonucu ProRoot MTA ve Biodentine'in hidratasyonun engellendiği ve Ca(OH)_2 'nin boyutunun azaldığı görülmüştür. (Ashofteh Yazdi ve ark. 2019). OrthoMTA'nın asidik solüsyonlar ile etkileşimi sonucunda mikrosertliğinde azalma görülmüştür (Oh ve ark. 2016) %37'lik hidroklorik asidin, MTA'nın mikrosertliğini ve kök dentinine bağlanma dayanım gücünü düşürdüğü bunun sonucunda da MTA'nın dentin yüzeyinden daha iyi uzaklaştırılmasına yardımcı olabileceği görülmüştür (Saghiri ve ark. 2013). Çalışmamız sırasında Bio-Retrievability solüsyonunun konsantre HCl asit içeriğinin kullandığımız trikalsiyum silikat içerikli üç materyalin fiziksel ve kimyasal yapısında zayıflamalar oluşturduğu ve bu sayede simanların kanallardan etkili bir şekilde uzaklaştırıldığı düşünülmektedir.

Çalışmamızda trikalsiyum silikat bazlı simanların kanaldan uzaklaştırılma süre değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır. Gruplar arasında süre değerleri ise en yüksekten en düşüğe doğru şu şekildedir; 21.416 ± 3.480 dakika ile ProRoot MTA, 19.875 ± 2.223 dakika ile Biodentine ve 5.506 ± 0.305 dakika ile OrthoMTA. Süre değerleri bakımından grupların ikili karşılaştırmasında Biodentine-ProRoot MTA arasında anlamlı fark bulunmamaktadır. Ancak OrthoMTA ve diğer gruplar arasında süre değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. ProRoot MTA Portland simandır ve içeriğinde OrthoMTA'ya göre daha fazla yoğunlukta ağır metaller bulunmaktadır (Chang ve ark. 2011). OrthoMTA esas olarak biyoseramiktir ve üretici firmanın belirttiğine göre ağır metal içermemektedir (OrthoMTA: Clinical uses 2019). OrthoMTA ve ProRoot MTA arasında Cd, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn gibi ağır metallerin oranını araştıran bir çalışmada OrthoMTA'nın içerisinde altı ağır metal de gözlenmiştir fakat metallerin anlamlı ölçüde ProRoot MTA'dan daha az olduğu görülmüştür (Chang ve ark. 2011). Bu verilerin ışığında ProRoot MTA'nın kök kanallarından uzaklaştırılmasının OrthoMTA'ya nazaran daha zorlayıcı olması beklenen bir sonuçtur. Çalışmamızda kullandığımız diğer bir trikalsiyum silikat siman Biodentine'in içeriğini araştıran bir çalışma materyalin sertleşirken kalsiyum silikat hidrat, kalsiyum ve hidroksit oluşturduğu sonucuna varmışlardır (Grech, Mallia ve Camilleri 2013a). Biodentine tozu ayrıca siman partiküllerine kıyasla daha büyük olan kalsiyum karbonat içermektedir. Oluşan hidrasyon ürünleri kalsiyum karbonat parçacıklarının çevresinde yerleşmektedir (Grech, Mallia ve Camilleri 2013a). Araştırmacılar, kalsiyum karbonatın bir çekirdeklenme alanı olarak hareket ederek mikro yapıyı güçlendirdiğini belirtmişlerdir

(Grech, Mallia ve Camilleri 2013a). Bunun sonucunda da Biodentine'in diğer birçok trikalsiyum silikat içerikli simanlar gibi sertleştikten sonra uzaklaştırılmasının daha zor ve zahmetli olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışmalar ProRoot MTA'nın basınç dayanımını 93.38 ± 26.27 MPa (Grech, Mallia ve Camilleri 2013b), Biodentine'in dayanımı 67.18 MPa (Rajasekharan ve ark. 2014) olarak ölçmüştür. Üretici firmanın belirttiğine göreyse sertleştikten sonra OrthoMTA'nın basınç dayanımı 25 MPa'ya ulaşmaktadır (OrthoMTA: Clinical uses 2019). Basınç dayanımlarının uygulanan materyallerin uzaklaştırılmasında bir etken olduğu düşünülmektedir, bu nedenle OrthoMTA'nın diğer iki trikalsiyum silikat simana oranla kök kanallarından daha hızlı bir şekilde uzaklaştırılması beklenen bir sonuç olarak düşünülmektedir.

OrthoMTA'nın üretici firma tarafından belirtilen özelliklerinden biri de diğer MTA materyallerinden farklı olarak sertleştikten sonra kök kanallarından uzaklaştırılmasının mümkün olmasıdır (OrthoMTA: Clinical uses 2019). Yaptığımız çalışmada kullanılan BioMTA markasının ürettiği MTA Uzaklaştırma Kiti ve Bio-Retrievability solüsyonu primer olarak gene aynı firmanın ürettiği OrthoMTA simanını dentinden uzaklaştırmak için tasarlanmıştır (Removal Kit | BioMTA n.d.). Çalışmamızın sonucu olarak OrthoMTA'nın kanaldan uzaklaştırılma süresinin daha kısa olması üretici firmanın belirttiği ürün özelliğiyle uyum göstermektedir. Buna dayanarak OrthoMTA'nın kök kanallarından uzaklaştırılmasının kullandığımız diğer trikalsiyum silikat simanlara oranla daha hızlı olması beklediğimiz bir sonuçtur.

OrthoMTA son zamanlarda piyasaya sürülen bir materyal olduğu için literatürde az sayıda çalışma bulunmaktadır bu nedenle, klinik kullanımını değerlendirmek için OrthoMTA hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Mousavi ve ark. 2018).

Çalışmamızın sonucunda her üç grupta da kök kanallarından uzaklaştırılan materyal yüzdesinin yüksek olması (%99.848-%99.869-%99.878) kullandığımız MTA Uzaklaştırma Kiti ve Bio-Retrievability solüsyonunun etkili olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre trikalsiyum silikat esaslı simanların uzaklaştırılma etkinlikleri karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu nedenle çalışmanın 0 hipotezi kabul edilmiştir. Bu çalışmanın limitasyonlarından bahsedilecek olursa; (1) çalışmamızda matür daimi dişler simülasyon modeli ile immatür dişler haline getirilmiştir. Simüle edilmiş dişler klinik

olarak immatür dişlerin dentin yapısını yansıtmadığından bu durumun çalışma sonuçlarında farklılıklara sebep olabileceğı düşünölmektedir. (2) Simölasyon ve benzeri teknikler ile in vitro çalışmalarda in vivo çalışmalara benzer koşullar oluşturulmaya çalışılrsa da net olarak klinik koşullar sağlanamamaktadır. Bu nedenle belirleyici çıkarımlarda bulunabilmek geniş kapsamlı in vitro ve in vivo çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Açık apeksli dişlerde total kök kanal dolum materyalleri olarak kullandığımız ProRoot MTA, OrthoMTA ve Biodentine'in MTA Uzaklaştırma Kiti ve Bio-Retrievability solüsyonu ile kök kanallarından uzaklaştırılma başarısını incelediğimiz bu çalışmanın sonuçları şu şekildedir:

- Gruplar arasında toplam hacim değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($F=0.337$ $p=0.718$). Çalışmada ProRoot MTA toplam hacim ortalaması $25.696 \pm 2.053 \text{ mm}^3$, Biodentine toplam hacim ortalaması $25.806 \pm 1.604 \text{ mm}^3$ ve OrthoMTA toplam hacim ortalama değeri $25.112 \pm 1.767 \text{ mm}^3$ olarak ölçülmüştür.
- Gruplar arasında kalan hacim değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ($\chi^2=1.280$, $p=0.527$). Kalan hacim değerlerinin ortalamasına bakıldığında ProRoot MTA $0.130 \pm 0.199 \text{ mm}^3$, Biodentine $0.151 \pm 0.110 \text{ mm}^3$ ve OrthoMTA $0.121 \pm 0.140 \text{ mm}^3$ olarak ölçülmüştür.
- Gruplar arasında uzaklaştırılamayan trikalsiyum silikat simanların yüzde değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($\chi^2=1.295$, $p=0.523$). Uzaklaştırılamayan kanal dolgu materyallerinin yüzdesi şu şekilde sıralanmaktadır; ProRoot MTA $\%0.477 \pm 0.716$, Biodentine $\%0.571 \pm 0.410$ ve OrthoMTA $\%0.519 \pm 0.639$ olarak ölçülmüştür.
- Gruplar arasında süre değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($\chi^2=15.485$, $p<0.001$). Gruplar arasında süre değerlerine baktığımızda ise en yüksek değer 21.416 $\pm$ 3.480 dakika ile ProRoot MTA grubunda olduğu, en düşük ortalama değerin ise 5.506 $\pm$ 0.305 dakika ile OrthoMTA grubunda olduğu belirlenmiştir. Biodentine'in kök kanallarından uzaklaştırılma süresi 19.875 $\pm$ 2.223 dakika olarak ölçülmüştür. Süre değerleri bakımından grupların ikili karşılaştırmasında Biodentine-ProRoot MTA arasında anlamlı fark bulunmamaktadır. Ancak OrthoMTA ve diğer gruplar arasında süre değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır.

Son yıllarda kök kanallarının trikalsiyum silikat simanlarla total dolumu başarılı bir tedavi yöntemi olarak görülmektedir. Ancak uzun dönem takip sonuçlarının literatürde yer almaya başlamasıyla beraber trikalsiyum silikat simanların kullanıldığı endodontik tedavilerde başarısızlıkların da görüldüğü anlaşılmıştır. Başarısızlık durumunda karşılaşılan önemli sorunlardan biri de kullanılan trikalsiyum silikat esaslı simanların kanallardan uzaklaştırılmasıdır. Literatürde trikalsiyum silikat simanların kanaldan uzaklaştırılmasında bazı kimyasal ve mekanik yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar olsa da hala net bir tedavi protokolü bulunmamaktadır (Boutsioukis, Noura ve Lambrianidis 2008; Nandini, Natanasabapathy ve Shivanna 2010; Oh ve ark. 2016; Saghiri ve ark. 2013). Bu çalışma ile kök kanallarının trikalsiyum silikat simanlar ile total dolumunun başarısız olması durumunda uygulanan trikalsiyum silikat esaslı simanların MTA Uzaklaştırma Kiti ile yeterli düzeyde uzaklaştırılabileceği düşünülmektedir. Ancak literatürde bu konuyla ilgili çalışma bulunmadığından yapılacak in vitro ve in vivo çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbott, P V, and Christine Yu. 2007. "A Clinical Classification of the Status of the Pulp and the Root Canal System." *Australian Dental Journal* 52: S17–31.
- Aggarwal V, Miglani S, Singla M. 2012. "Conventional Apexification and Revascularization Induced Maturogenesis of Two Non-Vital, Immature Teeth in Same Patient: 24 Months Follow up of a Case. JCD." *Journal of Conservative Dentistry*: 15,68.
- Aggarwal, Vivek, Mamta Singla, Sanjay Miglani, and Sarita Kohli. 2013. "Comparative Evaluation of Push-out Bond Strength of ProRoot MTA, Biodentine, and MTA Plus in Furcation Perforation Repair." *Journal of conservative dentistry: JCD* 16(5): 462.
- Ajas, Azeez et al. 2018. "Comparative Evaluation of Sealing Ability of Biodentine and White MTA-Angelus as Furcation Repair Material: A Dye Extraction Study." *Int J Oral Care Res* 6(1): 54–57.
- Akinci, Levent, Neslihan Simsek, and Hale A Aydinbelge. 2020. "Physical Properties of MTA, BioAggregate and Biodentine in Simulated Conditions: A Micro-CT Analysis." *Dental materials journal* 39(4): 601–7.
- Aksel, Hacer, Selen Küçükkaya Eren, Sevinc Askerbeyli Örs, and Eda Karaismailoğlu. 2018. "Surface and Vertical Dimensional Changes of Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine in Different Environmental Conditions." *Journal of Applied Oral Science* 27.
- Al-Kahtani, Ahmed. 2013. "Avulsed Immature Permanent Central Incisors Obturated with Mineral Trioxide Aggregate: A Case Report." *Journal of International Oral Health: JIOH* 5(3): 88.
- Al-Kahtani, Ahmed, Sandra Shostad, Robert Schifferle, and Satish Bhambhani. 2005. "In-Vitro Evaluation of Microleakage of an Orthograde Apical Plug of Mineral Trioxide Aggregate in Permanent Teeth with Simulated Immature Apices." *Journal of Endodontics* 31(2): 117–19.
- American Association Of E, American Academy Of O, Maxillofacial, and R. 2011. "Use of Cone-Beam Computed Tomography in Endodontics Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology." *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 111: 234–37.
- American Association of Endodontists. 2012. *AAE. Glossary of Endodontic Terms. 8th Ed. Chicago, IL.*
- Andelin, Wallis E et al. 2002. "Microleakage of Resected MTA." *Journal of Endodontics* 28(8): 573–74.
- Andreasen, J O. 1967. "Intra-Alveolar Root Fractures: Radiographic and Histologic Study of 50 Cases." *J. Oral Surg.* 25: 414–26.
- Andreasen, J O, Frances M Andreasen, and Lars Andersson. 1993. *3 Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth.* Blackwell Munksgaard

Copenhagen, Denmark.

- Andreasen, J Q, and J J Ravn. 1972. "Epidemiology of Traumatic Dental Injuries to Primary and Permanent Teeth in a Danish Population Sample." *International journal of oral surgery* 1(5): 235–39.
- Andreasen, Jens Ove, Ban Farik, and Erik Christian Munksgaard. 2002. "Long-term Calcium Hydroxide as a Root Canal Dressing May Increase Risk of Root Fracture." *Dental Traumatology* 18(3): 134–37.
- Andreasen, Jens Ove, Erik Christian Munksgaard, and Leif K Bakland. 2006. "Comparison of Fracture Resistance in Root Canals of Immature Sheep Teeth after Filling with Calcium Hydroxide or MTA." *Dental traumatology* 22(3): 154–56.
- Asgary, Saeed, and Mohammad Jafar Eghbal. 2012. "Root Canal Obturation of an Open Apex Root with Calcium Enriched Mixture." *J Case Reports and Images* 3(5): 50–52.
- Asgary, Saeed, Masoud Parirokh, Mohammad Jafar Eghbal, and Frank Brink. 2005. "Chemical Differences between White and Gray Mineral Trioxide Aggregate." *Journal of endodontics* 31(2): 101–3.
- Ashkenazi, Malka, Arieh Kaufman, and Shmuel Einy. 2015. "The Diagnostic and Treatment Challenges Associated with Traumatized Intruded Permanent Incisors: A Case Report." *Quintessence Int* 46: 309–15.
- Ashley, Martin, and Ian Harris. 2001. "The Assessment of the Endodontically Treated Tooth." *Dental update* 28(5): 247–52.
- Ashofteh Yazdi, K et al. 2019. "Microstructure and Chemical Analysis of Four Calcium Silicate-Based Cements in Different Environmental Conditions." *Clinical oral investigations* 23(1): 43–52.
- Ayatollahi, Fatemeh et al. 2016. "Comparison of Microleakage of MTA and CEM Cement Apical Plugs in Three Different Media." *Iranian Endodontic Journal* 11(3): 198–201.
- Azevedo, Marco Antonio Diniz et al. 2020. "Endodontic Retreatment Using a Single Instrument from Four Nickel-Titanium Systems-a Micro-CT Study." *Brazilian Dental Journal* 31: 605–10.
- Bajwa, Navroop Kaur, Mahesh Madhukar Jingarwar, and Anuradha Pathak. 2015. "Single Visit Apexification Procedure of a Traumatically Injured Tooth with a Novel Bioinductive Material (Biodentine)." *International journal of clinical pediatric dentistry* 8(1): 58.
- Bakland, Leif K, and Jens O Andreasen. 2012. "Will Mineral Trioxide Aggregate Replace Calcium Hydroxide in Treating Pulpal and Periodontal Healing Complications Subsequent to Dental Trauma? A Review." *Dental traumatology* 28(1): 25–32.
- Ball, J S. 1964. "Apical Root Formation on Non-Vital Immature Permanent Incisor." *Br Dent J* 116: 166–67.
- Banchs, Francisco, and Martin Trope. 2004. "Revascularization of Immature

- Permanent Teeth with Apical Periodontitis: New Treatment Protocol?" *Journal of endodontics* 30(4): 196–200.
- Başer Can, E D, A Keleş, and B Aslan. 2017. "Micro-CT Evaluation of the Quality of Root Fillings When Using Three Root Filling Systems." *International Endodontic Journal* 50(5): 499–505.
- Bastone, Elisa B, Terry J Freer, and John R McNamara. 2000. "Epidemiology of Dental Trauma: A Review of the Literature." *Australian dental journal* 45(1): 2–9.
- Baumgartner, J Craig, and Carson L Mader. 1987. "A Scanning Electron Microscopic Evaluation of Four Root Canal Irrigation Regimens." *Journal of endodontics* 13(4): 147–57.
- Bayram, Emre, and Huda Melike Bayram. 2016. "Fracture Resistance of Immature Teeth Filled with Mineral Trioxide Aggregate, Bioaggregate, and Biodentine." *European journal of dentistry* 10(02): 220–24.
- Bayram, H Melike, Berkan Çelikten, Emre Bayram, and Alperen Bozkurt. 2013. "Fluid Flow Evaluation of Coronal Microleakage Intraorifice Barrier Materials in Endodontically Treated Teeth." *European journal of dentistry* 7(03): 359–62.
- Bergenholtz, Gunnar et al. 1979. "Retreatment of Endodontic Fillings." *European Journal of Oral Sciences* 87(3): 217–24.
- Bernabé, Pedro Felício Estrada et al. 2005. "Comparative Study of MTA and Other Materials in Retrofilling of Pulpless Dogs' Teeth." *Brazilian dental journal* 16: 149–55.
- Bhasker SN. 1991. "No Title." In *Orban's Oral Histology and Embryology, 11th Edn. St. Louis: Mosby-Year Book*;.
- "Biodentine Biological Bulk Fill." 2022. *biodentine.com*.
<https://biodentine.com/#properties>.
- Bogen, George, and Sergio Kuttler. 2009. "Mineral Trioxide Aggregate Obturation: A Review and Case Series." *Journal of Endodontics* 35(6): 777–90.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.03.006>.
- Borges, Mariana M B et al. 2019. "Efficacy of Reciprocating Systems for Removing Root Filling Material plus Complementary Cleaning Methods in Flattened Canals: Microtomography and Scanning Electron Microscopy Study." *Microscopy research and technique* 82(7): 1057–64.
- Bortoluzzi, E A et al. 2007. "Fracture Strength of Bovine Incisors after Intra-radicular Treatment with MTA in an Experimental Immature Tooth Model." *International endodontic journal* 40(9): 684–91.
- Bortoluzzi, Eduardo Antunes et al. 2006. "Sealing Ability of MTA and Radiopaque Portland Cement with or without Calcium Chloride for Root-End Filling." *Journal of endodontics* 32(9): 897–900.
- Boutsioukis, Christos, Giovana Noura, and Theodor Lambrianidis. 2008. "Ex Vivo Study of the Efficiency of Two Techniques for the Removal of Mineral Trioxide Aggregate Used as a Root Canal Filling Material." *Journal of*

endodontics 34(10): 1239–42.

Bozeman, T Brian, Ronald R Lemon, and Paul D Eleazer. 2006. “Elemental Analysis of Crystal Precipitate from Gray and White MTA.” *Journal of endodontics* 32(5): 425–28.

De Bruyne, Mieke A A, Roger J E De Bruyne, and Roeland J G De Moor. 2006. “Capillary Flow Porometry to Assess the Seal Provided by Root-End Filling Materials in a Standardized and Reproducible Way.” *Journal of Endodontics* 32(3): 206–9.

Bystrom, A, R Claesson, and G Sundqvist. 1985. “(1985) The Antibacterial Effect of Camphorated Paramonochlorophenol, Camphorated Phenol and Calcium Hydroxide in the Treatment of Infected Root Canals.”

Camilleri, J. 2007. “Hydration Mechanisms of Mineral Trioxide Aggregate.” *International endodontic journal* 40(6): 462–70.

Camilleri, J. 2008. “Characterization and Chemical Activity of Portland Cement and Two Experimental Cements with Potential for Use in Dentistry.” *International endodontic journal* 41(9): 791–99.

Camilleri, Josette. 2008. “The Chemical Composition of Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of conservative dentistry: JCD* 11(4): 141.

Camilleri, Josette. 2013. “Investigation of Biodentine as Dentine Replacement Material.” *Journal of dentistry* 41(7): 600–610.

Carr GB. 1998. “Retreatment. In: Cohen S, Burns RC, Editors.” In *Pathways of the Pulp*. 7th Ed. St Louis, MO: Mosby Inc, , 791–834.

Cauwels, Rita G E C, Ilse Y Pieters, Luc C Martens, and Ronald M H Verbeeck. 2010. “Fracture Resistance and Reinforcement of Immature Roots with Gutta Percha, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Phosphate Bone Cement: A Standardized in Vitro Model.” *Dental Traumatology* 26(2): 137–42.

Cehreli, Zafer C, Beste Isbitiren, Sezgi Sara, and Gizem Erbas. 2011. “Regenerative Endodontic Treatment (Revascularization) of Immature Necrotic Molars Medicated with Calcium Hydroxide: A Case Series.” *Journal of endodontics* 37(9): 1327–30.

Chang, Seok-Woo et al. 2011. “Heavy Metal Analysis of Ortho MTA and ProRoot MTA.” *Journal of Endodontics* 37(12): 1673–76.

Chaollai, A Ni, J Monteiro, and M S Duggal. 2009. “The Teaching of Management of the Pulp in Primary Molars in Europe: A Preliminary Investigation in Ireland and the UK.” *European Archives of Paediatric Dentistry* 10(2): 98–103.

Che J-L, Varughese KT, Kim SH, Choi N-K, Moon H-J, Hwang M-J, et al. 2016. “Comparison of Setting Time, Compressive Strength, Solubility, and PH of Four Kinds of MTA.” *Korean J Dent Mater* 43: 61–72.

Chen, MY-H et al. 2012. “Responses of Immature Permanent Teeth with Infected Necrotic Pulp Tissue and Apical Periodontitis/Abscess to Revascularization Procedures.” *International endodontic journal* 45(3): 294–305.

Chen, Szu-Ju, and Li-Ping Chen. 2016. “Radiographic Outcome of Necrotic

- Immature Teeth Treated with Two Endodontic Techniques: A Retrospective Analysis.” *biomedical journal* 39(5): 366–71.
- Chen, Xu et al. 2013. “Regenerative Endodontic Treatment of an Immature Permanent Tooth at an Early Stage of Root Development: A Case Report.” *Journal of endodontics* 39(5): 719–22.
- Chogle, Sami et al. 2007. “Intracanal Assessment of Mineral Trioxide Aggregate Setting and Sealing Properties.” *General dentistry* 55(4): 306–11.
- Christiansen, R, L-L Kirkevang, P Hørsted-Bindslev, and A Wenzel. 2009. “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* 42(2): 105–14.
- Chueh, Ling-Huey et al. 2009. “Regenerative Endodontic Treatment for Necrotic Immature Permanent Teeth.” *Journal of endodontics* 35(2): 160–64.
- Chueh, Ling-Huey, and George T-J Huang. 2006. “Immature Teeth with Periradicular Periodontitis or Abscess Undergoing Apexogenesis: A Paradigm Shift.” *Journal of endodontics* 32(12): 1205–13.
- Çırakoğlu, Serenad, Buket Baddal, and Aylin İslam. 2020. “The Effectiveness of Laser-Activated Irrigation on the Apical Microleakage Qualities of MTA Repair HP and NeoMTA plus in Simulated Immature Teeth: A Comparative Study.” *Materials* 13(15): 3287.
- Cooke, C, and T C Rowbotham. 1988. “The Closure of Open Apices in Non-Vital Immature Incisor Teeth’.” *British Dental Journal* 165(12): 420–21.
- Costa, George Moreira et al. 2013. “Strategy for Apexification of Wide-Open Apex Associated with Extensive Periapical Lesion in a Weakened Root.” *General dentistry* 61(3): e2-4.
- Cotti, Elisabetta, Manuela Mereu, and Daniela Lusso. 2008. “Regenerative Treatment of an Immature, Traumatized Tooth with Apical Periodontitis: Report of a Case.” *Journal of endodontics* 34(5): 611–16.
- Coviello, John, and J David Brilliant. 1979. “A Preliminary Clinical Study on the Use of Tricalcium Phosphate as an Apical Barrier.” *Journal of endodontics* 5(1): 6–13.
- Crozeta, Bruno Monguilhott et al. 2016. “Micro-Computed Tomography Study of Filling Material Removal from Oval-Shaped Canals by Using Rotary, Reciprocating, and Adaptive Motion Systems.” *Journal of endodontics* 42(5): 793–97.
- Cvek M. 1992. “Prognosis of Luxated Non-Vital Maxillary Incisors Treated with Calcium Hydroxide and Filled with Gutta-Percha: A Retrospective Clinical Study.” *Endod Traumatol* 8:45–55.
- Cvek, M. 1972. “Treatment of Non-Vital Permanent Incisors with Calcium Hydroxide. I. Follow-up of Periapical Repair and Apical Closure of Immature Roots.” *Odontologisk revy* 23(1): 27–44.

- Czonstkowsky, Mario, Edmund G Wilson, and Floyd A Holstein. 1990. "The Smear Layer in Endodontics." *Dental Clinics* 34(1): 13–25.
- D'Arcangelo, Camillo, and Maurizio D'Amario. 2007. "Use of MTA for Orthograde Obturation of Nonvital Teeth with Open Apices: Report of Two Cases." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 104(4): e98–101.
- Dammaschke, Till, Hans U V Gerth, Harald Züchner, and Edgar Schäfer. 2005. "Chemical and Physical Surface and Bulk Material Characterization of White ProRoot MTA and Two Portland Cements." *Dental Materials* 21(8): 731–38.
- Darak, Pawan et al. 2020. "Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Simulated Immature Teeth and Its Effect on Single Visit Apexification versus Complete Obturation Using MTA and Biodentine." *Journal of Family Medicine and Primary Care* 9(4): 2011.
- Darvell, B W, and R C T Wu. 2011. "'MTA'—an Hydraulic Silicate Cement: Review Update and Setting Reaction." *Dental Materials* 27(5): 407–22.
- Dawood, Alaa E et al. 2017. "Calcium Silicate-based Cements: Composition, Properties, and Clinical Applications." *Journal of investigative and clinical dentistry* 8(2): e12195.
- Desai, Shalin, and Nicholas Chandler. 2009. "The Restoration of Permanent Immature Anterior Teeth, Root Filled Using MTA: A Review." *journal of dentistry* 37(9): 652–57.
- Ding, Rui Yu et al. 2009. "Pulp Revascularization of Immature Teeth with Apical Periodontitis: A Clinical Study." *Journal of endodontics* 35(5): 745–49.
- Diogenes, Anibal, Michael A Henry, Fabricio B Teixeira, and Kenneth M Hargreaves. 2013. "An Update on Clinical Regenerative Endodontics." *Endodontic Topics* 28(1): 2–23.
- Dixon, Henry O. 1963. "Method for Preparing Cellular Cement."
- Donyavi Z, Heidari N, Khoshbin E, Shahriari S, Farhadian M, Mashouf RY, et al. 2017. "Antibacterial Activity of Mineral Trioxide Aggregate, New Endodontic Cement, Retro MTA and Ortho MTA against Common Endodontic Pathogens." *Indo Am J Pharmac Sci* 4: 4720–28.
- Doyon, Glen E, Thom Dumsha, and J Anthony von Fraunhofer. 2005. "Fracture Resistance of Human Root Dentin Exposed to Intracanal Calcium Hydroxide." *Journal of endodontics* 31(12): 895–97.
- Duarte, Marco Antonio Hungaro et al. 2018. "Tricalcium Silicate-Based Cements: Properties and Modifications." *Brazilian oral research* 32.
- Durack, Conor, and Shanon Patel. 2012. "Cone Beam Computed Tomography in Endodontics." *Brazilian dental journal* 23: 179–91.
- Dylewski, John J. 1971. "Apical Closure of Nonvital Teeth." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 32(1): 82–89.
- Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D. 2003. "Short-Term Periradicular Tissue Response to Mineral Trioxide Aggregate (MTA) as Root-End Filling

- Material.” *Int Endod J* 36(44): 8.
- Economides, N, O Pantelidou, A Kokkas, and D Tziafas. 2003. “Short-Term Periradicular Tissue Response to Mineral Trioxide Aggregate (MTA) as Root-End Filling Material.” *International Endodontic Journal* 36(1): 44–48.
- Eghbal, Mohammad Jafar et al. 2009. “MTA Pulpotomy of Human Permanent Molars with Irreversible Pulpitis.” *Australian Endodontic Journal* 35(1): 4–8.
- El-Meligy OA, Avery DR. 2006. “Comparison of Apexification with Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide.” *Pediatr Dent* 28(248): 53.
- Endo, Marcos S et al. 2013. “Quantitative and Qualitative Analysis of Microorganisms in Root-Filled Teeth with Persistent Infection: Monitoring of the Endodontic Retreatment.” *European journal of dentistry* 7(03): 302–9.
- Endodontists, American Association of. 2003. *Glossary of Endodontic Terms*. American Association of Endodontists.
- Estrela, Carlos et al. 1999. “Effect of Vehicle on Antimicrobial Properties of Calcium Hydroxide Pastes.”
- Del Fabbro, Massimo et al. 2016. “Endodontic Procedures for Retreatment of Periapical Lesions.” *Cochrane Database of Systematic Reviews* (10).
- Faraco Jr, Italo Medeiros, and Roberto Holland. 2001. “Response of the Pulp of Dogs to Capping with Mineral Trioxide Aggregate or a Calcium Hydroxide Cement.” *Dental traumatology* 17(4): 163–66.
- Feliciano, KMPC. 2006. “De Franca Caldas Jr.” *A. A systematic review of the diagnostic classifications of traumatic dental injuries. Dental Traumatology* 22: 71–76.
- Felippe, W T, M C S Felipe, and M J C Rocha. 2006. “The Effect of Mineral Trioxide Aggregate on the Apexification and Periapical Healing of Teeth with Incomplete Root Formation.” *International endodontic journal* 39(1): 2–9.
- Finucane, D, and M J Kinirons. 1999. “Non-vital Immature Permanent Incisors: Factors That May Influence Treatment Outcome.” *Dental Traumatology* 15(6): 273–77.
- Flanagan, Thomas Andrew. 2014. “What Can Cause the Pulps of Immature, Permanent Teeth with Open Apices to Become Necrotic and What Treatment Options Are Available for These Teeth.” *Australian Endodontic Journal* 40(3): 95–100.
- Ford, T R Pitt, and J S Rhodes. 2004. “Root Canal Retreatment: 2. Practical Solutions.” *Dental Update* 31(2): 97–102.
- Ford, Thomas R Pitt et al. 1995. “Use of Mineral Trioxide Aggregate for Repair of Furcal Perforations.” *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 79(6): 756–63.
- Frank, Alfred L. 1966. “Therapy for the Divergent Pulpless Tooth by Continued Apical Formation.” *The Journal of the American Dental Association* 72(1): 87–93.

- Fridland, Marcela, and Rafael Rosado. 2005. "MTA Solubility: A Long Term Study." *Journal of endodontics* 31(5): 376–79.
- Friedman, Shimon, and Adam Stabholz. 1986. "Endodontic Retreatment—Case Selection and Technique. Part 1: Criteria for Case Selection." *Journal of endodontics* 12(1): 28–33.
- Friedman, Shimon, Adam Stabholz, and Aviad Tamse. 1990. "Endodontic Retreatment—Case Selection and Technique. Part 3. Retreatment Techniques." *Journal of endodontics* 16(11): 543–49.
- Friend, L A. 1966. "The Root Treatment of Teeth with Open Apices [Abridged]."
- Friend, L A. 1967. "The Treatment of Immature Teeth with Non-vital Pulp." *International Endodontic Journal* 1(2): 28–33.
- Gandolfi, M G, P Taddei, A Tinti, and C Prati. 2010. "Apatite-forming Ability (Bioactivity) of ProRoot MTA." *International endodontic journal* 43(10): 917–29.
- Gandolfi, Maria Giovanna et al. 2010. "Kinetics of Apatite Formation on a Calcium-Silicate Cement for Root-End Filling during Ageing in Physiological-like Phosphate Solutions." *Clinical oral investigations* 14(6): 659–68.
- Gantt, David G et al. 2006. "Three-dimensional Reconstruction of Enamel Thickness and Volume in Humans and Hominoids." *European journal of oral sciences* 114: 360–64.
- Gergi, R, and C Sabbagh. 2007. "Effectiveness of Two Nickel-titanium Rotary Instruments and a Hand File for Removing Gutta-percha in Severely Curved Root Canals during Retreatment: An Ex Vivo Study." *International Endodontic Journal* 40(7): 532–37.
- Ghasemi, Negin, Maryam Janani, Tahmineh Razi, and Faezeh Atharmoghaddam. 2017. "Effect of Different Mixing and Placement Methods on the Quality of MTA Apical Plug in Simulated Apexification Model." *Journal of Clinical and Experimental Dentistry* 9(3): e351.
- Ghorbanzadeh, Abdollah et al. 2014. "An in Vitro Comparison of Marginal Adaptation of MTA and MTA-like Materials in the Presence of PBS at One-Week and Two-Month Intervals." *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)* 11(5): 560.
- Girish, Karri et al. 2017. "Effect of Obturating Materials on Fracture Resistance of Simulated Immature Teeth." *Journal of Conservative Dentistry: JCD* 20(2): 115.
- Giuliani, Valentina, Tiziano Baccetti, Riccardo Pace, and Gabriella Pagavino. 2002. "The Use of MTA in Teeth with Necrotic Pulp and Open Apices 1." *Dental Traumatology* 18(4): 217–21.
- Gjorgievska, Elizabeta S et al. 2013. "Interfacial Properties of Three Different Bioactive Dentine Substitutes." *Microsc Microanal* 19(6): 1450–57.
- Glendor, U, W Marcenes, and J O Andreasen. 2007. "Classification, Epidemiology and Etiology." *Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth* 4:

- Gomes, BPFA et al. 2001. “In Vitro Antimicrobial Activity of Several Concentrations of Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate in the Elimination of Enterococcus Faecalis.” *International endodontic journal* 34(6): 424–28.
- Grech, L, B Mallia, and J Camilleri. 2013a. “Characterization of Set Intermediate Restorative Material, B Iodentine, B Ioaggregate and a Prototype Calcium Silicate Cement for Use as Root-end Filling Materials.” *International Endodontic Journal* 46(7): 632–41.
- Grech, L, B Mallia, and J Camilleri. 2013b. “Investigation of the Physical Properties of Tricalcium Silicate Cement-Based Root-End Filling Materials.” *Dental Materials* 29(2): e20–28.
- Guerrero, F, A Mendoza, D Ribas, and K Aspiazu. “Apexification: A Systematic Review. *J Conserv Dent* 2018; 21: 462-465.”
- Guneser, Mehmet Burak, Makbule Bilge Akbulut, and Ayce Unverdi Eldeniz. 2013. “Effect of Various Endodontic Irrigants on the Push-out Bond Strength of Biodentine and Conventional Root Perforation Repair Materials.” *Journal of endodontics* 39(3): 380–84.
- Guyen, Yeliz et al. 2016. “Long-Term Fracture Resistance of Simulated Immature Teeth Filled with Various Calcium Silicate-Based Materials.” *BioMed Research International* 2016.
- Haapasalo, M, and D Ørstavik. 1987. “In Vitro Infection and of Dentinal Tubules.” *Journal of dental research* 66(8): 1375–79.
- Haapasalo, M, Y Shen, Z Wang, and Y Gao. 2014. “Irrigation in Endodontics.” *British dental journal* 216(6): 299–303.
- Ham, Karla A et al. 2005. “Preliminary Evaluation of BMP-2 Expression and Histological Characteristics during Apexification with Calcium Hydroxide and Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of Endodontics* 31(4): 275–79.
- Han, L, and T Okiji. 2011. “Uptake of Calcium and Silicon Released from Calcium Silicate-Based Endodontic Materials into Root Canal Dentine.” *International endodontic journal* 44(12): 1081–87.
- Han, L, and T Okiji. 2013. “Bioactivity Evaluation of Three Calcium Silicate-based Endodontic Materials.” *International endodontic journal* 46(9): 808–14.
- Harbert, Henry. 1996. “One-Step Apexification without Calcium Hydroxide.” *Journal of endodontics* 22(12): 690–92.
- Hargreaves, Kenneth M, Anibal Diogenes, and Fabricio B Teixeira. 2013. “Treatment Options: Biological Basis of Regenerative Endodontic Procedures.” *Pediatric dentistry* 35(2): 129–40.
- Hargreaves, Kenneth M, Todd Giesler, Michael Henry, and Yan Wang. 2008. “Regeneration Potential of the Young Permanent Tooth: What Does the Future Hold?” *Pediatric dentistry* 30(3): 253–60.
- Hashem, Danya F et al. 2014. “The Physical Characteristics of Resin Composite–

- Calcium Silicate Interface as Part of a Layered/Laminate Adhesive Restoration.” *Dental Materials* 30(3): 343–49.
- Hassan, F, D Al Hadi, and S MH. 2015. “Furcal Perforation Repair Using MTA & Biodentine, an in Vitro Evaluation Using Dye Extraction Method.” *Int J Recent Sci Res* 6(3): 3172–75.
- Hassanloo, Arezou, P Watson, Y Finer, and S Friedman. 2007. “Retreatment Efficacy of the Epiphany Soft Resin Obturation System.” *International Endodontic Journal* 40(8): 633–43.
- Hatibović-Kofman, Šahza et al. 2008. “Fracture Resistance and Histological Findings of Immature Teeth Treated with Mineral Trioxide Aggregate.” *Dental Traumatology* 24(3): 272–76.
- Hayashi, Mikako, Ayako Shimizu, and Shigeyuki Ebisu. 2004. “MTA for Obturation of Mandibular Central Incisors with Open Apices: Case Report.” *Journal of endodontics* 30(2): 120–22.
- Hecova, Hana, Vasileios Tzigkounakis, Vlasta Merglova, and Jan Netolicky. 2010. “A Retrospective Study of 889 Injured Permanent Teeth.” *Dental traumatology* 26(6): 466–75.
- Heithersay, Geoffrey S. 1970. “Periapical Repair Following Conservative Endodontic Therapy.” *Australian dental journal* 15(6): 511–18.
- Heithersay, Geoffrey S. 1975. “Calcium Hydroxide in the Treatment of Pulpless Teeth with Associated Pathology.” *International endodontic journal* 8(2): 74–93.
- Hemalatha, Hiremath, Metgud Sandeep, Sadanand Kulkarni, and Shoeb Sheikh Yakub. 2009. “Evaluation of Fracture Resistance in Simulated Immature Teeth Using Resilon and Ribbond as Root Reinforcements—an in Vitro Study.” *Dental Traumatology* 25(4): 433–38.
- Heydari, Azar, Mona Rahmani, and Mostafa Heydari. 2016. “Removal of a Broken Instrument from a Tooth with Apical Periodontitis Using a Novel Approach.” *Iranian Endodontic Journal* 11(3): 237.
- Hoen, Michael M, and Frank E Pink. 2002. “Contemporary Endodontic Retreatments: An Analysis Based on Clinical Treatment Findings.” *Journal of endodontics* 28(12): 834–36.
- Holland, Roberto et al. 1977. “Reaction of Human Periapical Tissue to Pulp Extirpation and Immediate Root Canal Filling with Calcium Hydroxide.” *Journal of endodontics* 3(2): 63–67.
- Holland, Roberto et al. 1999. “Reaction of Dogs’ Teeth to Root Canal Filling with Mineral Trioxide Aggregate or a Glass Ionomer Sealer.” *Journal of endodontics* 25(11): 728–30.
- Holland, Roberto et al. 2007. “Influence of the Type of Vehicle and Limit of Obturation on Apical and Periapical Tissue Response in Dogs’ Teeth after Root Canal Filling with Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of Endodontics* 33(6): 693–97.

- Huang, George T-J et al. 2008. "The Hidden Treasure in Apical Papilla: The Potential Role in Pulp/Dentin Regeneration and Bioroot Engineering." *Journal of endodontics* 34(6): 645–51.
- Hülsmann, M, and S Stotz. 1997. "Efficacy, Cleaning Ability and Safety of Different Devices for Gutta-percha Removal in Root Canal Retreatment." *International Endodontic Journal* 30(4): 227–33.
- Hyman, Jeffrey J, and Mark E Cohen. 1984. "The Predictive Value of Endodontic Diagnostic Tests." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 58(3): 343–46.
- Ingle J I, Rotstein I. 2019a. "Endodontic Considerations in Dental Trauma." In *Ingle's Endodontics* 7, North Carolina: PMPH USA, Ltd., 373.
- Ingle J I, Rotstein I. 2019a. 2019b. "Irrigants and Intracanal Medicaments." In *Ingle's Endodontics* 7, North Carolina: PMPH USA, Ltd., 642.
- Irie, Milena Suemi et al. 2018. "Use of Micro-Computed Tomography for Bone Evaluation in Dentistry." *Brazilian dental journal* 29: 227–38.
- Jacobovitz, M, and R K P De Lima. 2008. "Treatment of Inflammatory Internal Root Resorption with Mineral Trioxide Aggregate: A Case Report." *International endodontic journal* 41(10): 905–12.
- Jacobsen, Ingeborg, and Kasmer Kerekcs. 1977. "Long-term Prognosis of Traumatized Permanent Anterior Teeth Showing Calcifying Processes in the Pulp Cavity." *European Journal of Oral Sciences* 85(7): 588–98.
- Javelet, Jeffrey, Mahmoud Torabinejad, and Leif K Bakland. 1985. "Comparison of Two PH Levels for the Induction of Apical Barriers in Immature Teeth of Monkeys." *Journal of endodontics* 11(9): 375–78.
- Jeevani, Eppala et al. 2014. "Evaluation of Sealing Ability of MM-MTA, Endosequence, and Biodentine as Furcation Repair Materials: UV Spectrophotometric Analysis." *Journal of conservative dentistry: JCD* 17(4): 340.
- Jensen, A-L, P V Abbott, and J Castro Salgado. 2007. "Interim and Temporary Restoration of Teeth during Endodontic Treatment." *Australian dental journal* 52: S83–99.
- Jiang, Jin, Jian Zuo, Shih-Hua Chen, and L Shannon Holliday. 2003. "Calcium Hydroxide Reduces Lipopolysaccharide-Stimulated Osteoclast Formation." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 95(3): 348–54.
- Kaiser, H J. 1968. "Management of Wide Open Apex Canals with Calcium Hydroxide; Presented at the 21st Annual Meeting of the American Association of Endodontists, Washington DC, 1964. Cited by Steiner JC, Dow PR, Cathey GM: Inducing Root End Closure of Nonvital Permanent Teet." *J Dent Child* 35: 47.
- Kakoli, Payman et al. 2009. "The Effect of Age on Bacterial Penetration of Radicular Dentin." *Journal of endodontics* 35(1): 78–81.
- Katebzadeh, Nooshin, B Clark Dalton, and Martin Trope. 1998. "Strengthening

- Immature Teeth during and after Apexification.” *Journal of Endodontics* 24(4): 256–59.
- Kaup, Markus, Edgar Schäfer, and Till Dammaschke. 2015. “An in Vitro Study of Different Material Properties of Biodentine Compared to ProRoot MTA.” *Head & face medicine* 11(1): 1–8.
- Kaur, Mandeep et al. 2017. “MTA versus Biodentine: Review of Literature with a Comparative Analysis.” *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR* 11(8): ZG01.
- Keleş, Ali et al. 2018. “Micro-CT Evaluation of Voids Using Two Root Filling Techniques in the Placement of MTA in Mesial Root Canals of Vertucci Type II Configuration.” *Clinical oral investigations* 22(5): 1907–13.
- Kenchappa, Mallikarjuna, Shilpi Gupta, Puneet Gupta, and Priyamvada Sharma. 2015. “Dentine in a Capsule: Clinical Case Reports.” *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry* 33(3): 250.
- Kerekes, Kasmer, and Leif Tronstad. 1979. “Long-Term Results of Endodontic Treatment Performed with a Standardized Technique.” *Journal of endodontics* 5(3): 83–90.
- Kfir, A, Y Telishevsky-Strauss, A Leitner, and Z Metzger. 2013. “The Diagnosis and Conservative Treatment of a Complex Type 3 Dens Invaginatus Using Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and 3D Plastic Models.” *International Endodontic Journal* 46(3): 275–88.
- Khedmat, Sedigheh et al. 2018. “Comparison of Antibacterial Activities of ProRoot MTA, OrthoMTA, and RetroMTA against Three Anaerobic Endodontic Bacteria.” *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)* 15(5): 294.
- Kim, Jong-Hyun et al. 2010. “Tooth Discoloration of Immature Permanent Incisor Associated with Triple Antibiotic Therapy: A Case Report.” *Journal of endodontics* 36(6): 1086–91.
- Kim, Sin-Young, Kyung-Jae Kim, Young-Ah Yi, and Deog-Gyu Seo. 2015. “Quantitative Microleakage Analysis of Root Canal Filling Materials in Single-rooted Canals.” *Scanning* 37(4): 237–45.
- Kinirons, M J, V Srinivasan, R R Welbury, and D Finucane. 2001. “A Study in Two Centres of Variations in the Time of Apical Barrier Detection and Barrier Position in Nonvital Immature Permanent Incisors.” *International journal of paediatric dentistry* 11(6): 447–51.
- Kleier, Donald J, and Elizabeth S Barr. 1991. “A Study of Endodontically Apexified Teeth.” *Dental Traumatology* 7(3): 112–17.
- Klein, H. 1978. “Pulp Responses to an Electric Pulp Stimulator in the Developing Permanent Anterior Dentition.” *ASDC. J. Dent. Child.* 45: 199–202.
- Kogan, Paul, Jianing He, Gerald N Glickman, and Ikuya Watanabe. 2006. “The Effects of Various Additives on Setting Properties of MTA.” *Journal of endodontics* 32(6): 569–72.
- Koh, E T et al. 1997. “Mineral Trioxide Aggregate Stimulates a Biological Response

- in Human Osteoblasts.” *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials* 37(3): 432–39.
- Koh, Eng Tiong, Fraser McDonald, Thomas R Pitt Ford, and Mahmoud Torabinejad. 1998. “Cellular Response to Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of Endodontics* 24(8): 543–47.
- Komabayashi, Takashi, and Larz S W Spångberg. 2008. “Particle Size and Shape Analysis of MTA Finer Fractions Using Portland Cement.” *Journal of endodontics* 34(6): 709–11.
- Koubi, Gilles et al. 2013. “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* 17(1): 243–49.
- Koubi, S et al. 2012. “Quantitative Evaluation by Glucose Diffusion of Microleakage in Aged Calcium Silicate-Based Open-Sandwich Restorations.” *International Journal of Dentistry* 2012.
- Kum, Kee-Yeon et al. 2013. “Analysis of Six Heavy Metals in Ortho Mineral Trioxide Aggregate and ProRoot Mineral Trioxide Aggregate by Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry.” *Australian Endodontic Journal* 39(3): 126–30.
- Kum, Kee Yeon, Yeon Jee Yoo, and Seok Woo Chang. 2013. “Chemical Constitution, Morphological Characteristics, and Biological Properties of ProRoot Mineral Trioxide Aggregate and Ortho Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of Korean Dental Science* 6(2): 41–49.
- Kvist, T, and C Reit. 2000. “Postoperative Discomfort Associated with Surgical and Nonsurgical Endodontic Retreatment.” *Dental Traumatology* 16(2): 71–74.
- Kvist, Thomas, and Claes Reit. 1999. “Results of Endodontic Retreatment: A Randomized Clinical Study Comparing Surgical and Nonsurgical Procedures.” *Journal of endodontics* 25(12): 814–17.
- Lamb, Edwin L et al. 2003. “Effect of Root Resection on the Apical Sealing Ability of Mineral Trioxide Aggregate.” *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 95(6): 732–35.
- Laurent, P, J Camps, and I About. 2012. “Biodentine™ Induces TGF-β1 Release from Human Pulp Cells and Early Dental Pulp Mineralization.” *International endodontic journal* 45(5): 439–48.
- Lawley, G Robert, William G Schindler, William A Walker III, and David Kolodrubetz. 2004. “Evaluation of Ultrasonically Placed MTA and Fracture Resistance with Intracanal Composite Resin in a Model of Apexification.” *Journal of Endodontics* 30(3): 167–72.
- Lee, Bin-Na et al. 2012. “Cytotoxicity of Newly Developed Ortho MTA Root-End Filling Materials.” *Journal of endodontics* 38(12): 1627–30.
- Lee, DSDJ, and George Bogen. 2001. “Multifaceted Use of ProRoot™ MTA Root Canal Repair Material.” *Pediatric Dent* 23(4): 326–30.

- Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. 1993. "The Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate for Repair of Lateral Root Perforations." *J Endod* 19(541): 4.
- Lenzi, Renato, and Martin Trope. 2012. "Revitalization Procedures in Two Traumatized Incisors with Different Biological Outcomes." *Journal of endodontics* 38(3): 411–14.
- Lertmalapong, Patcharachol, Jeeraphat Jantararat, Ratchapin L Srisatjaluk, and Chulaluk Komoltri. 2019. "Bacterial Leakage and Marginal Adaptation of Various Bioceramics as Apical Plug in Open Apex Model." *Journal of investigative and clinical dentistry* 10(1): e12371.
- Lin, Louis M et al. 2014. "Histologic and Histobacteriologic Observations of Failed Revascularization/Revitalization Therapy: A Case Report." *Journal of endodontics* 40(2): 291–95.
- Lolayekar, Nikita, Sham Bhat, and Sundeep Hegde. 2009. "Sealing Ability of ProRoot MTA and MTA-Angelus Simulating a One-Step Apical Barrier Technique-an in Vitro Study." *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 33(4): 305–10.
- Lovelace, Tyler W, Michael A Henry, Kenneth M Hargreaves, and Anibal Diogenes. 2011. "Evaluation of the Delivery of Mesenchymal Stem Cells into the Root Canal Space of Necrotic Immature Teeth after Clinical Regenerative Endodontic Procedure." *Journal of endodontics* 37(2): 133–38.
- Luo, Zhirong et al. 2014. "Effect of Biodentine™ on the Proliferation, Migration and Adhesion of Human Dental Pulp Stem Cells." *Journal of Dentistry* 42(4): 490–97.
- Mackie, I C. 1998. "UK National Clinical Guidelines in Paediatric Dentistry. Management and Root Canal Treatment of Non-Vital Immature Permanent Incisor Teeth. Faculty of Dental Surgery, Royal College of Surgeons." *International journal of paediatric dentistry* 8(4): 289–93.
- Mackie, I C, and F J Hill. 1999. "A Clinical Guide to the Endodontic Treatment of Non-Vital Immature Permanent Teeth." *British dental journal* 186(2): 54–58.
- Magura, Mark E, Abdel H Kafrawy, Cecil E Brown, and Carl W Newton. 1991. "Human Saliva Coronal Microleakage in Obturated Root Canals: An in Vitro Study." *Journal of Endodontics* 17(7): 324–31.
- Majeed, Abdul, and Emad AlShwaimi. 2017. "Push-out Bond Strength and Surface Microhardness of Calcium Silicate-Based Biomaterials: An in Vitro Study." *Medical Principles and Practice* 26(2): 139–45.
- Malkondu, Özlem, Meriç Karapinar Kazandağ, and Ender Kazazoğlu. 2014. "A Review on Biodentine, a Contemporary Dentine Replacement and Repair Material." *BioMed Research International* 2014.
- Mandel, Ely, and Shimon Friedman. 1992. "Endodontic Retreatment: A Rational Approach to Root Canal Reinstrumentation." *Journal of endodontics* 18(11): 565–69.
- Maroto, Myriam. 2005. "Dentin Bridge Formation after Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Geitknmofie Pulpotomies in Primary Teeth." *American Journal of*

dentistry 18(3).

- Martens, L, S Rajasekharan, and R Cauwels. 2016. "A Report of 3 Cases with 24-Month Follow-Up." *European Journal of Paediatric Dentistry* 17: 24.
- Martin, Rebecca L et al. 2007. "Sealing Properties of Mineral Trioxide Aggregate Orthograde Apical Plugs and Root Fillings in an in Vitro Apexification Model." *Journal of endodontics* 33(3): 272–75.
- Masiero, A V, and F B Barletta. 2005. "Effectiveness of Different Techniques for Removing Gutta-percha during Retreatment." *International Endodontic Journal* 38(1): 2–7.
- McCormick, James E, Franklin S Weine, and Joseph D Maggio. 1983. "Tissue PH of Developing Periapical Lesions in Dogs." *Journal of endodontics* 9(2): 47–51.
- McDonnell, Gerald, and A Denver Russell. 1999. "Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance." *Clinical microbiology reviews* 12(1): 147–79.
- Michetti, Jérôme, Delphine Maret, Jean-Philippe Mallet, and Franck Diemer. 2010. "Validation of Cone Beam Computed Tomography as a Tool to Explore Root Canal Anatomy." *Journal of endodontics* 36(7): 1187–90.
- Minsky, Marvin. 1988. "Memoir on Inventing the Confocal Scanning Microscope." *Scanning* 10(4): 128–38.
- Mitchell, David F, and Govind B Shankwalker. 1958. "Osteogenic Potential of Calcium Hydroxide and Other Materials in Soft Tissue and Bone Wounds." *Journal of Dental Research* 37(6): 1157–63.
- Mitchell, P J C, T R Pitt Ford, M Torabinejad, and F McDonald. 1999. "Osteoblast Biocompatibility of Mineral Trioxide Aggregate." *Biomaterials* 20(2): 167–73.
- Mohammadi, Zahed. 2011. "Strategies to Manage Permanent Non-Vital Teeth with Open Apices: A Clinical Update." *International dental journal* 61(1): 25–30.
- Möller, Å K E J R et al. 1981. "Influence on Periapical Tissues of Indigenous Oral Bacteria and Necrotic Pulp Tissue in Monkeys." *European Journal of Oral Sciences* 89(6): 475–84.
- Morse, D R, C Yesilsoy, J O'Larnic, and J Simons. 1990. "Management of Teeth with Open Apexes and Necrotic Pulps: Representative Cases." *Compendium (Newtown, Pa.)* 11(9): 555–58.
- Mousavi, Seyed Amir et al. 2018. "Comparison of Sealing Ability of ProRoot Mineral Trioxide Aggregate, Biodentine, and Ortho Mineral Trioxide Aggregate for Canal Obturation by the Fluid Infiltration Technique." *Dental research journal* 15(5): 307.
- Mustafa, Mohammed et al. 2018. "Diffusion of Calcium Hydroxide through Dentinal Tubules of Retreated Root Canals: An in Vitro Study." *European Journal of Dentistry* 12(03): 386–92.
- Nandini, Suresh, Velmurugan Natanasabapathy, and Sushmita Shivanna. 2010. "Effect of Various Chemicals as Solvents on the Dissolution of Set White Mineral Trioxide Aggregate: An in Vitro Study." *Journal of endodontics* 36(1): 135–38.

- Nasseh, Hitaf N, Balsam El Noueiri, Charles Pilipili, and Fouad Ayoub. 2018. "Evaluation of Biodentine Pulpotomies in Deciduous Molars with Physiological Root Resorption (Stage 3)." *International journal of clinical pediatric dentistry* 11(5): 393.
- Ng, Y-L, V Mann, and Kishor Gulabivala. 2011. "A Prospective Study of the Factors Affecting Outcomes of Non-surgical Root Canal Treatment: Part 2: Tooth Survival." *International endodontic journal* 44(7): 610–25.
- Nosrat, Ali, Amir Seifi, and Saeed Asgary. 2011. "Regenerative Endodontic Treatment (Revascularization) for Necrotic Immature Permanent Molars: A Review and Report of Two Cases with a New Biomaterial." *Journal of endodontics* 37(4): 562–67.
- Nowicka, Alicja et al. 2013. "Response of Human Dental Pulp Capped with Biodentine and Mineral Trioxide Aggregate." *Journal of endodontics* 39(6): 743–47.
- O'Sullivan, Sean M, and Gary R Hartwell. 2001. "Obturation of a Retained Primary Mandibular Second Molar Using Mineral Trioxide Aggregate: A Case Report." *Journal of endodontics* 27(11): 703–5.
- Oh, Soram et al. 2016. "Effect of Acidic Solutions on the Microhardness of Dentin and Set OrthoMTA and Their Cytotoxicity on Murine Macrophage." *Restorative Dentistry & Endodontics* 41(1): 12–21.
- Olczak, K, and H Pawlicka. 2015. "Mineral Trioxide Aggregate in Treatment of Permanent Teeth with Open Apex and Endo-Perio Lesions. A Case Report." *European Journal of Paediatric Dentistry* 16(4): 287–89.
- Oliveira, Thais M et al. 2008. "Repair of Furcal Perforation Treated with Mineral Trioxide Aggregate in a Primary Molar Tooth: 20-Month Follow-Up." *Journal of Dentistry for Children* 75(2): 188–91.
- Ørstavik, Dag, and Markus Haapasalo. 1990. "Disinfection by Endodontic Irrigants and Dressings of Experimentally Infected Dentinal Tubules." *Dental Traumatology* 6(4): 142–49.
- "OrthoMTA: Clinical Uses." 2019. *Biomta.co.kr*. https://www.biomta.co.kr/_files/ugd/834f54_90feb909b256436a90a673856be5f789.pdf (June 2, 2022).
- "OrthoMTA | BioMTA." 2019. *biomta.co.kr*. <https://www.biomta.co.kr/orthomta> (June 2, 2022).
- "OrthoMTA Root Canal Graft." 2019. https://www.biomta.co.kr/_files/ugd/834f54_08a04df8434f41ee96c3093a9beffcee.pdf.
- OrthoMTA Root Canal Graft. (2019). *biomta.co.kr*: https://www.biomta.co.kr/_files/ugd/834f54_08a04df8434f41ee96c3093a9beffcee.pdf adresinden alındı

- Östby, B Nygaard. 1961. "The Role of the Blood Clot in Endodontic Therapy an Experimental Histologic Study." *Acta Odontologica Scandinavica* 19(3–4): 323–53.
- Özdemir, Hüseyin Özgür, Bahar Özçelik, Bekir Karabucak, and Zafer C Cehreli. 2008. "Calcium Ion Diffusion from Mineral Trioxide Aggregate through Simulated Root Resorption Defects." *Dental Traumatology* 24(1): 70–73.
- Panzarini, Sônia Regina et al. 2007. "Mineral Trioxide Aggregate as a Root Canal Filling Material in Reimplanted Teeth. Microscopic Analysis in Monkeys." *Dental traumatology* 23(5): 265–72.
- Parirokh M, Torabinejad M. 2010. "Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part III: Clinical Applications, Drawbacks, and Mechanism of Action." *J Endod* 36:400-13.
- Parirokh, Masoud et al. 2009. "Effect of Phosphate Buffer Saline on Coronal Leakage of Mineral Trioxide Aggregate." *Journal of oral science* 51(2): 187–91.
- Parirokh, Masoud, and Mahmoud Torabinejad. 2010. "Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties." *Journal of endodontics* 36(1): 16–27.
- Patel, Mahendra H, Krushnangi Nitin Yagnik, Nishtha K Patel, and Bhavika A Bhavsar. 2018. "Obturing the Pink Tooth: An in Vitro Comparative Evaluation of Different Materials." *Endodontology* 30(2): 119.
- Patel, Shanon et al. 2015. "Cone Beam Computed Tomography in e Ndodontics—a Review." *International endodontic journal* 48(1): 3–15.
- Paul, Mohan L, Dibyendu Mazumdar, Nishant K Vyavahare, and Akash K Baranwal. 2012. "Healing of the Periapical Lesion in Posterior Teeth with Mineral Trioxide Aggregate Using Orthograde Technique-Two Case Reports." *Contemporary clinical dentistry* 3(Suppl 2): S264.
- Pawar, Ajinkya M, Sharad R Kokate, and Reema A Shah. 2013. "Management of a Large Periapical Lesion Using Biodentine™ as Retrograde Restoration with Eighteen Months Evident Follow Up." *Journal of conservative dentistry: JCD* 16(6): 573.
- Pene, Jeffrey R, Jack I Nicholls, and Gerald W Harrington. 2001. "Evaluation of Fiber-Composite Laminate in the Restoration of Immature, Nonvital Maxillary Central Incisors." *Journal of Endodontics* 27(1): 18–22.
- Petrino, Joseph A et al. 2010. "Challenges in Regenerative Endodontics: A Case Series." *Journal of endodontics* 36(3): 536–41.
- Petti, Stefano, Ulf Glendor, and Lars Andersson. 2018. "World Traumatic Dental Injury Prevalence and Incidence, a Meta-analysis—One Billion Living People Have Had Traumatic Dental Injuries." *Dental traumatology* 34(2): 71–86.
- Pinar Erdem, Arzu, and Elif Sepet. 2008. "Mineral Trioxide Aggregate for Obturation of Maxillary Central Incisors with Necrotic Pulp and Open Apices." *Dental Traumatology* 24(5): e38–41.
- Pindborg, J J. 1955. "Clinical, Radiographic, and Histological Aspects of

- Intraalveolar Fractures of Upper Central Incisors.” *Acta Odontologica Scandinavica* 13(1): 41–67.
- Poggio, Claudio, Marco Lombardini, Conti Alessandro, and Rindi Simonetta. 2007. “Solubility of Root-End-Filling Materials: A Comparative Study.” *Journal of Endodontics* 33(9): 1094–97.
- Porter, Micah L, Antonio Bertó, Carolyn M Primus, and Ikuya Watanabe. 2010. “Physical and Chemical Properties of New-Generation Endodontic Materials.” *Journal of endodontics* 36(3): 524–28.
- Prati, Carlo, and Maria Giovanna Gandolfi. 2015. “Calcium Silicate Bioactive Cements: Biological Perspectives and Clinical Applications.” *Dental materials* 31(4): 351–70.
- Rabie, G, M Trope, C Garcia, and L Tronstad. 1985. “Strengthening and Restoration of Immature Teeth with an Acid-etch Resin Technique.” *Dental Traumatology* 1(6): 246–56.
- Rafter M. 21AD. “Apexification: A Review.” *Dent Traumatol*: 1-8.
- Rafter, Mary. 2005. “Apexification: A Review.” *Dental Traumatology* 21(1): 1–8.
- Rahoma, Ahmed, Emad AlShwaimi, and Abdul Majeed. 2018. “Push-out Bond Strength of Different Types of Mineral Trioxide Aggregate in Root Dentin.” *International journal of health sciences* 12(5): 66.
- Rajasekharan, Sivaprakash, L C Martens, RGE C Cauwels, and R M H Verbeeck. 2014. “Biodentine™ Material Characteristics and Clinical Applications: A Review of the Literature.” *European archives of paediatric dentistry* 15(3): 147–58.
- Ray, H A, and M Trope. 1995. “Periapical Status of Endodontically Treated Teeth in Relation to the Technical Quality of the Root Filling and the Coronal Restoration.” *International endodontic journal* 28(1): 12–18.
- Rechenberg, D-K, and F Paqué. 2013. “Impact of Cross-sectional Root Canal Shape on Filled Canal Volume and Remaining Root Filling Material after Retreatment.” *International endodontic journal* 46(6): 547–55.
- Regan, J D, J L Gutmann, and D E Witherspoon. 2002. “Comparison of Diaket and MTA When Used as Root-End Filling Materials to Support Regeneration of the Periradicular Tissues.” *International endodontic journal* 35(10): 840–47.
- “Removal Kit | BioMTA.” <https://www.biomta.co.kr/removal-kit> (June 3, 2022).
- Reyes-Carmona, Jessie F, Mara S Felipe, and Wilson T Felipe. 2009. “Biom mineralization Ability and Interaction of Mineral Trioxide Aggregate and White Portland Cement with Dentin in a Phosphate-Containing Fluid.” *Journal of endodontics* 35(5): 731–36.
- Reynolds, K, J D Johnson, and N Cohenca. 2009. “Pulp Revascularization of Necrotic Bilateral Bicuspid Using a Modified Novel Technique to Eliminate Potential Coronal Discolouration: A Case Report.” *International endodontic journal* 42(1): 84–92.
- Roberts, Howard W, Jeffrey M Toth, David W Berzins, and David G Charlton. 2008.

- “Mineral Trioxide Aggregate Material Use in Endodontic Treatment: A Review of the Literature.” *Dental materials* 24(2): 149–64.
- Roggendorf, M J et al. 2010. “Micro-CT Evaluation of Residual Material in Canals Filled with Activ GP or GuttaFlow Following Removal with NiTi Instruments.” *International endodontic journal* 43(3): 200–209.
- Rosenberg, Brett, Peter E Murray, and Kenneth Namerow. 2007. “The Effect of Calcium Hydroxide Root Filling on Dentin Fracture Strength.” *Dental Traumatology* 23(1): 26–29.
- Rossmesl, Roman, Al Reader, Rudy Melfi, and James Marquard. 1982a. “A Study of Freeze-Dried (Lyophilized) Cortical Bone Used as an Apical Barrier in Adult Monkey Teeth.” *Journal of endodontics* 8(5): 219–26.
- Rossmesl, Roman, Al Reader, Rudy Melfi, and James Marquard. 1982b. “A Study of Freeze-Dried (Lyophilized) Dentin Used as an Apical Barrier in Adult Monkey Teeth.” *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 53(3): 303–10.
- Rotstein, I, and J I Ingle. 2019a. “Management of Teeth with Immature Apices.” In *Ingle’s Endodontics* 7, North Carolina: PMPH USA, Ltd., 922.
- Rotstein, I, and J I Ingle. 2019b. “Regenerative Endodontics.” In *Ingle’s Endodontics* 7, North Carolina: PMPH USA, Ltd., 949–54.
- Rotstein, Ilan, and J I Ingle. 2019a. “Endodontic Orthograde Retreatment and Management of Mishaps.” In *Ingle’s Endodontics* 7, North Carolina: PMPH USA, Ltd., 729–35.
- Rotstein, Ilan, and J I Ingle. 2019b. “Management of Teeth with Immature Apices.” In *Ingle’s Endodontics* 7, North Carolina: PMPH USA, Ltd., 928.
- Saghiri, Mohammad Ali et al. 2008. “Effect of PH on Sealing Ability of White Mineral Trioxide Aggregate as a Root-End Filling Material.” *Journal of Endodontics* 34(10): 1226–29.
- Saghiri, Mohammad Ali et al. 2008. 2013. “Removal of White Mineral Trioxide Aggregate Cement: A Promising Approach.” *BioMed research international* 2013.
- Santos, A D et al. 2005. “Physico-chemical Properties of MTA and a Novel Experimental Cement.” *International endodontic journal* 38(7): 443–47.
- Sari, Şaziye, and Deniz Sönmez. 2006. “Internal Resorption Treated with Mineral Trioxide Aggregate in a Primary Molar Tooth: 18-Month Follow-Up.” *Journal of endodontics* 32(1): 69–71.
- Sarkar, N K et al. 2005. “Physicochemical Basis of the Biologic Properties of Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of endodontics* 31(2): 97–100.
- Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. 2005. “Physiochemical Basis of the Biological Properties of Mineral Trioxide Aggregate.” *J Endod* 31: 97–100.
- Sarris, Spyridoula, Jinous F. Tahmassebi, Monty S. Duggal, and Ian A. Cross. 2008. “A Clinical Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate for Root-End Closure of Non-Vital Immature Permanent Incisors in Children-a Pilot Study.” *Dental*

- Traumatology* 24(1): 79–85.
- Saunders, W P, and E M Saunders. 1994. "Coronal Leakage as a Cause of Failure in Root-canal Therapy: A Review." *Dental Traumatology* 10(3): 105–8.
- Scarfe, William C, and Allan G Farman. 2008. "What Is Cone-Beam CT and How Does It Work?" *Dental Clinics of North America* 52(4): 707–30.
- Schirrmeister, J F et al. 2006. "Effectiveness of Hand and Rotary Instrumentation for Removing a New Synthetic Polymer-based Root Canal Obturation Material (Epiphany) during Retreatment." *International Endodontic Journal* 39(2): 150–56.
- Schumacher, James W, and Richard E Rutledge. 1993. "An Alternative to Apexification." *Journal of endodontics* 19(10): 529–31.
- Seltzer, Samuel, I B Bender, and Murray Zientz. 1963. "The Dynamics of Pulp Inflammation: Correlations between Diagnostic Data and Actual Histologic Findings in the Pulp." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 16(7): 846–71.
- Septodont. 2010. "Biodentine Active Biosilicate Technology: Scientific File."
- Shabahang S, Torabinejad M, Boyne Pp, Abedi H, Mcmillan P. 1999. "A Comparative Study of Root-End Induction Using Osteogenic Protein-1, Calcium Hydroxide, and Mineral Trioxide Aggregate in Dogs." *J Endod* 25: 1–5.
- Shabahang, Shahrokh. 2013. "Treatment Options: Apexogenesis and Apexification." *Pediatric dentistry* 35(2): 125–28.
- Shah, Naseem, Ajay Logani, Uday Bhaskar, and Vivek Aggarwal. 2008. "Efficacy of Revascularization to Induce Apexification/Apexogenesis in Infected, Nonvital, Immature Teeth: A Pilot Clinical Study." *Journal of endodontics* 34(8): 919–25.
- Shanmugam, Sandhya et al. 2020. "Coronal Bacterial Penetration after 7 Days in Class II Endodontic Access Cavities Restored with Two Temporary Restorations: A Randomised Clinical Trial." *Australian Endodontic Journal* 46(3): 358–64.
- Sharma, Sarang, Dharendra Srivastava, Vishal Sood, and Priya Yadav. 2015. "Endodontic and Periodontal Management of a Severely Affected Maxillary Lateral Incisor Having Combined Mucosal Fenestration and Palatogingival Groove." *Journal of Indian Society of Periodontology* 19(3): 348.
- Sheehy, E C, and G J Roberts. 1997. "Use of Calcium Hydroxide for Apical Barrier Formation and Healing in Non-Vital Immature Permanent Teeth: A Review." *British dental journal* 183(7): 241–46.
- Shekhar, Vijay, Ruchi Arora, and Mukesh Roy. 2014. "Role of Cone Beam Computed Tomography and White Mineral Trioxide Aggregate in the Successful Management of a Permanent Anterior Tooth with Open Apex." *Journal of International Oral Health: JIOH* 6(4): 68.
- Shekhar, Vijay, and K Shashikala. 2013. "Cone Beam Computed Tomography Evaluation of the Periapical Status of Nonvital Tooth with Open Apex

- Obtured with Mineral Trioxide Aggregate: A Case Report.” *Case Reports in Dentistry* 2013.
- Shi, Caijun, and J A Stegemann. 2000. “Acid Corrosion Resistance of Different Cementing Materials.” *Cement and Concrete Research* 30(5): 803–8.
- Shin, S Y, J S Albert, and R E Mortman. 2009. “One Step Pulp Revascularization Treatment of an Immature Permanent Tooth with Chronic Apical Abscess: A Case Report.” *International endodontic journal* 42(12): 1118–26.
- Shipper, G, E S Grossman, A J Botha, and P E Cleaton-Jones. 2004. “Marginal Adaptation of Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Compared with Amalgam as a Root-end Filling Material: A Low-vacuum (LV) versus High-vacuum (HV) SEM Study.” *International endodontic journal* 37(5): 325–36.
- Shokouhinejad, Noushin et al. 2010. “Effect of Acidic Environment on the Push-out Bond Strength of Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of endodontics* 36(5): 871–74.
- Siegel, Marilyn J, and Ronald G Evens. 1999. “Advances in the Use of Computed Tomography.” *Jama* 281(14): 1252–54.
- Silveira, Frank F et al. 2009. “Double ‘Pink Tooth’ Associated with Extensive Internal Root Resorption after Orthodontic Treatment: A Case Report.” *Dental Traumatology* 25(3): e43–47.
- Simon, S, F Rilliard, A Berdal, and P Machtou. 2007. “The Use of Mineral Trioxide Aggregate in One-visit Apexification Treatment: A Prospective Study.” *International endodontic journal* 40(3): 186–97.
- Siqueira Jr, José F. 2001. “Aetiology of Root Canal Treatment Failure: Why Well-treated Teeth Can Fail.” *International endodontic journal* 34(1): 1–10.
- Sivakumar, Jambai Sampathkumar, Beri Narasimiah Suresh Kumar, and Palaniyandi Vadivel Shyamala. 2013. “Role of Provisional Restorations in Endodontic Therapy.” *Journal of pharmacy & bioallied sciences* 5(Suppl 1): S120.
- Sjogren U., Figdor D. 1991. “The Antimicrobial Effect of Calcium Hydroxide as a Short-Term.Pdf.” *International Endodontic Journal* 24: 119–25.
- Sjögren, U L F, Björn Hägglund, Göran Sundqvist, and Kenneth Wing. 1990. “Factors Affecting the Long-Term Results of Endodontic Treatment.” *Journal of endodontics* 16(10): 498–504.
- Skaare, Anne Berit, and Ingeborg Jacobsen. 2003. “Dental Injuries in Norwegians Aged 7–18 Years.” *Dental Traumatology* 19(2): 67–71.
- Smith, Jack B et al. 2007. “Metrologic Evaluation of the Surface of White MTA after the Use of Two Endodontic Irrigants.” *Journal of endodontics* 33(4): 463–67.
- Song, Minju, Hyeon-Cheol Kim, Woocheol Lee, and Euiseong Kim. 2011. “Analysis of the Cause of Failure in Nonsurgical Endodontic Treatment by Microscopic Inspection during Endodontic Microsurgery.” *Journal of endodontics* 37(11): 1516–19.
- Souza, Leticia Chaves de et al. 2015. “Analysis of Radiopacity, PH and Cytotoxicity of a New Bioceramic Material.” *Journal of Applied Oral Science* 23: 383–89.

- Srinivasan, Srividhya, Ramya Vengidesh, Anupama Ramachandran, and Sadasiva Kadandale. 2021. "An Immature Traumatic Teeth Management With Apical Pathology Using the Novel Biodentine™ Obturation: A Case Report." *Cureus* 13(12).
- Srinivasan, Vidya, Paula Waterhouse, and John Whitworth. 2009. "Mineral Trioxide Aggregate in Paediatric Dentistry." *International Journal of Paediatric Dentistry* 19(1): 34–47.
- Stabholz, Adam, and Shimon Friedman. 1988. "Endodontic Retreatment—Case Selection and Technique. Part 2: Treatment Planning for Retreatment." *Journal of endodontics* 14(12): 607–14.
- von Stechow, Dietrich, Khaled Balto, Philip Stashenko, and Ralph Müller. 2003. "Three-Dimensional Quantitation of Periradicular Bone Destruction by Micro-Computed Tomography." *Journal of endodontics* 29(4): 252–56.
- Stefaneli Marques, Jorge Henrique et al. 2018. "Push-out Bond Strength of Different Tricalcium Silicate-Based Filling Materials to Root Dentin." *Brazilian oral research* 32.
- Stuart, Charles H, Scott A Schwartz, and Thomas J Beeson. 2006. "Reinforcement of Immature Roots with a New Resin Filling Material." *Journal of Endodontics* 32(4): 350–53.
- Swain, Michael V, and Jing Xue. 2009. "State of the Art of Micro-CT Applications in Dental Research." *International journal of oral science* 1(4): 177–88.
- Swanson, Kimberly, and Sandra Madison. 1987. "An Evaluation of Coronal Microleakage in Endodontically Treated Teeth. Part I. Time Periods." *Journal of Endodontics* 13(2): 56–59.
- Swartz, David B, A E Skidmore, and J A Griffin Jr. 1983. "Twenty Years of Endodontic Success and Failure." *Journal of endodontics* 9(5): 198–202.
- Tabassum, Sadia, and Farhan Raza Khan. 2016. "Failure of Endodontic Treatment: The Usual Suspects." *European journal of dentistry* 10(01): 144–47.
- Taintor, J F, J I Ingle, and A Fahid. 1983. "Retreatment versus Further Treatment." *Clinical Preventive Dentistry* 5(5): 8–14.
- Takita, T et al. 2006. "Effect of Mineral Trioxide Aggregate on Proliferation of Cultured Human Dental Pulp Cells." *International Endodontic Journal* 39(5): 415–22.
- Talati, Ali, Saeed Moradi, Maryam Forghani, and Ali Monajemzadeh. 2013. "Shaping Ability of Nickel-Titanium Rotary Instruments in Curved Root Canals." *Iranian endodontic journal* 8(2): 55.
- Tanalp, Jale et al. 2012. "Comparison of the Fracture Resistance of Simulated Immature Permanent Teeth Using Various Canal Filling Materials and Fiber Posts." *Dental Traumatology* 28(6): 457–64.
- Tawil, Peter Z, Derek J Duggan, and Johnah C Galicia. 2015. "MTA: A Clinical Review." *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 36(4): 247.

- Taylor HFN. 1997. "Cement Chemistry." 2nd ed. London: Thomas Telford.
- Teixidó, Miguel et al. 2014. "The Use of Cone-Beam Computed Tomography in the Preservation of Pulp Vitality in a Maxillary Canine with Type 3 Dens Invaginatus and an Associated Periradicular Lesion." *Journal of endodontics* 40(9): 1501–4.
- Thibodeau, Blayne, and Martin Trope. 2007. "Pulp Revascularization of a Necrotic Infected Immature Permanent Tooth: Case Report and Review of the Literature." *Pediatric dentistry* 29(1): 47–50.
- Tjong, Willy et al. 2014. "Structural Analysis of Cortical Porosity Applied to HR-pQCT Data." *Medical physics* 41(1): 13701.
- Toia, Cassia Cestari et al. 2020. "Filling Ability of Three Bioceramic Root-end Filling Materials: A Micro-computed Tomography Analysis." *Australian Endodontic Journal* 46(3): 424–31.
- Topçuoğlu, Gamze, and Hüseyin Sinan Topçuoğlu. 2016. "Regenerative Endodontic Therapy in a Single Visit Using Platelet-Rich Plasma and Biodentine in Necrotic and Asymptomatic Immature Molar Teeth: A Report of 3 Cases." *Journal of Endodontics* 42(9): 1344–46.
- Torabinejad M, Falah R, Kettering JD, Pitt Ford TR. 1995a. "Comparative Leakage of Mineral Trioxide Aggregate as a Root End Filling Material." *J Endod* 21(109): 21.
- Torabinejad M, Falah R, Kettering JD, Pitt Ford TR. 1995b. "Comparative Leakage of Mineral Trioxide Aggregate as a Root End Filling Material." *J Endod* 21(109): 21.
- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. 1993a. "Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate When Used as Root End Filling Material." *J Endod* 19(591): 5.
- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. 1993b. "The Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate as a Retrograde Root Filling Material." *J Endod* 19(591): 5.
- Torabinejad, Mahmoud et al. 1997. "Histologic Assessment of Mineral Trioxide Aggregate as a Root-End Filling in Monkeys." *Journal of Endodontics* 23(4): 225–28.
- Torabinejad, Mahmoud, and Noah Chivian. 1999. "Clinical Applications of Mineral Trioxide Aggregate." *Journal of endodontics* 25(3): 197–205.
- Torabinejad, Mahmoud, Robert K Higa, Douglas J McKendry, and Thomas R Pitt Ford. 1994. "Dye Leakage of Four Root End Filling Materials: Effects of Blood Contamination." *Journal of endodontics* 20(4): 159–63.
- Torabinejad, Mahmoud, C U Hong, F McDonald, and T R Pitt Ford. 1995. "Physical and Chemical Properties of a New Root-End Filling Material." *Journal of endodontics* 21(7): 349–53.
- Torneck, C D. 1982. "Effects and Clinical Significance of Trauma to the Developing Permanent Dentition." *Dental Clinics of North America* 26(3): 481–504.
- Torneck CD, Smith J. 1970. "Biologic Effects of Endodontic Procedures on

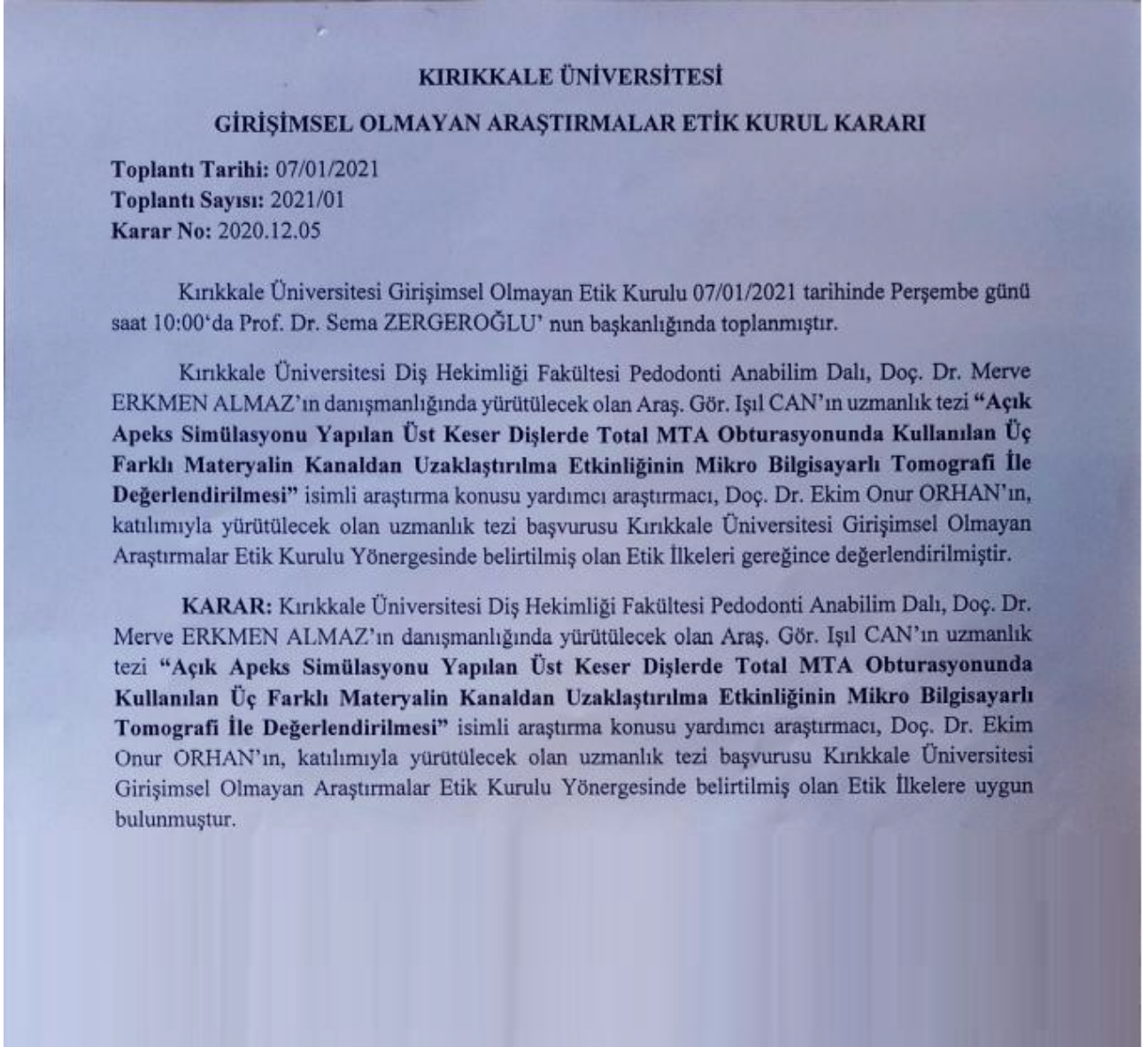
- Developing Incisor Teeth. I. Effect of Partial and Total Pulp Removal.” *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 30: 258–266.
- Tronstad, L et al. 2000. “Influence of Coronal Restorations on the Periapical Health of Endodontically Treated Teeth.” *Dental Traumatology* 16(5): 218–21.
- Trope, Martin. 2010. “Treatment of the Immature Tooth with a Non-Vital Pulp and Apical Periodontitis.” *Dental clinics* 54(2): 313–24.
- Tsilingaridis, Georgios, Barbro Malmgren, Jens O Andreasen, and Olle Malmgren. 2012. “Intrusive Luxation of 60 Permanent Incisors: A Retrospective Study of Treatment and Outcome.” *Dental Traumatology* 28(6): 416–22.
- Tuna, D, and A Ölmez. 2008. “Clinical Long-term Evaluation of MTA as a Direct Pulp Capping Material in Primary Teeth.” *International endodontic journal* 41(4): 273–78.
- Tuna, Elif Bahar, Muzaffer Emir Dinçol, Koray Gençay, and Oya Aktören. 2011. “Fracture Resistance of Immature Teeth Filled with BioAggregate, Mineral Trioxide Aggregate and Calcium Hydroxide.” *Dental Traumatology* 27(3): 174–78.
- Tunc, E Sen, and S Bayrak. 2010. “Usage of White Mineral Trioxide Aggregate in a Non-vital Primary Molar with No Permanent Successor.” *Australian dental journal* 55(1): 92–95.
- Umashetty, Girish, Upendra Hoshing, Suvarna Patil, and Nishant Ajgaonkar. 2015. “Management of Inflammatory Internal Root Resorption with Biodentine and Thermoplasticised Gutta-Percha.” *Case reports in dentistry* 2015.
- Vallés, Marta et al. 2013. “Influence of Light and Oxygen on the Color Stability of Five Calcium Silicate-Based Materials.” *Journal of endodontics* 39(4): 525–28.
- Versiani, Marco Aurélio et al. 2016. “Middle Mesial Canals in Mandibular First Molars: A Micro-CT Study in Different Populations.” *Archives of oral biology* 61: 130–37.
- Vidal, Karla et al. 2016. “Apical Closure in Apexification: A Review and Case Report of Apexification Treatment of an Immature Permanent Tooth with Biodentine.” *Journal of Endodontics* 42(5): 730–34.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2016.02.007>.
- Villat, Cyril, Brigitte Grosogeat, Dominique Seux, and Pierre Farge. 2013. “Conservative Approach of a Symptomatic Carious Immature Permanent Tooth Using a Tricalcium Silicate Cement (Biodentine): A Case Report.” *Restorative Dentistry & Endodontics* 38(4): 258–62.
- Vojinović, OLIVERA. 1974. “Induction of Apical Formation in Immature Teeth by Different Endodontic Methods of Treatment: Eperimental Pathological Study.” *Journal of oral rehabilitation* 1(1): 85–97.
- Walia, Tarun, Harpinder Singh Chawla, and Krishan Gauba. 2001. “Management of Wide Open Apices in Non-Vital Permanent Teeth with Ca (OH) 2 Paste.” *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 25(1): 51–56.
- Waltimo, T M T, D Ørstavik, E K Siren, and M P P Haapasalo. 1999. “In Vitro

- Susceptibility of *Candida Albicans* to Four Disinfectants and Their Combinations.” *International endodontic journal* 32(6): 421–29.
- Wang, P, S Wang, and L Ni. 2009. “The Combination of a Mineral Trioxide Aggregate and an Adhesive Restorative Approach to Treat a Crown-Root Fracture Coupled with Lateral Root Perforation in a Mandibular Second Molar: A Case Report.” *Operative Dentistry* 34(4): 497–502.
- Webber, Raymond T. 1984. “Apexogenesis versus Apexification.” *Dental Clinics of North America* 28(4): 669–97.
- Webber, Raymond T, E Carlos, John M Brady, and Ronald O Segall. 1978. “Sealing Quality of a Temporary Filling Material.” *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 46(1): 123–30.
- White, J Derek, William R Lacefield, L S Chavers, and Paul D Eleazer. 2002. “The Effect of Three Commonly Used Endodontic Materials on the Strength and Hardness of Root Dentin.” *Journal of endodontics* 28(12): 828–30.
- Wilkinson, Kim L, Thomas J Beeson, and Timothy C Kirkpatrick. 2007. “Fracture Resistance of Simulated Immature Teeth Filled with Resilon, Gutta-Percha, or Composite.” *Journal of Endodontics* 33(4): 480–83.
- Wilson, STEPHEN, Gary A Smith, JAMES Preisch, and PAUL S Casamassimo. 1997. “Epidemiology of Dental Trauma Treated in an Urban Pediatric Emergency Department.” *Pediatric emergency care* 13(1): 12–15.
- Witherspoon, David E. 2008. “Vital Pulp Therapy with New Materials: New Directions and Treatment Perspectives—Permanent Teeth.” *Pediatric dentistry* 30(3): 220–24.
- Witherspoon, David E, and Karla Ham. 2001. “One-Visit Apexification: Technique for Inducing Root-End Barrier Formation in Apical Closures.” *Practical Procedures and Aesthetic Dentistry* 13(6): 455–66.
- Witherspoon, David E, Joel C Small, John D Regan, and Martha Nunn. 2008. “Retrospective Analysis of Open Apex Teeth Obturated with Mineral Trioxide Aggregate.” *Journal of endodontics* 34(10): 1171–76.
- Wolcott, James et al. 2005. “A 5 Yr Clinical Investigation of Second Mesio Buccal Canals in Endodontically Treated and Retreated Maxillary Molars.” *Journal of endodontics* 31(4): 262–64.
- Yaltirik, Mehmet, Hakan Ozbas, Bilge Bilgic, and Halim Issever. 2004. “Reactions of Connective Tissue to Mineral Trioxide Aggregate and Amalgam.” *Journal of Endodontics* 30(2): 95–99.
- Yan, Ping et al. 2006. “The Effects of Sodium Hypochlorite (5.25%), Chlorhexidine (2%), and Glyde File Prep on the Bond Strength of MTA-Dentin.” *Journal of Endodontics* 32(1): 58–60.
- Yates, J A. 1988. “Barrier Formation Time in Non-Vital Teeth with Open Apices.” *International endodontic journal* 21(5): 313–19.
- Yoo, Jun Sang et al. 2014. “Bacterial Entombment by Intratubular Mineralization Following Orthograde Mineral Trioxide Aggregate Obturation: A Scanning

- Electron Microscopy Study.” *International journal of oral science* 6(4): 227–32.
- Zahid, Iqbal, and Qureshi Abdul Hakeem. 2014. “Monoblock Obturation Technique for Non-Vital Immature Permanent Maxillary Incisors Using Mineral Trioxide Aggregate: Results from Case Series.”
- Zancan, Rafaela Fernandes et al. 2016. “Antimicrobial Activity and Physicochemical Properties of Calcium Hydroxide Pastes Used as Intracanal Medication.” *Journal of endodontics* 42(12): 1822–28.
- Zhabuawala, Murtuza S et al. 2017. “Reinforcing Effects of Calcium Silicate-Based Cement and Dual Cure Composite Resin in Simulated Immature Teeth with an Open Apex: An in Vitro Study.” *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 10(4): 351.
- Zhao, Ge et al. 2006. “Osteoblast-like Cells Are Sensitive to Submicron-scale Surface Structure.” *Clinical oral implants research* 17(3): 258–64.
- Zhu, Qiang, Robert Haglund, Kamran E Safavi, and Larz S W Spangberg. 2000. “Adhesion of Human Osteoblasts on Root-End Filling Materials.” *Journal of Endodontics* 26(7): 404–6.
- Žižka, Radovan, and Jiří Šedý. 2017. “Paradigm Shift from Stem Cells to Cell-Free Regenerative Endodontic Procedures: A Critical Review.” *Stem cells and development* 26(3): 147–53.
- Zou, Ling et al. 2008. “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* 105(6): e61–65.

EKLER

EK-1



ÖZGEÇMİŞ

I. BİREYSEL BİLGİLER

Adı : Işıl

Soyadı : CAN

Doğum yeri ve Tarihi :

Uyruğu : TC

Medeni durumu :

E-mail :

II. EĞİTİM BİLGİLERİ

Şubat 2019-Eylül 2022

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Pedodonti ABD Uzmanlık Eğitimi

Mayıs 2017-Eylül 2012

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Lisans Eğitimi