



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**RETROGRAD KAVİTELERDE FARKLI ŞELASYON AJANLARININ
DOLGU MATERYALERİNİN BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Gülizar Selin ŐEREFİCAN YILMAZ

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Bade SONAT

**ANKARA
2022**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**RETROGRAD KAVİTELERDE FARKLI ŞELASYON AJANLARININ
DOLGU MATERYALERİNİN BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Gülizar Selin ŞEREFLİCAN YILMAZ

**ENDODONTİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Bade SONAT**

**ANKARA
2022**

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Müdürlüğü'ne,

Uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum ‘‘Retrograd Kavitelere Farklı Şelasyon Ajanlarının Dolgu Materyallerinin Bağlanma Dayanımına Etkisinin Değerlendirilmesi’’ başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencisinin Adı Soyadı: Gülizar Selin Şereflican Yılmaz

Tarih :

İmza :

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti Uzmanlık Programı

çerçevesinde yürütülmüş olup bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından
Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

/2022

Prof. Dr.

Jüri Başkanı

Üye

Üye

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan i

Kabul ve Onay ii

İçindekiler iii

Önsöz v

Simgeler ve Kısaltmalar vi

Şekiller vii

Çizelgeler viii

1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1.Periradiküler Hastalığın Etyolojisi ve Mikrobiyoloji	4
2.2.Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)	6
2.3.Endodontik Cerrahi	8
2.3.1.Kök Ucu Kavite Hazırlığı	9
2.3.1.1.Konvansiyonel Kavite Hazırlığı	11
2.3.1.2.Ultrasonik Kök Ucu Kavite Hazırlığı	11
2.3.1.3.Lazer ile Kök Ucu Kavite Hazırlığı	13
2.4.Smear Tabakasının Oluşması ve Eliminasyonu	16
2.4.1.Şelasyon Ajanları	18
2.4.2.Güncel Organik Şelasyon Ajanları	19
2.4.2.1.Organik Şelasyon Ajanı Kitosan	20
2.5.Endodontik Mikrocerrahide Kullanılan Retrograd Dolgu Materyalleri	23
2.5.1.Mineral Trioksit Agregat (MTA)	24
2.5.2.Ultraflow MTA	27
2.5.3.Biodentine	28
2.6.Bağlanma Dayanımının Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler	31
2.6.1.Makaslama (Shear Bond Strength) Testi	31
2.6.2.Gerilim (Tensile Bond Strength) Testi	32
2.6.3.Dışarı itme (Push-Out Strength) Testi	32
2.7. Konu ile ilgili Çalışmalar	34
2.8. Çalışmanın Amacı	36
3. GEREÇ VE YÖNTEM	37
3.1. Çalışma için Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması	37
3.2. Grupların hazırlanması	38
3.2.1. Retrograd kavite hazırlığı	39

3.3. Örneklerin Push-out testi ile değerlendirilmesi	41
3.4. Kırılma Tiplerinin Analizi	43
3.5. İstatistiksel analiz	44
4. BULGULAR	44
5. TARTIŞMA	51
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
ÖZET	62
SUMMARY	63
KAYNAKÇA	64
ÖZGEÇMİŞ	82

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince ve tez çalışmamın her aşamasında büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olan, yol gösteren, anlayış ve hoşgörüsüyle her konuda desteğini hissettiğim değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bade SONAT'a,

Tezimin başlangıcından bitimine kadar önerileri ve yardımları ile bana destek olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Berkan Çelikten e,

Uzmanlık eğitimim süresince değerli bilimsel ve mesleki tecrübelerinden yararlandığım Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri ne,

Uzmanlık eğitimim süresince yanımda olan, beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum Dt.Sevcan Koç ,Dt.Sevinç Sevgi, Dt.Ayşenur Öncü ve değerli asistan arkadaşlarıma,

Uzmanlık eğitimim sırasında ve tez çalışmam için bana fikirleriyle destek olarak yanımda olan değerli arkadaşım Uzm Dt. Aylin ERGELDİ'ye,

Asistanlığa başladım ilk haftadan beri beni destekleyen hem kıdemlim hem dostum olan değerli arkadaşım Uzm. Dt.Utku Can Kemeç'e,

Hayatımın her döneminde yol gösterici olan, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve varlıkları ile bana güç veren aileme,

Her konuda yanımda olan, yaptığım tüm işlerde bana yol gösterip, akıl veren sevgili eşim Orhan Yılmaz'a,

Sevgi, saygı ve tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
pH	: potansiyel hidrojen
µm	: Mikrometre
ark	: Arkadaşları
KIBT	: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
NaOCl	: Sodyum Hipoklorit
SPSS	: Statistical Package for Social Sciences
CAD/CAM	: Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing
BT	:Bilgisayarlı tomografi
Nd:YAG	: Neodymium-doped: Yttrium Aluminum Garnet
CO ₂	: Karbondioksit
Er:YAG	: Erbium-doped:Yttrium, Aluminum ve Garnet
Er,Cr:YSGG	:Erbium,Chromium-doped:Yttrium, Scandium, Gallium ve Garnet
Ho:YAG	: Holmium-doped:Yttrium, Aluminum ve Garnet
HV	: Vickers sertliği
MTA	:Mineral Trioksit Agregat
MPa	: Megapaskal
N	: Newton
AgNPs.	: Gümüş nanopartikül
PDL	: Periodontal ligament
LPS	: Lipopolisakkarit
PAA	: Paresetik asit

ŞEKİLLER

Şekil 2.1: Pulpal inflamasyon ve apikal periodontitisin gelişmesi	4
Şekil 2.2: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)	7
Şekil 3.1: Hassas kesim cihazı ile dişlerin kuron bölümlerinin uzaklaştırılması	38
Şekil 3.2: Kök ucu çapının standardizasyonunu sağlamak için çapların dijital kumpas ile ölçülmesi	39
Şekil 3.3: Endodontik mikroskopta x40 büyütme altında retrograd kavite açılımı ve dolgu materyali yerleştirilmesi	40
Şekil 3.4: Çalışmamızda kullanılan dolgu materyalleri MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya), MTA Flow (Ultradent Endo-eze , South Jordan)	41
Şekil 3.5: Kitosan – MTA flow grubuna ait kesitlerin deney sonrası görüntüleri	41
Şekil 3.6: Apikal bölgeden alınan kesitlerin kalınlığının kumpas ile ölçümü	42
Şekil 3.7: 0.9 mm çapındaki itici uç	42
Şekil 3.8: Bağlanma dayanımında kullanılan push out cihazı	43
Şekil 4.1: MTA Angelus dolgu materyalinde şelasyon ajanlarının bağlanma değerleri	47
Şekil 4.2: MTA Flow dolgu materyalinde şelasyon ajanlarının bağlanma Değerleri	48
Şekil 4.3: Kırık tiplerinin stereomikroskop görüntüleri	50

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1: Grupların belirlenmesi	38
Çizelge 4.1: Deney gruplarının ve dolgu materyallerinin bağlanma dayanımı ile elde edilen ölçümlerinin ortalamaları ,standart sapmaları ve minumum maksimum değerleri	45
Çizelge 4.2: Serum fizyolojik grubunda dolgu materyallerinin bağlanma değerlerinin karşılaştırılması	46
Çizelge 4.3: EDTA grubunda dolgu materyallerinin bağlanma değerlerinin karşılaştırılması	46
Çizelge 4.4: Kitosan grubunda dolgu materyallerinin bağlanma değerlerinin karşılaştırılması	47
Çizelge 4.5: Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı	49
Çizelge 4.6: MTA Flow dolgu materyalinde kırık tiplerinin şelasyon ajanlarına göre dağılımı	49
Çizelge 4.7: MTA Angelus dolgu materyalinde kırık tiplerinin şelasyon ajanlarına göre dağılımı	49

1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin amacı, kök kanallarının şekillendirilip dezenfekte edildikten sonra hermetik ve sızdırmaz bir şekilde üç boyutlu doldurulmasıdır (Deplazes ve ark., 2001). Kök kanal tedavisinde pulpa dokusunun, kök kanal sistemi içindeki nekrotik ve gangrenöz kök kanallarından çıkan protein yıkım ürünlerinin, bakterilerin ve bakteriyel toksinlerin uzaklaştırılması temel faktördür. Bu amaçla cerrahi olmayan endodontik tedavi çoğu vakada ilk seçenektir, ancak periradiküler patoloji cerrahi olmayan bir yöntemle çözülemediğinde cerrahi bir yaklaşım endike olabilir.

Kök ucu rezeksiyonu da dahil olmak üzere cerrahi kök kanal tedavisi 1800'lerin ortalarından beri uygulanmaktadır. 1906'da Schamberg, teşhise yardımcı olmak için radyografların kullanımını, hızlı bir osteotomi ve kök ucu rezeksiyonunu gerçekleştirmek için cerrahi frezlerin kullanımını tanımlamıştır (Schamberg, 1906).

Çoğu durumda cerrahi olmayan endodontik tedavi oldukça öngörülebilir ve etkili bir seçenek olsa da, cerrahi olmayan yaklaşımlara yanıt vermeyen kalıcı periradiküler patolojileri olan dişler için, cerrahi olmayan yenileme işleminin pratik olmadığı, iyileştirme olasılığı düşük vakalarda cerrahi yaklaşım endike olabilir (Briggs ve Scott B., 1997).

Periradiküler cerrahi endike olduğunda, aletler ve teknikler oldukça farklı olsa da cerrahi olmayan tedavinin bir devamı olarak düşünülmelidir çünkü hastalık sürecinin altında yatan etiyoloji ve tedavi hedefleri aynıdır (Nash ve ark., 2002; Boykin ve ark., 2003).

Endodontik cerrahi, doğal diş yapısını korumak için uygun bir tedavi seçeneğidir. Prosedürdeki her adım önemli olsa da, cerrahi endodonti ile ilgili ana zorluklardan biri kök kanal sisteminin retrograd enstrümantasyonudur. Bu kritik adım cerrahi tedavinin sonucunu etkileyebilir çünkü cerrahi olmayan ve cerrahi endodontik başarısızlığın en yaygın nedeni intraradiküler bakterilerin ve yan ürünlerinin kalıcılığıdır (Siqueira J., 2001).

Endodontik cerrahinin tüm aşamalarında olduğu gibi amaç, sementin proliferasyonu ve ardından rezeke edilen kök ucu boyunca periodontal ligamentin rejenerasyonu için optimum koşullarla rezeke edilmiş bir kök ucu sağlamaktır. Bu işlemin iki önemli yönü, rezeke edilen kök ucunun yüzey topografisi ve rezeke edilen kök ucunun kimyasal tedavisidir. Periodontal dokuların başarılı bir şekilde yenilenmesi için kök ucunda sağlıklı sement gereklidir (Andreasen ve ark., 1993). Sementte bulunan bir dizi madde, periodontal fibroblastların göçünü, büyümesini ve bağlanmasını uyarır (Saygin ve ark., 2000; Berry ve ark., 2003).

Tarihsel olarak teknik, erişim ve görselleştirmedeki zorlukların yanı sıra enstrümanlar ve materyallerle ilgili sınırlamalar nedeniyle de cerrahi endodontik tedavi zor bir işlem olmuştur. Cerrahi endodontik tedavi, diş ameliyat mikroskopları, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT), bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) ve üç boyutlu baskı teknolojisi gibi yeni teknolojik gelişmeler sayesinde önemli ölçüde gelişmiştir. Son zamanlarda modern teknikler bu engellerin üstesinden gelmekte ve bu durum sürekli artan başarı oranı verileriyle doğrulanmaktadır (Setzer ve ark., 2010). Geleneksel kök ucu cerrahisini modern endodontik mikrocerrahi ile karşılaştıran sistematik bir inceleme ve meta-analiz (ultrasonik kök ucu hazırlığı; IRM, Super EBA veya MTA ile kök ucu dolgusu; ve yüksek [$> \times 10$] büyütme ve aydınlatma) mevcut materyal ve teknikleri kullanan endodontik mikrocerrahinin sonucunun, geleneksel kök ucu cerrahisindeki %59 başarı oranına kıyasla %94 olduğunu bulmuştur (Setzer ve ark., 2010).

Retrograd enstrümantasyonun amacı ortograd yerleştirilen obturasyon materyalini, enfekte dokuları ve iritanları kök kanal sisteminden uzaklaştırmak ve uygun şekilde kapatılabilen bir alan yaratmaktır (Floratos ve Kim, 2017). Tarih boyunca çeşitli retrograd enstrümantasyon yöntemleri tanıtılmış ve değerlendirilmiştir. Geleneksel olarak kök ucu preparasyonu, bir el aletinde olan cerrahi frezlerin kullanılmasıyla elde edilirdi. Ancak bu tekniğin yetersiz kanal hazırlığı, sınırlı erişim, damak duvarında perforasyon riski, el aleti ve frez için yeterli erişime izin vermek için osteotominin büyük ölçüde genişletilmesi gibi dezavantajları vardır.

Retrograd enstrümantasyonda oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması ve uygun retrograd dolgu materyali ile dolum yapılması endodontik mikrocerrahideki diğer önemli hususlardır.

Şelasyon ajanları, smear tabakasını kaldırır, mekanik yapışmaya, büyüme ve tutunma için hücrel mekanizmalara elverişli bir yüzey sağlar. Dentinin kolajen matrisini açığa çıkarır ve büyüme faktörleri gibi biyolojik olarak aktif maddeleri uygun dentin yüzeyinde tutar. Deneysel çalışmalar, demineralize dentinin kemik benzeri mineralize doku gelişimini indükleyebileceğini göstermiştir (Bang ve Urist, 1967; Huggins ve Urist, 1970).

Kök ucu dolgu materyalleri olarak birçok farklı materyalin kullanılması savunulmuştur ve her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. İdeal kök ucu dolgu materyali, kanal içindeki kök kanal sisteminin içeriğini kapatarak çevredeki periradiküler dokulara herhangi bir bakteri, bakteriyel yan ürün veya toksik materyalin çıkışını engeller. PDL kompleksinin rejenerasyonunu, özellikle kök ucu dolgusunun kendisi üzerinde sementogenezi indükleyebilmelidir (Li ve ark., 2021).

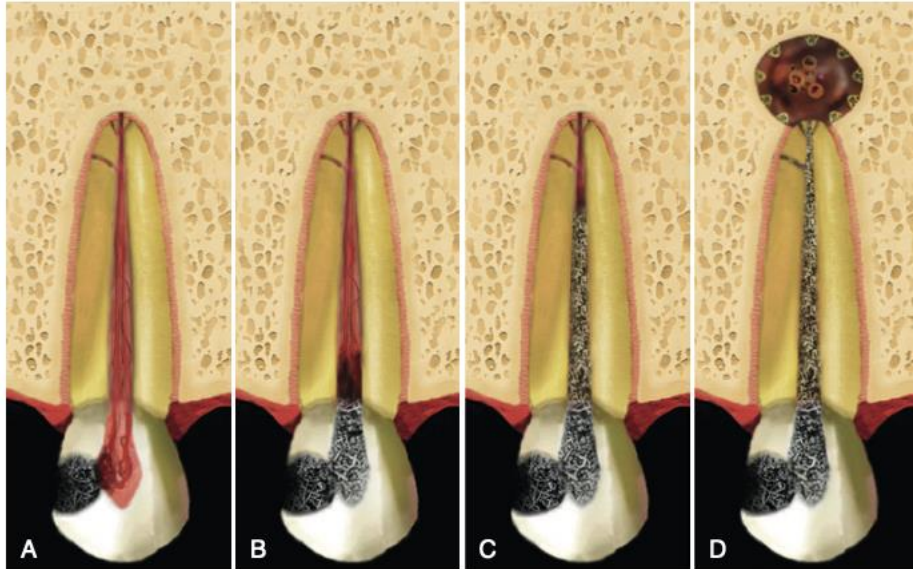
Endodontik cerrahide son yıllarda endodontik mikrocerrahi ön plana çıkmıştır. Biyolojik olarak teknolojinin son ürünü olan aletler, materyaller ve maddeler ile özdeşleşen klinik uygulamalar; endodontik mikrocerrahi tedavisi endodontik orijinli lezyonların iyileşmesindeki başarı için tahmin edilebilir bir neticedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Periradiküler hastalığın etyolojisi ve mikrobiyoloji

Tedavi kararı vermedeki ilk ve tartışmasız en önemli adım, persiste periradiküler hastalığın nedenini belirlemeye çalışmaktır. Daha sonra tedavi, çoğunlukla kök kanal boşluğunda bakteri ve diğer mikrobiyal iritanların varlığı olan etiyolojiyi ortadan kaldırmaya yöneliktir (Siqueira , 2001).

Cerrahi olmayan yeniden tedavi, mümkün olduğunda, önceki tedavideki bariz eksiklikleri düzeltmeye çalışmak için genellikle ilk tercihtir. Bununla birlikte, mikroorganizmalar, dentin tübüllerinde, kanal düzensizliklerinde, deltalarda ve isthmus bölgelerinde görünüşte iyi tedavi edilmiş dişlerde bile yaşayabilir (Kersten ve ark., 1987; Lin ve ark., 1991; Wada ve ark., 1998). Kök kanal sisteminden tüm potansiyel mikrobiyal kaçış yollarını kapatmak hem cerrahi olmayan hem de cerrahi tedavinin amacıdır. Yeterli patojenite ve sayıdaki mikroorganizmalar periradiküler dokulara ulaştığında patoloji gelişir. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1: Pulpal inflamasyon ve apikal periodontitisin gelişmesi (Berman ve ark., 2020)

Enterococcus faecalis, genellikle kanal tedavili başarısız dişlerden izole edilir ve standart enstrümantasyon ve irrigasyon teknikleriyle ortadan kaldırılmasının özellikle zor olduğu bilinmektedir (Sundqvist ve ark., 1998). Ağırlıklı olarak karışık anaerobik mikrobiyota ile ilişkili olan primer endodontik enfeksiyonların aksine, tedavi başarısızlıklarının daha sık bir veya iki mikroorganizma ile ilişkili olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Siqueira, 2001). Mantarlar ve virüsler de kök kanal yetmezliğinin potansiyel nedenleri olarak ortaya çıkmaktadır ve ısrarcı periradiküler patolojide birincil veya ikincil rol oynayabilir (Peciulienė ve ark., 2001; Waltimo ve ark., 2003).

Israrcı apikal periodontitisin tedavisinde cerrahi olmayan yeniden tedavi genellikle tercih edilen ilk yaklaşım olsa da periradiküler cerrahi, cerrahi olmayan yeniden tedavinin pratik olmadığı veya önceki sonucu iyileştirme olasılığı düşük olduğunda endikedir (Briggs ve Scott, 1997; Sundqvist ve ark., 1998; von Arx, 2005). Cerrahi tedavi olası kesin yaklaşım olsa bile, kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların sayısını azaltmaya ve daha olumlu uzun vadeli prognoz sağlamaya yardımcı olmak için prosedürden önce cerrahi olmayan tedavi önerilebilir (Hepworth ve Friedman, 1997). Mevcut kanıtlar cerrahi tedavinin prognozunun cerrahi olmayan yeniden tedavi ile yaklaşık olarak aynı olduğu iddiasını desteklediğinden, spesifik değişkenler ve klinik yargı karar verme sürecinde kilit unsurlardır.

Bazı eski çalışmalar implant uygulamalarının apikal cerrahi ile karşılaştırılmasında apikal cerrahinin daha düşük bir başarı oranına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, bu eski çalışmaların çoğu günümüzün kanıta dayalı standartları tarafından zayıf olarak kabul edilmiştir ve daha da önemlisi, birçok yeni cerrahi malzeme ve tekniğin kullanımını yansıtmamaktadır. Dikkatli vaka seçimi, cerrahi beceri ve malzeme ve tekniklerin kullanımı ile birçok çalışma, cerrahi kök kanal tedavisi için %90'ın üzerinde başarı oranları göstermiştir (Tsesis ve ark., 2006; Song ve ark., 2012).

Von Arx ve ark. (2012), endodontik mikrocerrahi tedavisi uygulanan dişlerde 5 yıllık başarının %75.9 olduğunu 1 yılda gözlemlenen başarının %83.8 olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada 10 yıl sonraki başarı oranını %85 olarak bildirmişlerdir (Song ve ark., 2012).

Eski çalışmalarda bulunan düşük başarı oranı yeni cerrahi malzeme ve tekniğin kullanımını ile daha yüksek oranlara yerini bırakmaktadır. Günümüzde cerrahi bölgenin üç boyutlu değerlendirilebilmesi için kullanılan KIBT endodontik mikrocerrahinin başarısı için önemli bir yere sahiptir.

2.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

Periapikal ve panoramik görüntüleme yöntemleri uzun yıllardır diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılırsalar da iki boyutlu görüntü elde etmeleri nedeniyle belirli sınırlamaları vardır. 1972 yılında, bilgisayarlı tomografilerin tanıtılması ile birlikte, anatomik yapıların ve birbirleriyle olan ilişkilerinin üç boyutlu olarak görüntülenmesi mümkün olmuştur. Bilgisayarlı tomografi (BT) ile elde edilen 3 boyutlu görüntülerde; geleneksel radyografilerin 2 boyutlu olması nedeniyle oluşan anatomik yapıların süperpozisyonu, açılı sapmalarına bağlı olarak meydana gelen boyutsal ve niteliksel değişim gibi dezavantajların görülmemesi BT'lerin tıbbın tüm alanlarında teşhis ve tedavi planlamasında önemli bir yer edinmesine neden olmuştur. Başlangıçta sadece baş bölgesinin görüntülenmesinde kullanılan BT ile daha sonra tüm vücudun görüntülenmesi mümkün hale gelmiştir (Patel ve ark., 2014).

Yüksek radyasyon dozu, maliyeti, zayıf çözünürlük ve yorumlamadaki zorluk, endodontide BT görüntülemenin sınırlı kullanımına neden olmuştur. Bu sorunlar, KIBT teknolojisindeki konik ışını yenilikleri ile ele alınabilir (Sukovic, 2003).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografinin (KIBT) tanıtılması; diş hekimliğinde ve özellikle diş hekimliğinin cerrahi branşlarında çok büyük bir etki yaratmıştır. (Şekil 2.2) Avantajları arasında bulunan doğruluk payının yüksek olması, yüksek çözünürlük, tarama süresinin kısa olması ve düşük doz; KIBT'yi apikal cerrahi öncesi önemli bir yardımcı olarak ön plana çıkarmaktadır (Low ve ark., 2008). KIBT, geleneksel bilgisayarlı tomografiden önemli ölçüde daha düşük etkili radyasyon dozu ile bozulmamış görüntüler üreten çağdaş bir radyolojik görüntüleme sistemidir (Durack ve Patel , 2012). KIBT görüntüleme, endodontik tanı ve tedavi planlaması, implant tedavi planlaması, cerrahi ve ortodontik tedavi planlaması, paranasal sinüslerin değerlendirilmesi, temporomandibular eklemler, intraosseöz patolojiler vb. çeşitli maksillofasiyal tanı alanlarında uygulamalara sahiptir.



Şekil 2.2: Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi (KIBT)

Lofthag-Hansen ve ark. (2007), periapikal lezyonların teşhisinde, KIBT ve periapikal radyografinin başarısını karşılaştırdıkları çalışmada, 46 vakanın 32'sinde (%70) KIBT'nin apikal lezyon varlığı ve boyutları gibi ilave bilgiler verdiğini göstermişlerdir. Benzer şekilde KIBT'nin üst arka dişlerde periapikal radyograftan anlamlı şekilde daha fazla (%34) lezyon gösterdiği sonucuna varılmıştır. Aynı

zamanda gözden kaçmış kanalların tespitinde, apikal-marjinal bağlantı varlığında, lezyonun maksiller sinüse genişlemesinde ve sinüs membranını incelttiği durumlarda, KIBT'nin periapikal radyografıdan daha üstün olduğu gösterilmiştir. Bu bilgiler ışığında özellikle çok köklü dişlerin apikal cerrahisi öncesinde KIBT alınması önerilmektedir.

2.3. Endodontik cerrahi

Kök kanallarının ortograd yolla tedavisinin mümkün olmadığı durumlarda ya da geleneksel endodontik tedaviler sırasında gelişen komplikasyonlar sonucu periapikal cerrahi tedavisine başvurulur (Torabinejad ve ark., 1993).

Endodontik cerrahinin klinik aşamaları; Periradiküler dokunun küretajı , kök ucu rezeksiyonu (apikal cerrahi) , kök ucu kavitesinin hazırlanması (retropreparasyon) , retrograd kök kanal dolgusunun uygulanmasıdır (Von Arx, 2011).

Periradiküler cerrahideki temel amaçlar, etiyolojik faktörü elimine etmek ve etiyolojik faktörler ortadan kaldırıldıktan sonra periradiküler dokuların yeniden enfekte olmasını önlemektir (Berman ve Hargreaves , 2020).

Apikal rezeksiyon işlemi ile ilgili önemli unsurlar; kök ucunun ne kadar rezeke edileceği ve rezeksiyonun hangi açıyla gerçekleştirileceğidir. Yapılan çalışmalarda kök ucu 3 mm rezeke edildiğinde, lateral kanalların %93'ü ve apikal dallanmaların %98'inin elimine edildiği gösterilmiştir. Lateral kanallar ve apikal dallanmaların sıklığı kök ucunun ne kadar rezeke edileceğini belirler. Apikal bölgenin 3 mm rezeke edilmesinin amacı anatomik düzensizlikler ve kontamine radiküler dokuları ortadan kaldırmaktır (Gutmann, 2014).

Günümüze kadar yapılan tedavilerde, operasyon mikroskobu ve mikro cerrahi aletlerin mevcut olmaması, cerrahi sahaya ulaşılabilirliği ve görüşü artırmak amacıyla 45- 60° eğimler ile rezeksiyon yapmayı zorunlu kılmıştır. Bu durum bukkal kemikten daha fazla doku kaybı olmasına ve kök boyununun kılmasına yol açmaktadır.

Rezeksiyon işlemi sırasında kök ucunda yapılan eğimli kesim, açığa çıkan dentin tübülü sayısının artmasına ve dolayısıyla kök kanalı ile apikal bölge arasında sızıntıya neden olacak daha fazla sayıda geçiş yolunun oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum, tekrarlayan enfeksiyon oluşumuna zemin hazırlama potansiyeli taşımaktadır (Gutmann, 2014).

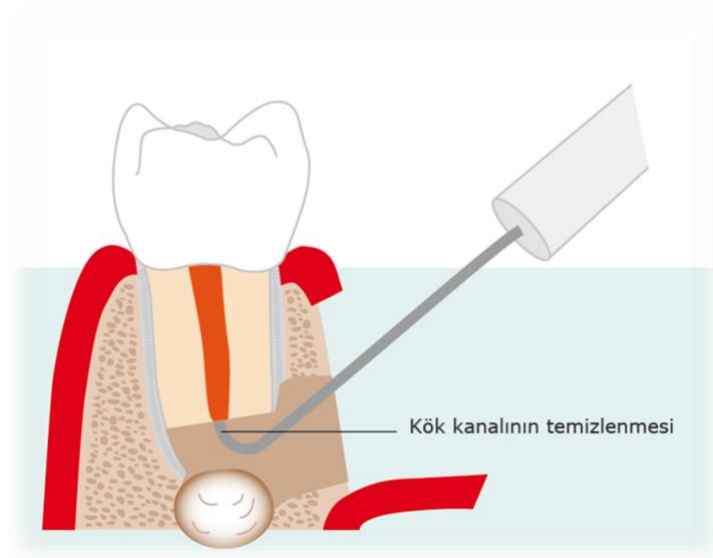
Günümüzde operasyon mikroskobu ve mikro cerrahi aletler sayesinde kök rezeksiyonu, kökün uzun eksenine hemen hemen dik olarak gerçekleştirilebilir (Kim ve Kratchman , 2006).

Apikal rezeksiyon işleminin minimal açısı ile gerçekleştirilmesi ile ;

- Bukkal kemiğin daha az kaldırılması ile daha stabil bir diş yapısı ve osteotomi sonrası daha iyi bir iyileşme gerçekleşir.
- Potansiyel bir endodontik-periodontal ilişki önlenir.
- Daha az dentinal tübül açığa çıkarak bakteriyel sızıntı ve kontaminasyon sağlanmış olur (Kim ve Kratchman , 2006).

2.3.1. Kök ucu kavite preparasyonu

Kök ucu kavitesinin hazırlanması, apikal dolgunun yerleştirilmesi için çok önemli bir adımdır. Kök ucu kavite preparasyonunda amaç, kök ucu dolgu malzemesinin yerleştirilmesi için boyutsal olarak yeterli olan ve kök ucu yapılarına gereksiz zarar gelmesini önleyen, rezeke edilen kök ucunda bir boşluk oluşturmaktır. İdeal preparasyon, dişin uzun eksenine boyunca en az 3 mm derinliğe kadar hazırlanmış bir sınıf I kavitedir. (Şekil 2.3)



Şekil 2.3: Kök ucu rezeksiyonu ve retrograd kavite preparasyonu (Berman ve Hargreaves, 2020)

Prosedürün başarılı olması için , kalan kanal sisteminin tamamen temizlenmiş ve mikroorganizmaları ve tahriş edici maddeleri ortadan kaldıracak şekilde şekillendirilmiş olması gerekmektedir. Geleneksel olarak, bu tedavi prosedürü için döner frezli bir mikro el aleti kullanılmıştır. Bununla birlikte, tasarlanmış ultrasonik uçların ortaya çıkmasıyla kök ucu preparasyonu çoğunlukla ultrasonik teknikle gerçekleştirilmektedir. Özellikle molar cerrahisinde geleneksel frez hazırlığına kıyasla ultrasonik kök ucu preparasyonunun faydasını destekleyen klinik kanıtlar ortaya çıkmaktadır (Berman ve Hargreaves, 2020).

İdeal bir kök ucu kavite preparasyonu şu özelliklere sahip olmalıdır :

- Kökün uzun eksenine paralel olarak hazırlanmalı
- Retrograd dolgu materyalinin kaviteye retansiyonun sağlanması için yeterli derinlikte hazırlanmalı
- İsthmus dokusu uzaklaştırılmalı
- Preparasyon sonrasında yeterli dentin duvar kalınlığı kalabilmesi için merkezi biçimde konumlandırılmış olmalıdır (Arens ve ark., 1998; von Arx ve Kurt, 1999).

2.3.1.1.Konvansiyonel kök ucu kavite preparasyonu

Geleneksel olarak kök ucu kavitesi, yüksek devirli mikro başlıkların küçük rond ve tersine konik frezlerin kullanımıyla yapılır (Stropko ve ark., 2005). Konvansiyonel kök ucu kavite preparasyonunun dezavantajları arasında ;

- Kanal duvarlarına paralel olmayan kavite oluşabilir.
- Lingual dentin duvarlarında perforasyon riski vardır.
- Kök ucu kavite derinliği yetersiz olabilir.
- Kısıtlı çalışma alanı vardır.
- Hazırlanan kök yüzey açısı 45° ya da daha fazla olur.
- Giriş açısının eğiminden dolayı dentin tübüllerinin çapı artar.
- Sınırlı çalışma alanı nedeniyle kök ucuna erişim zorluğu vardır (Kim, 2001; Kim ve Kratchman, 2006; Von Arx, 2011).

2.3.1.2.Ultrasonik kök ucu kavite preparasyonu

Ultrasonikler, diş hekimliğinde ilk kez, 1952 yılında dişlerde kavite preparasyonunda kullanılmıştır (Park, 2013). Ultrasoniklerin periradiküler cerrahide uygulanması ise, ilk kez 1957'de Richman tarafından, kök ucu rezeksiyonunda kullanmasıyla başlamıştır (Richman, 1957). Daha sonra, Bertrand ve ark. (1976), kök ucu preparasyonu için hazırlanmış bir uç sunmuştur.

Flath ve Hicks (1987), kök ucu kavite preparasyonu için değiştirilmiş ultrasonik ve sonik enstrümanların kullanımını tanımlamışlardır.

Carr ve ark. (2010), endodontik cerrahi sırasında özellikle kök ucu preparasyonu için üretilmiş ultrasonik tipleri tanıtmıştır.

Ultrasonik teknik, mikro el aleti yöntemine göre çeşitli avantajlara sahiptir. Rezeke edilen kök ucuna doğru erişim sağlamak için daha minimal kemik dokusu kaldırılır. Ayrıca klinisyen, dişin uzun eksenini takip eden ve kanalda merkezde kalan

daha konservatif bir preparasyon gerçekleştirebilir. Ultrasonikler ile kök ucu perforasyonu riski azalır. Bununla birlikte, ultrasonik kök ucu preparasyon tekniği, kökte daha düz açılı, daha tutarlı ve daha derin bir kavite hazırlığı yapılmasına imkan sağlar (Gutmann, 2014).

Ultrasonik kök ucu preparasyonu, frezlere göre önemli ölçüde daha az smear tabakası oluşturur. Ultrasonik kök ucu preparasyonu ile ilgili en büyük dezavantaj, ultrasonik titreşimin bir sonucu olarak kök kırıkları oluşma potansiyelidir (Ishikawa ve ark., 2003).

Klinik olarak ultrasoniklerin en önemli avantajı, rezeke edilecek köke erişimi kolaylaştırmasıdır. Çeşitli açılı ve küçük boyutlu uçların kullanılması daha küçük bir osteotominin yapılması avantajını getirmiştir (Mehlhoff ve ark., 1997). Geleneksel kavite preparasyonunda kavite duvarlarının kanala paralel olmaması, kök ucuna erişim zorluğu, kökte perforasyon riski gibi durumlar ile karşılaşılabilir. Ultrasonik uçların mikro başlıklara kıyasla kanalda merkezde kalma kabiliyeti ile perforasyon riski azalmıştır (Engel ve Steiman, 1995). Bununla birlikte, üretilen uçların geometrik tasarımı, açılı kök ucu rezeksiyonu durumunu ortadan kaldırmaktadır. Böylelikle açığa çıkan dentin tübül sayısında ve dolayısıyla apikal sızıntıda azalma olmaktadır.

Zuolo ve ark. (1999), kök ucu preparasyonunda elmas kaplı uçların, düz uçlardan daha hızlı bir preparasyon yaptığını ancak elmas kaplama nedeniyle daha büyük bir preparasyon ve daha fazla smear oluşturduğunu rapor etmişlerdir.

Abedi ve ark. (1995), ultrasonik uç ve frezlerle hazırlanan kök ucu kaviterinde fraktür oluşumunu karşılaştırmışlardır. Ultrasonik ile hazırlanan kaviterlerde önemli ölçüde daha fazla çatlak oluşumu rapor edilmiştir. Frez kullanılarak hazırlanan kaviterlerin, ultrasoniklere kıyasla daha büyük ebatta olmasına rağmen çatlak oluşumuyla herhangi bir ilişkisinin olmadığı bulunmuştur. Bu çalışmada çatlak oluşumunda, kalan dentin duvar kalınlığının önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir. Kalan dentin duvarı 1 mm'den daha ince olduğunda, ultrasonik ile hazırlanan kök ucu kaviterlerinin %75'inde çatlak olduğunu gözlemlemişlerdir ve bunun sonucunda kök ucu kavite hazırlığı sırasında ince duvarlarda ultrasonik uçların uygulanmamasını önermişlerdir.

Ultrasonik uçlarda elmas kaplama ultrasonik uçlar için üretilen ilk kaplamalardır. Bu uçlar özellikle güta perka kaldırma etkinliği çok yüksek olan uçlardır. Elmas uçlar, preparasyon esnasında fazla smear tabakası oluşturması sebebiyle kök ucu dolgu materyalinin sızdırmazlığını etkileyebilmektedir (Brent ve ark., 1999).

Geliştirilen zirkonyum nitrit uçlar, yapım şekli olarak elmas uçlardan farklıdır. Elmas uçlarda elmas partikülleri yüzeye yapıştırılarak üretilirken zirkonyum uçlarda ise partiküller metal yapımında içine katılmaktadır. Zirkonyum kaplama uçların kesme etkinliği elmas uçlara göre daha azdır ve güta perka kaldırma etkinliği bakımından elmas kaplama uçlar kadar etkin değildir. Ancak, bu kaplamaların kullanımı elmas kaplamaya göre daha güvenlidir (Navarre ve Steiman, 2002).

2.3.1.3.Lazer ile kök ucu kavite preparasyonu

Modern endodontik cerrahi konseptinde ultrasonik sistem ile kök ucu kavite preparasyonu yapılması haricinde, lazer sistemi ile kök ucu kavite preparasyonu da yer almaktadır. Lazer kelimesi, uyarılmış radyasyon ile yoğunlaştırılmış ışık (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) anlamına gelen tanımın kısaltmasıdır (Matsumoto, 2000).

Albert Einstein'ın uyarılmış ışımının varlığı teorisinden yola çıkılarak, 1960 yılında Theodore H. Maiman tarafından ilk lazer geliştirilmiştir (Maiman, 2010). Lazerin endodonti alanındaki ilk kullanımı Weichman ve Johnson tarafından 1971'de gerçekleştirilmiştir (Weichman ve Johnson, 1971). Günümüze kadar pek çok üretici tarafından çeşitli özelliklere sahip lazer tipleri üretilmiştir (Stock ve ark., 1997).

Günümüz diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan lazer tipleri:

- Argon lazer
- Nd:YAG (Neodymium-doped: Yttrium Aluminum Garnet) lazer
- Diode Lazer
- CO₂ (Karbondioksit) lazer
- Er:YAG (Erbium-doped:Yttrium, Aluminum ve Garnet) lazer
- Er,Cr:YSGG (Erbium,Chromium-doped:Yttrium, Scandium, Gallium ve Garnet) lazer
- Ho:YAG (Holmium-doped:Yttrium, Aluminum ve Garnet) lazer (Coluzzi, 2004).

Diş hekimliğinde lazer kullanımı ile cerrahi işlemlerde kavite preparasyonu esnasında bakteri ve diğer patojenlerin redüksiyonunun daha başarılı şekilde sağlandığı görülmüştür (White ve ark., 2002).

Nd:YAG lazerde enerji mineral yapılar tarafından kısmen absorbe edilir ve termomekanik ablasyon ile kristal yapılarında düzensizliğe yol açar. Bu süreçte, dentin debris içermeyen iyonize bir gaz haline gelir ve dentin tübüllerini tıkadığı için dentinal geçirgenlik azalır (Lee ve ark., 2002).

CO₂ lazerde enerji, dokulardaki su tarafından absorbe edilir, böylelikle sıcaklıkta yükselmeye ve hücre içinde basınca yol açar. Isınan partiküller akkor hale gelerek ışınlanmış dokuda tekrar toplanırken karbonize bir tabaka oluşturur. Mineralize dokularda ise bu enerji, kalsiyum karbonat ve kalsiyum fosfat tarafından absorbe edilir ve böylece moleküllerde titreşim oluşur. Sonucunda da sert doku uzaklaştırılmış olur. Dentin tübülleri, hidroksiapatitin kalsiyum ortofosfata dönüşmesiyle ve termal enerjinin organik kısma transferi ile tıkanır (Pozza ve ark., 2009). Bu iki lazer tipi sert dokudan ziyade yumuşak dokular üzerinde etkilidir. Bu sebeple çoğunlukla ağız içi yumuşak dokularla ilgili çeşitli prosedürleri gerçekleştirmek için kullanılırlar.

Erbiyum lazerler sert doku uzaklaştırmada oldukça etkilidirler. Er,Cr:YSGG lazer cihazı 2,78 µm dalga boyunda lazer ışını yayarak dokudaki su ile etkileşime geçer. Bu yüzden hidrokinetik sistem olarak da adlandırılır. Su damlacıkları tarafından, 2,78 µm dalga boyundaki lazer enerjisinin yüksek emilim kabiliyeti ile hedef dokuda güçlü mekanik kuvvetler oluşur. Bu da hidrokinetik kuvvetler ile kalsifiye dokuda hızlı mekanik ayrılmalara yol açar (Rizoiu ve ark., 1998).

Er:YAG lazer ise 2,94 µm dalga boyu ile termal ablasyon yaparak, mineral yapıların çözümlenmesine ve amorf partiküllerin kristalize olmadan temiz ve pürüzsüz bir yüzey oluşturacak şekilde birleşmesine yol açar (Paghdiala, 1993). Sert dokuların ablasyonu Er:YAG lazer ile diğer lazerlere göre çok daha hızlı gerçekleşir. Bu sebeple, Er:YAG lazer kemik ve diş gibi sert dokuları etkili şekilde kesme kabiliyeti nedeniyle popüler hale gelmiştir. Çevre dokulara yeterli seviyede su soğutması altında, ısı ile zarar vermeden Er:YAG lazer ile mine ve dentinde kavitelemeler açılabilceğı gösterilmiştir.

Yapılan çalışmalara göre Er:YAG lazer ile düzensiz ancak temiz, smear tabakası bulundurmeyen ve dentin tübüllerinin açık olduğı yüzeyler oluşturulmaktadır (Samad-Zadeh ve ark., 2011).

Komori ve ark. (1997), hastalarında gerçekleştirdikleri Er:YAG lazer ile kök ucu rezeksiyonu sırasında cihazın titreşim yapmadan çalışması, çevre dokulara zarar vermemesi, cerrahi sahanın kontaminasyon riskinin düşük olması ve cerrahi sonrası dönemde ağrı oluşturmaması gibi avantajları olduğunu bildirmişlerdir.

Er:YAG lazer, 'kontakt' ve 'kontakt olmayan' olmak üzere iki farklı moda kullanılabilir. Kontakt moda kullanım, temas hissi sebebiyle uygulayan kişi için daha rahat bir işlem süreci sağlar ve neticesinde daha düzgün kavitelemelerin açılmasına katkıda bulunabilir. Er:YAG lazerin kontakt ve kontakt olmayan modunun mine ve dentin üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, Er:YAG lazerin kontakt başlık ile uygulanmasının şekil, boyut ve yapı olarak kavite preparasyonunu doğrudan etkilediğı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı çalışma Er:YAG lazer ile kontakt moda oluşturulan kavitelemelerin, frezlerle açılan klasik kavitelemelere benzediklerini, farklı olarak smear tabakası içermediklerini belirtmiştir (Buckova ve ark., 2013).

Lazerlerin çalışma prensibi, frezlerin çalışma prensibinden farklı olduğu için lazer uygulaması esnasında dikkat edilmesi gereken bazı unsurlar vardır. Lazerlerin diş ile olan etkileşimi, mekaniği ve mantığı gereği kontak modda çalışırken yüzeye basınç uygulamak, daha hızlı bir kesim ile sonuçlanmamaktadır. Er:YAG lazer ile kontak modda çalışırken, basınç uygulamadan ileri geri yönde yapılan hareketler kalsifiye dokularda daha güvenli ve öngörülebilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Lazer ucundan çıkan düz çizgi halindeki vektör boyunca dokuda ablyasyon etkisi oluşturulur. Bu sebeple küçük çaplı lazer ucu kullanıldığında, lazer enerjisi daha küçük bir alana odaklanır. Ancak küçük ablyasyon alanında çalışmaya devam edildikçe, açılan kavite derinleşecektir.

Erbiyum lazerler, sert dokuyu diğer lazer türlerine göre çok daha hızlı ve etkili kesme kabiliyetine sahip olsalar da ultrasonik uç veya frezler kadar kısa sürede sert doku kesimi yapamamaktadırlar. Daha hızlı etki gösterebilmeleri için lazer cihazının çalıştığı güç artırılabilir (Ekworapoj ve ark., 2007). Ancak dental yapıların bütünlüğünü korumak her şeyden önce gelmelidir. Bu sebeple, seçilen lazer tipi ve yapılan işleme göre cihazın çalışma parametreleri uygun aralıklarda ayarlanmalıdır (Berbert ve ark., 2010).

2.4. Smear tabakasının oluşması ve eliminasyonu

Apikal cerrahi uygulamaları sırasında aynı ortograd işlemlerde olduğu gibi smear tabkasının oluşması bir problem teşkil etmektedir. Smear tabkası, diş dokularında yapılan kesim, eğeleme ve aşındırma işlemleri sonucunda yüzeyde parçalanan organik veya inorganik elemanların birleşiminden meydana gelmektedir (Ingle ve ark., 2002). Smear tabkasının kalınlığı kesici enstrümanların tipine, keskinliğine, dentinin kuru veya nemli olmasına bağlı olarak değişmektedir. Frezler, el aletlerine göre hacim olarak daha fazla ve dirençli bir smear tabkası oluşturmaktadır (Torabinejad ve ark., 2002).

Smear tabakasının morfolojik özellikleri, fizyolojisi, mikrobiyolojisi ve bu tabakanın çeşitli restoratif materyallerin tutuculukları ve sızıntıları üzerine etkisini araştıran çalışmalar yapılmıştır. Bazı araştırmacılar, smear tabakasının bakteri ürünleri ve nekrotik doku artıkları içerdiğini, bakterilerin burada çoğalması için depo görevi gördüğünü belirtmiştir (Meryon ve Brook , 1990). Bazı araştırmacılar ise bu tabakanın, bakteri ve yan ürünlerine karşı endodontik materyallerin adezyonuna ve penetrasyonuna engel olan fiziksel bir bariyer olduğunu savunmaktadır (Şen ve ark., 1995).

Literatürde smear tabakasının uzaklaştırılması ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar, smear tabakasının dentin tübüllerini tıkayarak mikroorganizmaların geçişini engellediğinden uzaklaştırılmaması gerektiğini bildirmişlerdir (Drake ve ark., 1994). Buna karşın literatürde; smear tabakasının kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon ajanlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engellediği ve kanal dolgu maddelerinin dentine bağlantısını engellediği için sızdırmazlık üzerine olumsuz etkisi olduğundan, mikroorganizma ve ürünlerini içeren bu tabakanın uzaklaştırılmasının gerekliliğini bildiren çalışmalar da mevcuttur (Mader ve ark., 1984).

White ve ark., smear tabakasının kök kanal dolgu materyallerinin dentin tübülleri içine girişini önlediğini ve smear tabakasının, kök kanal dolgu materyali ile dentin duvarı arasında sızıntıya sebep olabileceğini düşünerek kanal dolgusu yapılmadan önce bu tabakanın uzaklaştırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, smear tabakasının kaldırılmasının retrograd dolguların başarısızlığına neden olabileceğini de vurgulamışlardır (White ve ark., 1997).

Smear tabakasının uzaklaştırılması için organik asitler ve şelasyon ajanları gibi çok sayıda kimyasal madde kullanılmaktadır (Ingle ve ark., 2002).

2.4.1. Şelasyon ajanları

Endodontik tedavinin temizleme ve şekillendirme işlemleri sırasında kök kanalları üzerinde amorf, granüler ve düzensiz yapıda bir tabaka oluşmaktadır. Smear tabakası olarak adlandırılan bu tabaka, ilk olarak 1975'te McComb ve Smith tarafından tanımlanmıştır (Vemuri ve ark., 2016). Organik ve inorganik bileşenlerden oluşan smear tabakası dentin debris, pulpa artıkları, bakteri, endotoksin ve bazen restoratif materyaller içermektedir (Jahromi ve ark., 2010). Smear tabakası dentinde eğeleme ve kesme işlemleri ile meydana gelmektedir ve kanal duvarı üzerini örten yüzeyel tabaka ve dentin tübülleri içine penetre olan derin tabakadan oluşmaktadır. Yüzeyel tabaka 1-2 µm kalınlığındadır ve derin tabaka dentin tübülleri içine 40 µm derinliğe kadar ulaşabilmektedir (Mader ve ark., 1984).

Kök ucu dolgu materyallerinin adezyonu için preparasyon sonucu kök yüzeyinde oluşan smear tabakasının kaldırılması ve mekanik adezyon ve tutunma için hücrel mekanizmalara uygun bir yüzey sağlanması gerekmektedir. Bir kök kanal sisteminin tedavisi sırasında debris ve smear tabakasının uzaklaştırılması önemli bir hedefdir. Son yıllarda, kök kanallarını daha verimli bir şekilde şekillendirmek için yeni endodontik aletler tanıtılmıştır. Bununla birlikte, kök kanal duvarına penetre olmuş mikroorganizmalar debris ve artıklar için sadece mekanik enstrümantasyon yapıldığında %50 den fazla alan tedavi edilmeden kalır. Bu nedenle, antimikrobiyal ve doku çözücü solüsyonlarla irrigasyon ve irrigasyonun aktivasyonu, tüm kök kanal sisteminin kapsamlı dezenfeksiyonu için çok önemlidir.

Smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanılan ajanlar ile dentinin kolajen matrisi açığa çıkarılır ve büyüme faktörleri gibi biyolojik olarak aktif maddeler uygun dentin yüzeyinde tutulur.

Günümüze kadar kullanılan şelasyon ajanları arasında en çok kullanılan sitrik asit, tetrasiklin ve etilendiamin tetraasetik asittir (EDTA).

EDTA, endodontide en çok tercih edilen şelasyon ajanlarından biridir. Etilen diamin ve kloroasetik asit birleşiminden hazırlanan bileşik ilk kez Ferdinand Munz tarafından

1935'te tanımlanmıştır (Basrani, 2015). Şelasyon ajanı olarak endodontide kullanımı ise 1957 yılında Nygaard-Østby tarafından önerilmiştir (Hülsmann ve ark., 2003).

EDTA'nın antibakteriyel etkinliği ile ilgili yapılan çalışmalarda düşük antimikrobiyal etki gösterdiği bulunmuştur. EDTA'nın düşük antibakteriyel etkinliğini temas süresini uzatarak arttırılabileceği bildirilmiştir. Süre arttıkça bakterilerin hücre zarında bulunan metal iyonlarıyla birleşerek bakterilerin ölümüne neden olduğu vurgulanmıştır (Haapasalo ve ark., 2008; Hülsmann ve ark., 2003).

EDTA sitotoksik bir ajan olduğu, apikal foramenden taşıdığına, periapikal kemikte dekalsifikasyon meydana geldiği ve nöroimmunolojik mekanizmaların olumsuz etkilendiği görülmüştür (Koulaouzidou ve ark., 1999).

Smear tabakası organik ve inorganik yapıları bir arada bulunduran bir tabakadır. Bu yüzden, smear tabakasını demineralize edecek tek bir solüsyon olmadığı için organik ve inorganik çözücülerin birlikte kullanımı gerekmektedir. EDTA, etkisini smear tabakasının inorganik komponentlerini eriterek gösterdiğinden organik artıkların uzaklaştırılması aşamasında % 0,5 - % 5,25'lik NaOCl ile kombine kullanımı birçok araştırmacı tarafından önerilmiştir (Irala ve ark., 2010; Baca ve ark., 2011).

EDTA'nın biyoyumluluğunun düşük olması sebebiyle smear tabakasını uzaklaştırma amaçlı, EDTA'dan daha biyoyumlu ve biyobozunur bir materyal arayışı için araştırmalar yapılmaktadır.

2.4.2.Güncel organik şelasyon ajanları

Son zamanlarda; organik, biyoyumlu aynı zamanda dolgu malzemelerinin bağlanmasına negatif etki etmeyen şelasyon ajanları önerilmektedir.

Perasetik asit (PAA), kitosan, fitik asit ve maleik asit gibi organik, daha düşük pH'a sahip şelasyon ajanlarının smear tabakasını uzaklaştırdığı ve kök kanal sistemini dezenfekte ettiği yakın zamanda yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

PAA, protein varlığında bile <% 0,5 gibi düşük konsantrasyonlarda spor öldürücü, bakteri öldürücü, virüs öldürücü ve mantar öldürücü bir peroksijendir (Fernandes ve ark., 2015).

Fitik asit, EDTA'ya göre daha az sitotoksik ve biyouyumlu olan doymuş bir siklik asittir. Prepare edilmiş kök kanal duvarlarından smear tabakasını ortadan kaldırma yeteneğine sahiptir (Nikhil ve ark., 2016).

Nassar ve ark. (2015), NaOCl ve EDTA ile fitik asitin smear tabakası uzaklaştırma etkinliğine baktıkları çalışmada fitik asitin koronal dentin yüzeyinde EDTA kadar etkili olduğunu bulmuşlardır. Fitik asitin daha az sitotoksik ve EDTA'ya kıyasla düşük konsantrasyonda etkili olabilmesi ile fitik asiti alternatif şelasyon ajanı olarak belirtmişlerdir.

Ballal ve ark. (2009), % 7 maleik asitin, % 17 EDTA'ya kıyasla daha iyi smear tabakası uzaklaştırma etkisine sahip olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca %17 EDTA ile karşılaştırıldığında daha az sitotoksik olduğu görülmüştür. (Ulusoy ve Görgül, 2013)

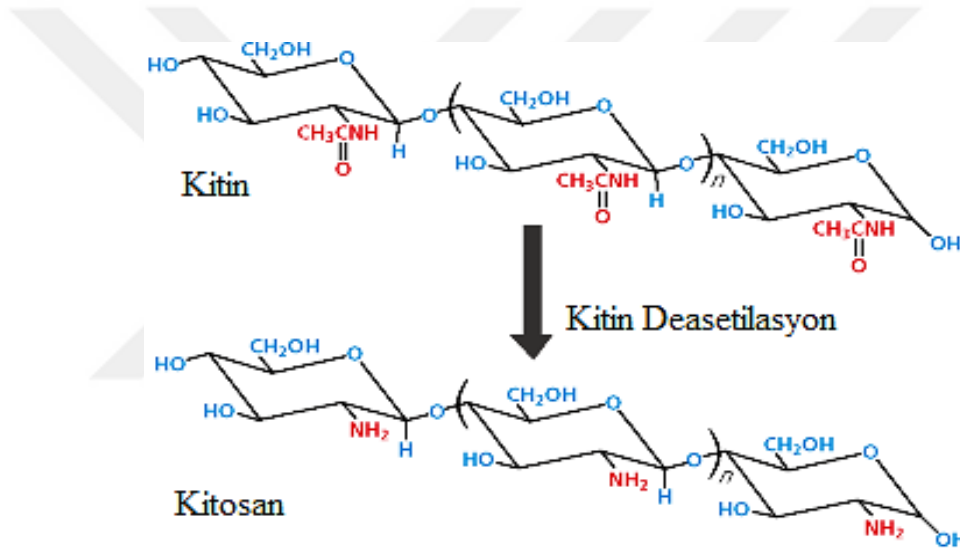
Ballal ve ark. (2016), QMix ,maleik asit ve EDTA ile yaptıkları çalışmada %7 lik maleik asitin apikal üçlüde oluşan smear tabakasının uzaklaştırılmasında daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

2.4.2.1. Organik şelasyon ajanı kitosan

Doğal bir polisakkarit olan kitosan, biyolojik olarak uyumlu ve şelasyon kabiliyetine sahiptir, toksisitesi yoktur (Akıncıbay ve ark., 2007). Kitosan, kabuklu deniz hayvanlarının kabuklarından kitinin asetilasyonu ile elde edilir. (Şekil 2.4) Asidik koşullarda çeşitli metal iyonları için yüksek şelasyon kabiliyetine sahiptir ve farklı endüstriyel alanlarda metal iyonlarının uzaklaştırılması veya geri kazanılması için yaygın olarak uygulanmıştır. Doğadaki bulanabilirliği ve düşük üretim maliyetleri nedeniyle çeşitli uygulamalar için ekolojik olarak ilgi çekici hale gelmiştir.

Diş hekimliğinde kitosanın, mine tamiri ve remineralizasyonunda, doku rejenerasyonunda, adeziv diş hekimliğinde, çürüklerin önlenmesinde, cam iyonomerlerin modifikasyonunda, irrigasyon solüsyonu, kanal içi medikament ve şelasyon ajanı olarak kullanımı mevcuttur (Silva ve ark., 2013). Antibakteriyel, antiviral ve antifungal özelliğe sahiptir. Deasetilasyon derecesine göre antibakteriyel etkinliğide artmaktadır (Dutta ve ark., 2004).

Yapılan bir çalışmada kitosanın antibakteriyel aktivitesinin pH değerinden ters olarak etkilendiği; daha düşük pH değerlerinde daha yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir (Qi ve ark., 2004).



Şekil 2.4:Kitinden deasetilasyon ile kitosan elde edilmesi (İmamoğlu, 2011)

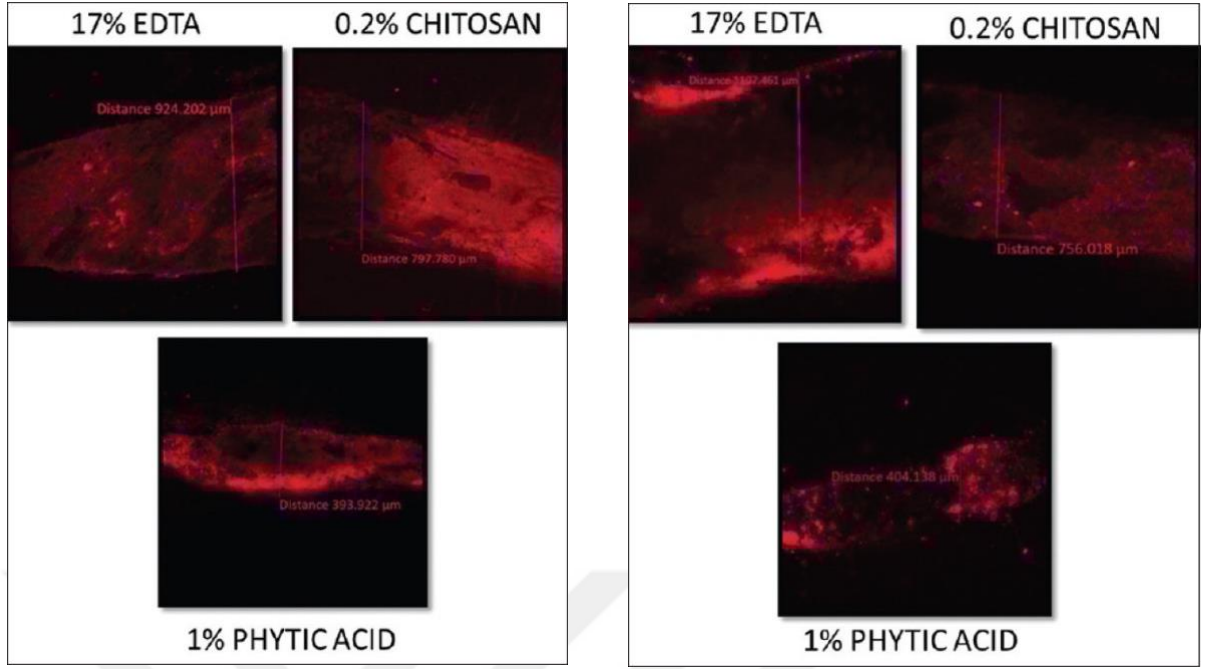
Kitosanın antibakteriyel etkinliğinin dentin, dentin matrisi veya lipopolisakaritlerden (LPS) etkilenmediği de gösterilmiştir (Shrestha ve Kishen, 2012).

Kitosan antibakteriyel etkisini, katyonik bir bileşik olduğundan negatif yüklü bakteri hücre zarlarıyla etkileşerek gösterir. Bu durum hücre zarı geçirgenliğini artırır ve hücre içi bileşenlerinin sızmasına ve sonuç olarak hücre ölümüne yol açar (Kong ve ark., 2010). Aynı zamanda kanal içi bir ilaç olarak kalsiyum hidroksit medikamanına eklenmesinin, uzun süreli kalsiyum iyonu salınımını desteklediği gösterilmiştir (Vineeta ve ark., 2014).

Kitosanın biyobozunur yapıda olması avantajları arasındadır. Bir polimer olan kitosan vücut içerisinde enzimatik reaksiyonlarla bir çok monomerine ayrılabilir. Kitosan polimerinin ve monomerlerin herhangi bir yan etkiye neden olmadan vücut hücreleriyle etkileşebildikleri gösterilmiştir (Kilinc ve ark., 2017).

Agarwal ve ark. (2019), % 0,2 kitosan, %1 paretik asit ve %17 EDTA ile yaptıkları çalışmada smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini en yüksek % 0,2 kitosanda bulmuşlardır. % 0,2 kitosan ile tedavi edilen örneklerin bağlanma dayanımı diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Kitosan hidrofilik özelliği ile kök dentinine tutunarak dentin tübüllerinin daha derinlerine nüfuz eder. Ek olarak, dentin kalsiyum iyonları ile iyonik etkileşimi sağlayan doğada onu katyonik yapan çok sayıda serbest hidroksil ve amino grubuna sahiptir. Bu durum daha yüksek bağlanma dayanımını açıklayabilir. Ayrıca %1 PAA, düşük konsantrasyonlarda antimikrobiyal aktivitesini koruduğu ve dentin yapısında önemli değişikliklere neden olmadan smear tabakasının çıkarılmasını desteklediği için bu çalışmada kullanılmıştır.

Shah ve ark. (2019), %1 fitik asit, %17'lik EDTA ve % 0,2 kitosan ile retrograd dolgu materyallerinin (MTA Plus, Biodentine) mikrosızıntısını değerlendirdikleri çalışmada en yüksek mikrosızıntı %17 EDTA - MTA plus grubunda görülmüştür. En düşük mikrosızıntı ise %1 fitik asit-MTA plus ve daha sonra % 0,2 kitosan-MTA plus grubunda görülmüştür. (Şekil 2.5.)



Şekil 2.5: Biodentine ve MTA Plus 'ın konfokal lazerdeki mikrosızıntı görüntüleri (Shah ve ark., 2019)

Kitosan, antibakteriyel özelliği, yaraların iyileşmesine olan etkisi, bioadeziv yapısı, şelasyon etkileri ile EDTA'ya göre birçok avantaj sergiler ve alternatif irrigasyon solüsyonu olarak kullanılabilceği ortaya konmuştur (Shah ve ark., 2019).

2.5. Endodontik mikrocerrahide kullanılan retrograd dolgu materyalleri

Biyoseramiklerin ortaya çıkması, kök ucu dolgusu için mevcut materyal grubuna nispeten yeni ve potansiyel olarak umut verici bir katkı olmuştur.

2.5.1.Mineral trioksit agregat (MTA)

Mineral trioxide aggregate (MTA), Loma Lima Üniversitesi'nden Mahmoud Torabinejad tarafından 1993 yılında diş hekimliğine tanıtılmıştır (Lee ve ark., 1993). 1998 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Yönetimi (FDA) tarafından onaylanması ile hem deneysel hem de klinik olarak geniş çaplı kullanım alanı bulmuştur (Schwartz ve ark., 1999). MTA üzerine yapılan çalışmalar, iyi sızdırmazlık yeteceği olduğunu, uzun vadede mükemmel bir prognoz sunduğunu, göreceli olarak kolay bir manüplasyonu olduğunu ve biyouyumluluğunun yüksek olmasının yanı sıra aynı zamanda doku rejenerasyonunu teşvik ettiğini ortaya koymuştur (Parirokh ve Torabinejad , 2010).

MTA, ticari olarak farklı isimlerde bulunmaktadır: ProRoot MTA (Densply), White ProRoot MTA (Densply), MTA-Angelus (Solucos Odontologicas), MTA-Angelus Blanco (Solucos Odontologicas), MTA Bio (Solucos Odontologicas).

İlk olarak kök ucu dolgu materyali olarak kullanıma sunulmuş olan MTA, zamanla pulpa kapaklaması, perforasyon tamiri ve apikal bariyer oluşturma gibi çok çeşitli klinik uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamaların temelini MTA'nın biyouyumluluğu, iyi sızdırmazlık yeteceği , pulpa ve periapikal dokuların rejenerasyonunu artırma kapasitesi gibi özellikleri oluşturmaktadır. (Parirokh ve Torabinejad , 2010)

MTA'nın fiziksel ve kimyasal yapısı;

MTA, portland çimentosunun modifiye bir formudur. MTA'nın ağırlıkça %75 'ini Portland çimentosu oluşturur. İçeriğinde Portland çimentosundan farklı olarak bizmut oksit bulunur ve partikülleri daha küçük ve uniformdur. Temel bileşenleri; trikalsiyum silikat ($3CaOSiO_2$), trikalsiyum alüminat ($3CaOAl_2O_3$), dikalsiyum silikat ($2CaOSiO_2$) kalsiyum sülfat dihidrat ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$, alçıtaşı), tetra kalsiyum aluminaferrit ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) ve materyale radyopak özellik veren %20 oranında bizmutoksittir (Bi_2O_3) (Dammachke ve ark., 2005; Rao ve ark., 2009). Bu bileşim ince hidrofilik partiküllerden oluşan bir tozdur ve bileşenlerin su ile reaksiyona girmesiyle yaklaşık 3 saat içerisinde katılaşır ve sert bir yapıya dönüşen kolloid jel halini alır. Hidratlaşma reaksiyonunun ana ürünleri kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum

hidroksittir (Camilleri ve ark., 2005). Camilleri ve ark. (2005), MTA'yı silikat matris içinde bulunan kalsiyum hidroksit olarak tanımlamışlardır.

MTA piyasada Beyaz MTA ve Gri MTA olmak üzere iki farklı formda bulunur. Beyaz ve gri MTA içerik bakımından benzerlik gösterirler. Renkleşme problemlerini ortadan kaldırmak için 2002 yılında piyasaya sürülen Beyaz MTA 'anın yapısında terra kalsiyum aluminaferit daha düşük oranda yer almıştır (Asgary ve ark., 2005).

MTA için ortalama radyoopasite 7.17 mm kalınlıkta aluminyuma eş değer olarak bildirilmiştir ve bu değer IRM, Super EBA, amalgam ve gütä perkadan daha düşük olmasına rağmen radyografi olarak kolayca görülebilmesi için yeterlidir (Rao ve ark., 2009).

Su ile karıştırılan MTA'nın ilk pH değeri 10,2 olarak bildirilmiştir. Bu değer yükselerek 3 saat sonunda 12,5'e çıkar ve sabit kalır (Torabinejad ve ark., 1995). Bu değerler, kalsiyum hidroksitin pH'ı ile benzerlik gösterir. MTA ve kalsiyum hidroksit materyallerinin benzer alkali pH derecelerine sahip olması, her iki materyalin de sert doku oluşumunu indüklemeye özelliğini artırmakta ve materyallere antimikrobiyal özellikler kazandırmaktadır (Schwartz ve ark., 1999; Torabinejad ve ark., 1995).

Shipper ve ark. (2004), amalgam ile MTA'nın marjinal adaptasyonlarının karşılaştırdıkları çalışmada MTA'nın daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. MTA'nın sertleşme sırasındaki genişlemesinin, MTA'nın sergilediği üstün sızdırmazlık ve dentin adaptasyonu özelliklerinin nedeni olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Endodontide kullanılan materyaller sıklıkla periodonsiyum ile yakın ilişki içerisinde olduklarından biyolojik olarak uyumlu olmalı ve toksisite göstermemelidirler. Biyouyumluluk ve mutajenitenin araştırıldığı birçok çalışmada MTA'nın Super EBA, IRM ve amalgama kıyasla daha biyouyumlu bir materyal olduğu bildirilmiştir. (Parirokh ve Torabinejad, 2010)

MTA varlığında insan osteoblastlarının sitomorfolojisini ve sitoizin üretimini in-vitro olarak inceleyen Koh ve ark. (1998), materyalin kemik hücreleri için biyolojik olarak aktif substrat sağladığı ve interlökin üretimini uyardığını gözlemlemişlerdir. Bu

çalışmaya göre, MTA'nın kemik apozisyonuna katkıda bulunduğunu sonucuna varılmıştır.

Asgary ve ark. (2004), MTA, amalgam, Super EBA ve Diaket'in nöral hücreler üzerine toksisitesini araştırdıkları çalışmalarında, MTA haricindeki materyallerin nörotoksik özellik gösterdiklerini bulgulamışlardır. De Souza Costa ve ark. (2008), kalsiyum hidroksit ve gri MTA'nın pulpa hücrelerine sitotoksitesini değerlendirdikleri in vitro ve pulpotomi sonrası pulpal cevabın değerlendirildiği in vivo çalışmalarının sonucunda kalsiyum hidroksitin daha sitotoksik olduğu ve hücrelerde metabolik aktiviteyi gri MTA'ya kıyasla üç kat daha fazla düşürdüğünü bildirmişlerdir.

MTA kemik,dentin ve sement dokularının oluşumunu uyarır ve periapikal dokularda rejenerasyon potansiyeline sahiptir. Osteokondüktif,osteoindüktif ve sementojenik özellikleri taşır. Zarar görmüş segmentin tamiri,rejenerasyonu ve periapikal kemik efektlerinin iyileşmesi için gerekli olan lenfokinlerin,kemik bağlayıcı faktörlerin immün hücrelerden salımını uyarır (Economides ve ark., 2003).

Periodontal bağ dokusunda yerleşik temel hücreler fibroblastlardır. Gingival fibroblast,gingival bağ dokusunun bütünlüğünü korumakla görevli iken,periodontal ligament fibroblastları periodontal ligament liflerinin bütünlüğünü sağlamalarının yanı sıra komşu alveolar ligament ve segment dokusunun tamiri ve rejenerasyonunu içeren bazı özelleşmiş fonksiyonlara sahiptirler (Bartold ve ark., 2000). MTA periodontal ligament fibroblastlarını,osteojenik fenotip sergilemesi ve osteonektin ,osteopontin ve osteonidojen üretimi için uyarır (Bonson ve ark., 2004).

In vitro araştırmaların birçoğu MTA'nın,sert doku iyileşmesi sürecinde gerekli olan sitozin ve sinyal moleküllerinin üretimini teşvik ettiği konusunda hemfikirdir. MTA'nın ortamda bulunması, IL-1,IL-β,IL-2,IL-4,IL-6,IL-8,IL-10,IL-18,osteokalsin,alkalen fosfataz,kemik sialoproteini,osteopontin ve BMP-2 gibi birçok sitokin artmasına neden olduğu çeşitli hücre kültürü çalışmalarında gösterilmiştir. (Parirokh ve Torabinejad , 2010)

MTA'nın osteojenik aktivitesinin, materyalden salınan bol miktarda kalsiyum iyonunun ,biyolojik ortamdaki fosfat grupları ile etkileşime girip hidroksiapatit oluşturması ile ilgili olduğuna inanılmaktadır (Bozeman ve ark., 2006). Sarkar ve ark. (2005), yürüttüğü çalışmada sentetik doku sıvıları ile temasta olan MTA'nın yüzeyinde hidroksiapatit kristallerinin oluştuğu gözlenmiştir. MTA'nın bu yeteneği ona biyouyumluluğun yanı sıra aynı zamanda biyoaktif bir materyal özelliği de katmaktadır. Biyoaktivite bu bağlamda, MTA'nın inert olmadığını, kalsiyum salımı ve bunu takiben hidroksiapatit oluşumu ile sert doku oluşumunu teşvikte aktif rol oynadığını gösterir.

2.5.2. Ultraflow MTA

White-MTA Flow (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT) trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat ve tantal oksitten oluşan ve silikon içeren su bazlı bir jel ile karıştırılmış yeni bir malzemedir. Pulpa kuafajı, pulpotomi, perforasyon tamiri, rezorpsiyonlar, apeksifikasyon, apeksogenezis ve kök ucu dolgusu olarak klinik uygulamalarda kullanılması amacıyla geliştirilmiştir. MTA'nın ilk üretim şekli griydi ve radyo-pasifleştirici olarak bizmut oksit içeriyordu (Guimaraes ve ark., 2017). Bu yeni beyaz malzeme versiyonunda, üretimi için kullanılan ham toz rengi beyaz olarak değiştirildi ve olası diş renklenmelerini önlemek için tantal oksit kullanılmıştır. Malzemenin hidrasyonu için kullanılan su bazlı jel, malzemenin üç kıvamda kullanılma şekli ile muhafaza edilmiştir: 'ince', 'kalın' ve 'macun'. İlk ikisi şırıngalarda kullanılabilir, bu da bir klinik kullanım da dikkate alınacak yenilikçi bir taşıma yöntemidir. Bu taşıma yöntemi retrograd kaviteleredeki uygulamalar için çok avantajlıdır. White MTA Flow'un bu özelliği çalışmamızda tercih edilmesinde etkili olmuştur.

Üretici firma tarafından, White MTA Flow'un farklı toz/jel oranlarında elde edilebildiği, böylelikle pürüzsüz bir kıvama ulaşıldığı, endike alana yerleştirilmesinin kolay olduğu belirtilir (Guimaraes ve ark., 2017; Mondelli ve ark., 2019). Bu jeller, materyallerin basınç dayanımı gibi fiziksel özelliklerini geliştirerek sertleşme süresini ve poroziteyi azaltır (Formosa ve ark., 2014).

Yapılan araştırmalarda, ilk olarak White MTA Flow'un test edilen diğer MTA 'lara kıyasla benzer özellikler gösterdiğini ikinci olarak, bu yeni bileşimin bizmut oksit yerine tantal oksit kullanıldığında dişlerde renklenmeye neden olmadığını ortaya koymuştur.

Hidrofilik malzemeler kullanıldığında hücresel olarak onarımı başlatmak için alkali bir ortama ihtiyaç duyarlar. Pelepenko ve ark. (2021), çalışmalarında 28 günlük periyotlarda ProRoot MTA, Biodentine ve White MTA Flow materyallerinde pH değişimine bakmışlar ve zamanla önemli artışlar gözlemlenmesine rağmen aralarında Biodentin'in en düşük pH değerlerini gösterdiğini bulmuşlardır.

Bakteri penetrasyonuna karşı sızdırmazlık kabiliyetini sağlamak için materyaller uzun vadeli hacimsel stabilite sunmalıdır. ProRoot MTA ile karşılaştırıldığında White MTA Flow ve Biodentine benzer hacimsel kayıp göstermişlerdir (Pelepenko ve ark., 2021). White MTA Flow'un hacimsel stabilitesi nedeniyle retrograd kavitelere dolgu materyali olarak kullanılması bir avantaj olarak düşünülmektedir.

White MTA Flow toksisite açısından in vitro sitotoksosite deneylerinde Biodentine göre daha düşük orana sahiptir (Li ve ark., 2015). Biodentine, muhtemelen bileşimi ve çözünürlüğü nedeniyle, daha önceki bir çalışmada belirtildiği gibi daha yüksek sitotoksosite değerlerini göstermiştir (Silva ve ark., 2016). White MTA Flow materyalinin diğer materyaller ile karşılaştırarak in vivo biyouyumluluk çalışmaları yapılmalıdır.

2.5.3. Biodentine

2011 yılı başlarında Biodentine (Septodont,Niederkassel) yeni bir biyoaktif siman ve dentin tamamlayıcı malzeme olarak Alman Dental piyasasına girdi.Siman tozu esas olarak Portland simanın temel bileşenleri olan trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikat ile kalsiyum karbonat içermektedir. Bunun dışında zirkon dioksit kontrast madde olarak eklenmiştir. Sıvı kısmının içeriğinde su,kalsiyum klorür ve polikarboksilat bulunmaktadır. Simanın sertleşmesi sırasında kalsiyum hidroksit ve az miktarda silisyum serbestlenmektedir (Laurent ve Aubut , 2009; Pradelle-Plasse ve ark., 2009).

MTA ile benzer olarak Biodentine'in endikasyonu kök kanal ya da pulpa odası tabanı perforasyonlarının ve internal/external rezorpsiyonlarının tamiri, apeksifikasyon ve apikal rezeksiyonda retrograd dolgu ve rejenerasyon amacı ile bu siman kullanılabilir. Buna göre Biodentine derin çürük lezyonlarının tedavisinde (direk/indirek kuafaj,pulpotomi),servikal dolgu yapımında ve geçici dolgu maddesi olarak uygulanır.Biodentine pulpayı sert doku oluşturması için stimüle eder (Boukpepsi ve ark., 2009; Dammaschke, 2012).

Laurent ve ark. (2008), yapmış oldukları bir çalışmada Biodentine'in biyouyumluluğunu farklı in vitro testlerle incelemiştir. Sonuç olarak Biodentine'in biyouyumlu bir malzeme olduğunu ve sitotoksisite,genotoksisite ve mutajenite göstermediği gösterilmiştir. Bu siman hücre farklılaşmasını ya da özel hücre işlevlerini olumsuz etkilememektedir.

Hem gri hem de beyaz MTA'da arsenik,krom,kurşun gibi istenmeyen iz elementler bulunmuştur. Biodentine de bu üç elementin varlığı yönünden incelenmiş ve çok az miktarda tespit edilmiştir. Halbuki bu elementler,simüle edilmiş ve vücut sıvıları ile temastan sonra da minimum miktarda salınmıştır.Bu nedenle Biodentine,MTA ve diş hekimliğinde kullanılan diğer kalsiyum silikat simanlar bu iz elementlerin salınımı bakımından klinik açıdan güvenli olarak sınıflandırılabilir (Camilleri ve ark., 2012).

Trikalsiyum silikat Biodentine,MTA ve Portland simanın esas bileşenidir. Bu tür malzemelerin mevcut biyouyumluluğu yanında biyoaktif oldukları bilinmektedir. Biyoaktivite preparatın ya da malzemenin canlı doku üzerinde olumlu bir etkisi olduğu tanımlar. Bir malzeme insan hücreleri ile karşılıklı etkileşirse ya da hücreler üzerinde olumlu bir etkisi olursa biyoaktif olarak tanımlanır. (Cao ve Hench , 1996)

Biodentine'in biyoaktivitesine dayanarak in vitro olarak hücre ortamına siman eklendiğinde pulpa fibroblastlarının mineralizasyon çekirdekleri oluşturdukları kanıtlanmıştır. Bunun nedeni TGF-β1 serbestlanmesidir. Bu büyüme faktörü farklı doku türlerindeki pek çok tamir sürecinde regülatör olarak iş görmektedir. Biodentine,kalsiyum hidroksit ve MTA gibi materyaller hücreden TGF-β1 sekresyonunu belirgin bir şekilde arttırabilmektedir (Laurent ve ark., 2012).

Kalsiyum silikat içerikli simanlar (örneğin Biodentine gibi) fosfat içerikli vücut sıvıları ile temas ettiğinde yüzeyde hidroksil apatit kristalleri oluşturabilme yeteneğine sahiptir. Biodentine'den silisyum da salınır (Laurent ve Aubut , 2009). Sert dokunun madde dönüşüm süreçlerindeki tam işlevi belirsizdir. Ancak kemik mineralizasyonunun erken aşamalarında rol oynadığı düşünülmektedir. Aynı şekilde biyoaktif bir malzemeden salınan silisyum yeni kemik oluşumundaki gelişim hızını teşvik ettiği bilinmektedir. Buna dayanarak in vitro olarak demineralize edilmiş dentinin olmasını sağlayabilir (Saito ve ark., 2003).

Vickers sertlik derecesi (HV) sağlıklı insan dentininde 60-70 HV arasındadır. Biodentine'in Vickers sertlik derecesi malzemeyi karıştırdıktan 2 saat sonra 51 HV ve 1 ay sonunda 69 HV bulunmuştur (Pradelle-plasse ve ark.; 2009). Bu da dentin değerlerine yaklaşmıştır. Buna karşın ProRoot MTA'nın Vickers sertlik derecesi 40-60 HV arasındadır (Danesh ve ark., 2006).

Endodontik dolgu malzemeleri kök kanal sisteminin uzun vadeli doldurulmasında hem oral tarafta hem de periapikal alanda kök kanalını emniyete almalıdır. Biodentine malzemesi dentin üstünde uygulanırsa yüksek pH değeri ile dentinde alkali bağlanma oluşur ve dentin tübüllerinde Biodentine örgüleri oluşur. (mineral infiltrasyon alanı). Bu da dentin adeziv tekniğindeki hibrit ve adeziv uzantılarının oluşumu (tag) ile karşılaştırılabilir. Alkali bağlanma serbestlenen hidrasyon ürünlerinin kalsiyum silikat simanlara bağlanması yoluyla ortaya çıkar. Kollagen yapı bu şekilde dentin yüzeyinde dejenere olur. Bu dejenerasyon pöröz bir yapı oluşturur. Böylece Ca,OH,CO iyonları dentin içine doğru teşvik edebilir. Sonuçta bu alanda artmış mineralizasyon görülür. Çünkü Biodentine'den dentin yapısı içine mineral infiltrasyonu oluşmuştur (Atmeh ve ark., 2012).

Han ve Okiji (2011), yapmış oldukları çalışmada Biodentine ve MTA'yı fosfat ile tamponlanımı izotonik tuz çözeltisi varlığına (vücut sıvısı yerine) kök kanal duvarındaki dentinin kalsiyum ve silisyumu içine alması yönünden in vitro karşılaştırılmıştır. 30-90 gün sonra Biodentine örneklerinde simandan dentinin içine doğru kalsiyum ve silisyum alımı MTA gruplarından dikkat çekici şekilde kalsiyum ve silisyum içerikli kalın tabaka boyunca siman-dentin sınırında ortaya çıkmaktadır. Burada çıkabilecek sonuç apatit oluşumunun kenar sızıntısında azalmaya yol açtığıdır.

2.6. Bağlanma dayanımının ölçülmesinde kullanılan yöntemler

Kanal tedavisinin başarısında, uygulanan materyalin dentinle olan bağlantısının başarıyı doğrudan etkilediği keşfedildiğinden beri, bağlantının klinik ve laboratuvar olarak test edilmesi ihtiyacı doğmuştur. Klinik testlerin uygulanması zordur ve hasta üzerinde çalışmayı gerektirdiğinden pratik olarak bilgi almak mümkün olmayabilir. Bu konudaki in vitro çalışmalar ise hızlı sonuç elde edilmesi ve kliniğe ön bilgi sağlamaı açısından oldukça faydalıdır. Ancak kliniği tam olarak yansıtamamaları en büyük dezavantajlarıdır.

Bağlanma dayanımı, test edilecek materyalle dentin arasındaki bağlanmayı koparabilecek birim alana düşen kuvvettir ve megapaskal (MPa) cinsinden hesaplanır. Bağlanma dayanımı test edilirken uygulanan kuvvetin yönüne göre temel olarak üç test kullanılır (Van Meerbeek ve ark., 2010).

2.6.1. Makaslama (Shear bond strength)

Bu yöntemde kuvvet materyal ve dentinin bağlandığı ara yüzeye paralel olarak uygulanır ve bağlanmanın olduğu ara yüzeye kuvvet arasında bir moment kolu oluşur. Moment kolu 0,5 mm'den uzun olduğunda örneğin şeklinden ve moment kolunun uzunluğundan bağımsız sonuçlar almak mümkün olmamaktadır. Bu testin en büyük kısıtlaması ise kuvvet ucunun bağlanma ara yüzeyine paralel olarak ayarlanmasının zorluğudur. Tam bir paralellik sağlanmadığında devrilmeler oluşur ve bu durum testin güvenilirliğini olumsuz etkiler (Sudsangiam ve van Noort, 1999).

2.6.2.Gerilim (tensile bond strength)

Bu testte dentin üzerine uygulanmış olan materyal bir kanca yardımıyla sabit hızla çekilir. Dentin yüzeyi ve materyal aynı düzlemde olduğu için güvenilirliği daha yüksek olsa da homojen stres dağılımı elde etmek neredeyse olanaksızdır. Bunun nedeni ise elastik ve plastik deformasyonları farklı olan yüzeylerin bir araya getirilmesidir (Zhu ve ark., 2018).

2.6.3.Dışarı itme (push-out bond strength)

Dental materyallerin kök dentinine bağlanma dayanımını değerlendirmek için çekme bağlanma dayanımı (tensile bond strength), makaslama bağlanma dayanımı (shear bond strength) ve itme bağlanma dayanımı (push-out bond strength) testleri kullanılmaktadır. Bu testler içerisinde itme testinin daha güvenilir olduğu ve daha düşük bağlanma dayanımı değerlerini ölçebildiği için oldukça hassas bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Goracci ve ark., 2004).

İtme bağlanma dayanımı testlerinde materyal üzerine sabit hızda kuvvet uygulandığında dentin bağlanma ara yüzünde paralel kuvvet oluşmakta ve bağlanma dayanımı kliniğe en yakın koşullarda test edilebilmektedir (Drummond ve ark., 1996).

Bu teknikte elde edilen belirli kalınlıktaki dentin kesitlerinin ortasında önceden hazırlanmış olan belirli çaptaki kavite boşluğunun içerisine test edilecek materyallerin yerleştirilip universal test cihazına bağlanarak uygulanan kuvvet neticesinde meydana gelen bağlanma dayanımının ölçülmesi esas alınmıştır (Frankenberger ve ark., 2000). Oluşturulan numuneler test cihazına bağlanır ve kuvvet ucu dentin disklerinin ortasındaki endodontik materyale gelecek şekilde yerleştirilir, kuvvet ucu, kök kanal duvarına dokunmadan incelenecek olan materyalin neredeyse tamamını kaplayacak genişlikte olmalıdır ve sabit bir hızda kuvvet uygulanır. Bu yöntem, kök kanal materyallerinin bağlanmasını test etmek için kullanılmaktadır. Diğer testlere göre bu testin bazı avantajları vardır. Bu test yöntemi numuneler arasındaki küçük farklılıklara

ve kuvvet uygulanması sırasındaki kuvvet dağılımındaki değişikliklere karşı daha az hassastır ve numunelerin test için hizalaması kolaydır (Üngör ve ark., 2006).

Küçük çaplı paslanmaz çelik uç ile ittirilen kök ucu dolgu materyalini yerinden oynatmak için gerekli olan maksimum itme kuvveti Newton cinsinden kaydedilir ve bu değer bağlanma alanına (mm^2) bölünerek bağlanma dayanımı megapaskal (MPa) birimiyle ifade edilmektedir. Başka bir deyişle, push-out değeri, kuvvet ile kök ucu dolgu materyali ve kanal duvarı arasındaki yüzey alan hesaplanarak ölçülmektedir.

İtme bağlanma dayanımı testi, endodontik materyaller ile diş yapısı arasındaki bağlanma etkinliğini belirlemek üzere kullanılan popüler bir yöntem haline gelmiştir. Haller ve ark. (1991), push-out testinin etkili ve tekrarlanabilir olduğunu göstermiştir. Bu yöntemin bir başka avantajı da bağlanma dayanımı düşük olsa bile kök kanalında kullanılan materyallerin değerlendirilmesine izin vermesidir.



2.7. Konu ile İlgili Çalışmalar

Agarwal ve ark. (2019), 48 çekilmiş alt premolar diş üzerinde yaptıkları in vitro çalışmada şelasyon ajanlarının biyoseramik patlar üzerine etkisini incelemişler ve %0,2 kitosan, % 1 paretik asit ve %17 EDTA'yı kullanmışlardır. Smear tabakası uzaklaştırma etkinliğini en yüksek %0,2 kitosan grubunda bulmuşlardır. Bağlanma kuvvetinin en yüksek kitosan grubunda ve daha sonra parasetik asit grubunda olduğunu belirtmişlerdir.

Shah ve ark. (2019), retrograd dolgu materyallerinin (MTA Plus, Biodentine) mikrosızıntısını değerlendirdikleri in vitro çalışmada 60 adet tek köklü diş kullanmışlardır. Konfokal lazerde %1 fitik asit, %17'lik EDTA ve % 0,2 kitosan şelasyon ajanlarının etkinliğini incelemişler ve en yüksek mikrosızıntının %17 EDTA-MTA plus grubunda olduğunu belirtmişlerdir.

Kamble ve ark. (2017), smear tabakasının eliminasyonunu değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında 40 adet çekilmiş alt premolar diş kullanmışlardır. Dişlere son yıkama ajanı olarak kitosan ve EDTA ajanlarını uygulamışlardır. Daha sonra dişleri uzun eksene paralel olarak kesmişler ve test solüsyonu içinde taramalı elektron mikroskopunda incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda %0,2 kitosanın %17 EDTA'ya kıyasla daha fazla smear tabakası uzaklaştırdığını bildirmişlerdir.

Silva ve ark. (2013), çekilmiş dişler üzerinde yaptıkları çalışmalarında dentin üzerindeki mikrosertlik ve smear tabakasının eliminasyonu ile ilgili EDTA, kitosan, asetik asit ve sitrik asit kullanmışlardır. İrrigasyon uygulandıktan sonra dişlerin orta ve apikal uçlülerinden alınan kesitleri taramalı elektron mikroskopunda incelemişlerdir. Çalışmalarında % 0,2 kitosanın smear tabakasının eliminasyonunda ve dentininin mikrosertliğini azaltmada %15 EDTA asit ile eşit derecede etkili olduğunu bulmuşlardır.

Penumaka ve ark. (2019), 80 adet çekilmiş diş üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında smear tabakasının uzaklaştırmak için % 0,2 kitosan, % 0,2 karboksimetil kitosan ve %17 EDTA kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda kitosan,karboksimetil kitosan ve EDTA'nın smear tabakasını eşit derecede uzaklaştırdığını ancak biyolojik avantajlarından dolayı smear tabakasının uzaklaştırmak için kitosanın %17 EDTA'ya alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Göktürk ve Özkoçak (2022), dolgu materyali ve şelasyon ajanlarının bağlanma dayanımını önemli ölçüde etkilediğini bulmuşlardır. EDTA, maleik asit ve AgNPs-kitosan ile yaptıkları çalışmada EDTA grubunun diğer şelasyon ajanlarına göre daha düşük bir bağlanma dayanımı gösterdiğini bulmuşlardır. (P <0,05) Ayrıca, MTA Flow ve MTA Angelus'un EDTA ile kullanıldığında MTA Repair HP'ye göre daha iyi bağlanma dayanımı değerleri sunduğunu gözlemlemişlerdir. (P <0,05). Bulgular, EDTA'nın incelenen dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını azalttığını göstermiştir.

2.8. Çalışmanın Amacı

Son yirmi yılda dental mikroskop, mikro enstrümanlar, ultrasonik uçlar, smear tabakasını elimine edici ajanlar ve biyolojik olarak daha üstün kabul edilen kök ucu dolgu materyallerinin tanıtılmasıyla “Endodontik Cerrahi” kavramı yerini “Mikro Endodontik Cerrahi”ye bırakmıştır. Materyallerin her geçen yıl geliştirilmesi ile yeni araştırmalar ve bu materyallerle ilgili karşılaştırılmalı analizler yapılmaktadır. Apikal cerrahide biyouyumlu, organik ve smear tabakası uzaklaştırma etkinliği yüksek materyaller son yıllarda kullanılmaktadır. Çalışmamızda da kullandığımız kitosan; apikal bölgede retrograd kavite açımı sırasında oluşan smear tabakasını uzaklaştırmada etkin aynı zamanda organik bir materyaldir. Çalışmamızdaki amaç, farklı şelasyon ajanlarının (kitosan, EDTA) ve kontrol grubu olarak serum fizyolojinin smear tabakasını uzaklaştırıp kalsiyum silikat esaslı materyallerin (MTA Angelus, MTA Flow) bağlanma dayanımına olan etkisinin push out testi ile değerlendirilmesidir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışma için Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu nun 24.01.2022 tarihli 03/02 sayılı onayı ile yapıldı. Periodontal ve protetik nedenlerle çekilmiş 90 adet maksiller anterior diş çalışmada kullanmak amacıyla toplandı. Çekilen dişlerin kök yüzeylerindeki sert ve yumuşak doku artıkları periodontal küret (Hu-Friedy Gracey #12-14, USA) yardımıyla uzaklaştırıldı. Dişler, deney aşamasına kadar %1 lik timol içerisinde saklandı. Standardizasyonu sağlamak için düz ve tek köklü, çürük ve restorasyon bulunmayan, kök gelişimi tamamlanmış dişler çalışmaya dahil edildi. Dişler x12 büyütme altında steromikroskop (M3Z; Leica Microsystem Wetzlar, Germany) ile incelenerek kök yüzeyi ve kök ucunda kırık, çatlak olan dişler çalışma dışı bırakıldı. Daha sonra internal rezorpsiyon ve kalsifikasyon bulunan dişleri elimine etmek amacıyla periapikal radyografiler alındı. İncelemelerden sonra toplam 84 adet maksiller anterior diş çalışmada kullanılmak üzere seçildi. Dişlerin kuronları mine-sement sınırının 3 mm üzerinden olacak şekilde dijital kumpas kullanılarak ölçüldü ve işaretlendi. Kök boyunun standardizasyonunu sağlamak ve düz bir referans hattı elde etmek amacıyla dişlerin kuronları bu işaretlenen noktadan su soğutması altında hassas kesim cihazı (Microcut, Metkon; Bursa, Türkiye) kullanılarak uzaklaştırıldı (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Hassas kesim cihazı ile dişlerin kuron bölümlerinin uzaklaştırılması

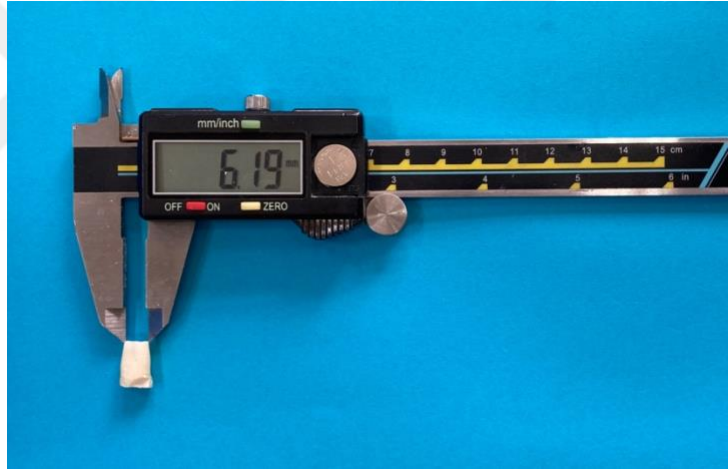
3.2. Grupların hazırlanması

Çalışmamızda dişler ; her grupta 28 diş olacak şekilde üç ana gruba ayrıldı. Şelasyon ajanları olarak ; Grup 1 de % 0,2 kitosan (Sigma; Aldrich), Grup 2 de %17 EDTA (Microvem, Istanbul, Turkey) ve kontrol grubu olarak Grup 3 te ise % 0.9 serum fizyolojik kullanılmıştır. Ayrılan gruplar kullanılacak dolgu materyallerine göre her grupta 14 diş olacak şekilde iki alt gruba ayrıldı. (Çizelge 3.1.)

	MTA (Angelus)	MTA Flow (Ultradent)
% 0,2 'lik Kitosan	14	14
%17'lik EDTA	14	14
% 0,9 Serum Fizyolojik	14	14

Çizelge 3.1.Grupların belirlenmesi

Gruplar belirlendikten sonra dişlere kök kanal tedavisi başlandı. Giriş kaviteleri açıldı ve kanal içerikleri tirnerf ve kanal eğeleri yardımı ile uzaklaştırıldı. Kanalların koronal bölümünde ProTaper Universal SX nikel titanyum döner eğesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kullanılarak ön genişletme yapıldı. #10 numaralı K tipi eğeler (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ile kanal açıklığı kontrol edildi. Daha sonra Protaper Universal döner eğeler ile kanallar #30.06 olacak şekilde genişletme yapıldı. Her eğe arasında sırasıyla %5.25 sodyum hipoklorit (NaOCl) (Microvem, Istanbul, Turkey), %17 EDTA (Microvem, Istanbul, Turkey) ve son irrigasyon olarak serum fizyolojik kullanıldı. Ana kon pat ile beraber uygulandıktan sonra lateral kondenzasyon ile dolum yapıldı. Daha sonra kökün çapı ortalama 6-7 mm olacak şekilde dişlerin kök ucu rezeke edildi. (Şekil 3.2.) Dişler 37⁰ C' de %100 nemli bir ortam sağlayan etüv cihazında bekletildi.

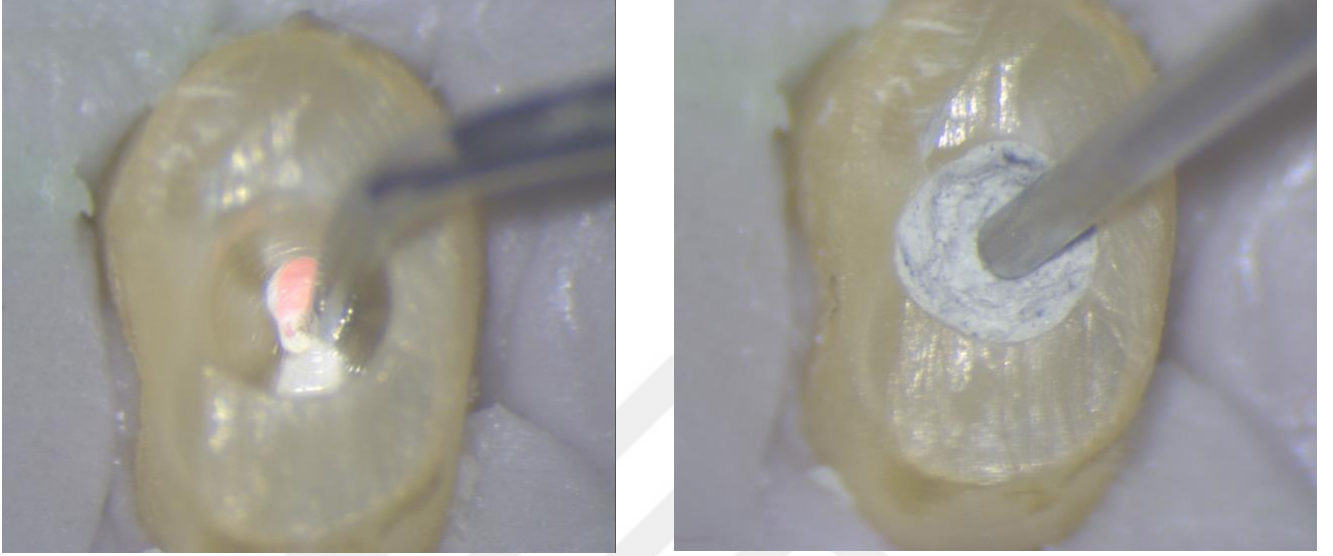


Şekil 3.2: Kök ucu çapının standardizasyonunu sağlamak için çapların dijital kumpas ile ölçülmesi

3.2.1. Retrograd kavite hazırlığı

Kök ucu kesilen örnekler, preparasyon için hazırlandı. Retrograd kavite preparasyonu için ultrasonik uçlar (E10) (Woodpecker; Poland) kullanıldı. Kökün uzun eksenine paralel, kök içinde ortalananmış 3 mm deriliğinde kök ucu kavitesi açıldı. (Şekil 3.3.) Kaviteler açıldıktan sonra oluşan smear tabakasının eliminasyonu için iki

şelasyon ajanı (% 0,2 kitosan ve %17 EDTA) ve kontrol grubu serum fizyolojik kullanıldı.



Şekil 3.3: Endodontik mikroskopta x40 büyütme altında retrograd kavite açılımı ve dolgu materyali yerleştirilmesi

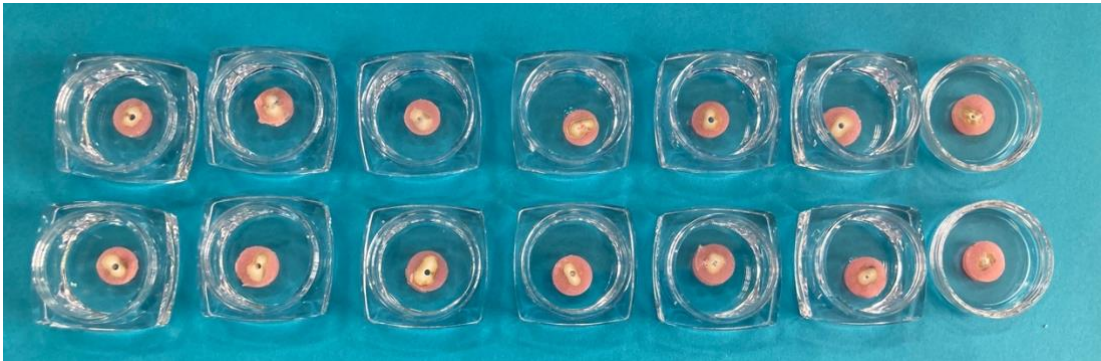
Şelasyon ajanları ve serum fizyolojik bir bonding aplikatörü yardımıyla tüm kavite duvarlarına uygulandıktan sonra dolgu materyalleri uygun bir plugger yardımıyla kaviteye yerleştirildi. (Şekil 3.3) Çalışmamızda retrograd dolgu materyali olarak MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya), MTA Flow (Ultradent Endo-eze, South Jordan) kullanıldı. (Şekil 3.4.) İşlem tamamlandıktan sonra tüm örnekler 37⁰ C'de %100 nemli ortam sağlayan etüv cihazında bekletildi.



Şekil 3.4: Çalışmamızda kullanılan dolgu materyalleri MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya), MTA Flow (Ultradent Endo-eze , South Jordan)

3.3. Örneklerin Push-out testi ile değerlendirilmesi

Dişlerin apikalinde dolgu materyalinin yerleştirildiği bölgede 3 mm kalınlığında kesit olacak şekilde işaretleme yapıldı. Çalışmamızda her bir örnek numaralandırılarak soğuk akril ile kalıplar içerisine yerleştirildi. Örnekler kalıplardan çıkarıldıktan sonra diş kökünden işaretlenen bölgelerden düşük devirde dönen (250-300rpm) su soğutmali kesme cihazında (Microtome, Mecatom T180; Presi SA, Angonnes, France) 0.5 mm kalınlığında elmas disk kullanılarak kesitler alındı.



Şekil 3.5: Kitosan – MTA flow grubuna ait kesitlerin deney sonrası görüntüleri

Her kökün apikal kısmından kök uzun eksenine dik yönde 1 adet, 2 mm kalınlıkta dentin diski elde edildi. (Şekil 3.5.) Kesim işlemi, hassas kesme cihazının sınırlamaları dahilinde, istenen boyutlara en az kayıpla ulaşılabilecek şekilde ayarlanarak gerçekleştirildi. Kesitlerin kalınlığı dijital kumpas ile ölçülerek teyit edildi. (Şekil 3.6.)



Şekil 3.6: Apikal bölgeden alınan kesitlerin kalınlığının kumpas ile ölçümü

Alınan kesitler daha sonra push-out bağlanma dayanımı testine yerleştirildi. Yükleme universal test cihazında (Lloyd LRX; Lloyd Instruments Ltd ,Fareham ,UK) yapıldı. 0.9 ve 1 mm çapındaki iki farklı itici uç kullanıldı (Şekil 3.7.) ve sadece dolgu materyalleri ile teması sağlandı. (Şekil 3.8.) İtici uç kesitlerdeki dolgu materyallerine dik yönde kuvvet uygulandı ve materyali ile dentin arasında kopma gerçekleşene kadar 1mm /dk sabit hız ile uygulandı. Kuvvet Nexygen data-analiz software (Lloyd LRX) kullanılarak kayıt edildi.



Şekil 3.7: 0.9 mm çapındaki itici uç



Şekil 3.8: Bağlanma dayanımında kullanılan push -out cihazı

3.4. Kırılma Tiplerinin Analizi

Kırılma sonrası bütün örneklerin kırılma yüzeyleri stereo motorize araştırma mikroskobu (Nikon SMZ25, Nikon Ltd, Tokyo, Japan) ile 1.00X, 3.00X ve 7.00X büyütme altında incelendi. İnceleme sonrası örneklerin kırılma tipleri belirlenerek kaydedildi. Elde edilen veriler yüzde (%) olarak değerlendirildi. Kırılma tipi aşağıdaki sınıflamaya göre belirlendi;

Adeziv tip kırılma: Kırılmanın siman ve dentin arasındaki adeziv tabaka içerisinde olduğu kırılma tipi.

Koheziv tip kırılma: Kırılmanın tamamen siman içerisinde olduğu kırılma tipi.

Karışık (Mikst) tip kırılma: Bir örnek içerisinde adeziv ve koheziv tip kırılmanın birlikte görüldüğü kırılma tipi (Guneser ve ark., 2013).

3.5. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada verilerin analizinde SPSS 11.5 (SPSS Inc, Armonk, NY, ABD) paket programından kullanılarak yapıldı. Gruplara göre Push out bağlanma dayanımı ölçümlerinin karşılaştırılmasında ‘Çift Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapıldı.

Verilerde tanımlayıcı olarak nicel değişkenler için ortalama±standart sapma ve ortanca (minimum-maksimum), nitel değişkenler için ise diş sayısı (yüzde) kullanıldı.

Nicel değişken bakımından iki kategoriye sahip nitel değişkenin kategoriler arasında fark olup olmadığına, normal dağılım varsayımları sağlanıyorsa Student-t testi, sağlanmıyorsa Mann Whitney U testi kullanılarak bakıldı. İki nitel değişken arasındaki ilişki incelenmek istendiğinde ise Ki-kare ve Fisher exact testleri kullanıldı.

Sonuçlar yorumlanırken anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanılmış olup; $p \leq 0,05$ olması durumunda anlamlı bir farklılığın olduğu, $p > 0,05$ olması durumunda ise anlamlı bir farklılığın olmadığı belirtildi.

4. BULGULAR

Retrograd kaviteelerde farklı şelasyon ajanlarının dolgu materyallerinin bağlanma dayanımına etkisini değerlendirdiğimiz çalışmamızın bulguları Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 te görülmektedir.

Çizelge 4.1 de 84 diş için elde edilen bağlanma dayanımlarının ortalama uzunluk ölçümleri, standart sapmaları ve ölçümlerin minimum ile maksimum değerleri verilmiştir.

GRUP	Sayı	Ortalama \pm SS	Ortanca (Min-Maks)
Deney grupları (Toplam)	84	39,04 \pm 30,20	32,38 (1,94-141,05)
Kitosan-MTA A.	14	26,88 \pm 14,49	25,14 (8,98-48,15)
Kitosan- MTA F.	14	79,30 \pm 35,80	56,22 (42,99-141,05)
EDTA-MTA A.	14	26,20 \pm 6,99	29,35 (8,13-32,88)
EDTA- MTA F.	14	54,02 \pm 14,23	54,06 (37,64-90,68)
Serum F.-MTA A.	14	4,91 \pm 2,15	5,11 (1,94-10,58)
Serum F.- MTA F.	14	42,92 \pm 22,20	33,39 (10,79-80,73)

SS:Standart Sapma, Min:Minimum, Maks:Maksimum

Çizelge 4.1: Deney gruplarının ve dolgu materyallerinin bağlanma dayanımı ile elde edilen ölçümlerin ortalamaları, standart sapmaları ve minimum maksimum değerleri

Serum F.-MTA Angelus, Serum F.- MTA Flow, EDTA-MTA Angelus, EDTA-MTA Flow, Kitosan-MTA Angelus ve Kitosan-MTA Flow uygulanan dişlerde bağlanma değerleri arasında fark saptanmıştır ($p < 0,001$).

Serum fizyolojik grubunda MTA Angelus ile MTA Flow maddeleri arasında fark saptanmıştır ($p<0,001$). Serum F.- MTA Flow uygulanan dişlerde bağlanma değerleri Serum-MTA Angelus grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. (Çizelge 4.2.)

GRUP	Sayı	Ortalama \pm SS	Ortanca (Min-Maks)	P Değeri
Deney grupları	28			$p<0,001$
Serum F.-MTA A.	14	4,91 \pm 2,15	5,11 (1,94-10,58)	
Serum F.- MTA F.	14	42,92 \pm 22,20	33,39 (10,79-80,73)	

Çizelge 4.2: Serum fizyolojik grubunda dolgu materyallerinin bağlanma değerlerinin karşılaştırılması

EDTA grubunda MTA Angelus ile MTA Flow dolgu maddeleri arasında fark saptanmıştır ($p<0,001$). EDTA - MTA Flow uygulanan dişlerde bağlanma değerleri EDTA-MTA Angelus grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. (Çizelge 4.3.)

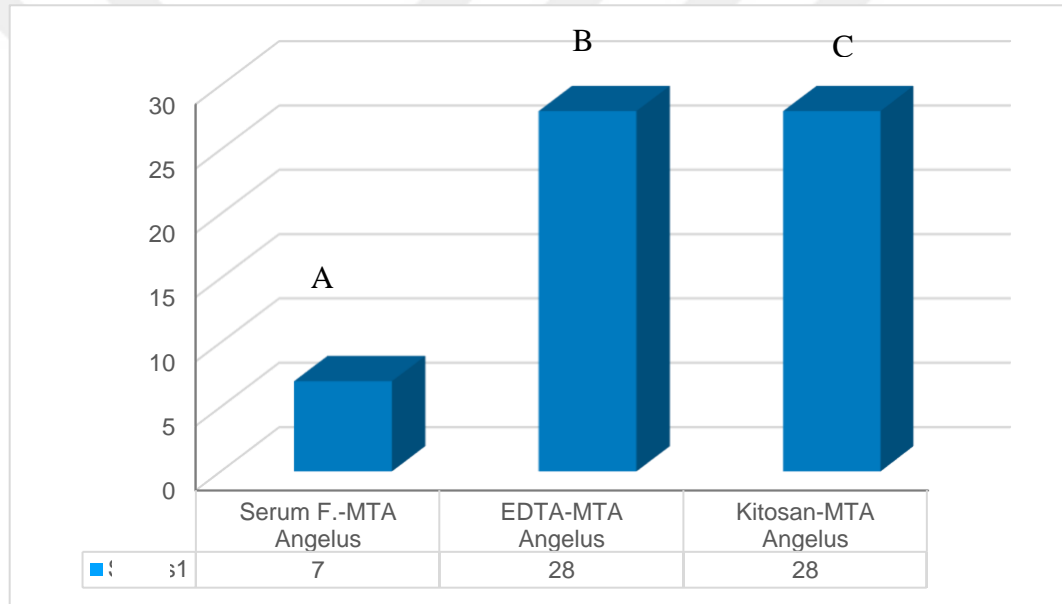
GRUP	Sayı	Ortalama \pm SS	Ortanca (Min-Maks)	P Değeri
Deney grupları	28			$p<0,001$
EDTA-MTA A.	14	26,2 \pm 6,99	29,35 (8,13-32,88)	
EDTA- MTA F.	14	54,02 \pm 14,23	54,06 (37,64-90,68)	

Çizelge 4.3: EDTA grubunda dolgu materyallerinin bağlanma değerlerinin karşılaştırılması

Kitosan grubunda MTA Angelus ile MTA Flow maddeleri arasında fark saptanmıştır ($p<0,01$). Kitosan-MTA Flow uygulanan dişlerde bağlanma değerleri Kitosan-MTA Angelus grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. (Çizelge 4.4.)

GRUP	Sayı	Ortalama± SS	Ortanca (Min-Maks)	P Değeri
Deney grupları	28			
Kitosan-MTA A.	14	26,88 ± 14,49	25,14 (8,98-48,15)	p<0,001
Kitosan- MTA F.	14	79,3 ± 35,8	56,22 (42,99-141,05)	

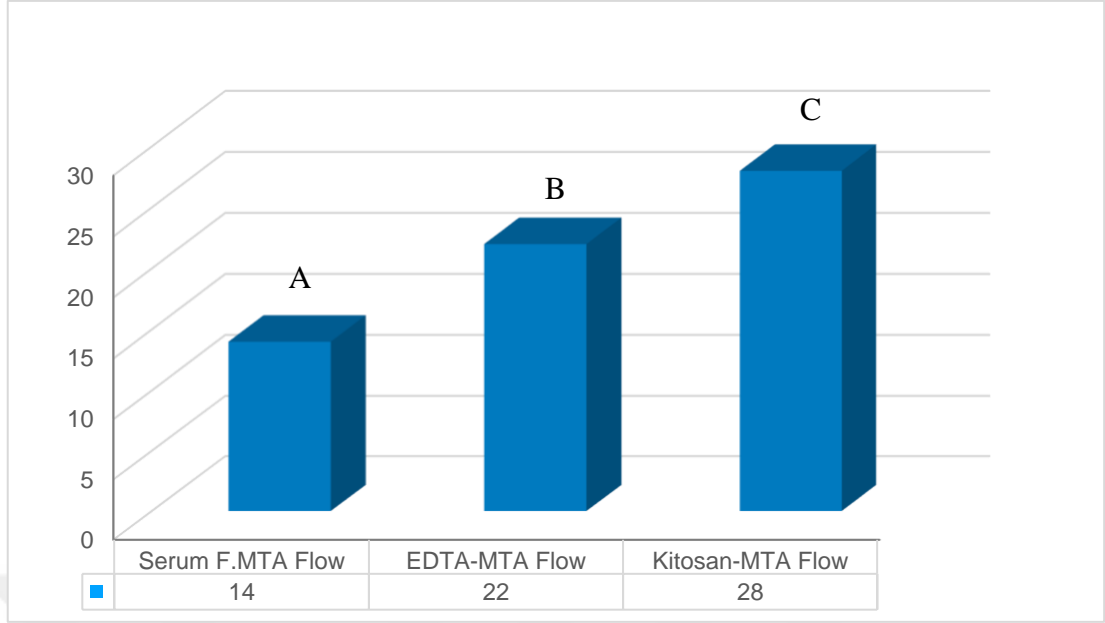
Çizelge 4.4. Kitosan grubunda dolgu materyallerinin bağlanma değerlerinin karşılaştırılması



*a-b p<0,001 b-c p>0,05
a-c p<0,001

Şekil 4.1: MTA Angelus dolgu materyalinde şelasyon ajanlarının bağlanma değerleri

Çalışmamızda kullanılan MTA Angelus dolgu materyalinde EDTA ve Kitosan şelasyon ajanları kontrol grubu serum fizyolojik ile karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur (p<0,001). Ancak EDTA ve kitosan şelasyon ajanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,05). (Şekil 4.1.)



*a-c $p < 0,001$ a-b ve b-c $p > 0,05$

Şekil 4.2: MTA Flow dolgu materyalinde şelasyon ajanlarının bağlanma değerleri

Çalışmamızda kullanılan MTA Flow dolgu materyalinde; kontrol grubu serum fizyolojik kitosan şelasyon ajanı ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,001$). (Şekil 4.2.) Kitosan grubunda bağlanma değerleri anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Ancak kontrol grubu ile EDTA arasında ve EDTA ile kitosan grubu arasında rakamsal olarak fark olmasına karşın istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Stereomikroskop Analizi Bulguları

Push out testleri sonrasında 84 örnek stereo motorize mikroskopta incelenerek kırılma tipleri ve şekilleri kaydedildi. (Çizelge 4.5.) Örneklerin stereo motorize mikroskopta incelenmesinden sonra adeziv kopma tipi, retrograd kavitelere serum fizyolojik uygulanan MTA Angelus grubunda en yüksek oranda gözlemlendi. (Çizelge 4.6.) Koheziv kopma tipi, açılan retrograd kavitelere kitosan şelasyon ajanı uygulanan MTA Flow grubunda en yüksek oranda gözlemlendi. (Çizelge 4.7.)

GRUPLAR	Adeziv	Koheziv	Miks
Kitosan- MTA Flow	2	10	2
Kitosan-MTA A.	6	3	5
EDTA-MTA A.	7	2	5
EDTA -MTA Flow	5	4	5
Serum F.- MTA Flow	8	2	4
Serum F.-MTA A.	10	0	4

Çizelge 4.5: Kırık tiplerinin gruplara göre dağılımı

GRUPLAR	Adeziv Sayı(%)	Koheziv Sayı(%)	Miks Sayı(%)	
Kitosan-MTA F.	2 %14,3	10 %71,4	2 %14,3	P<0,027
EDTA-MTA F.	5 %35,7	4 %28,6	5 %35,7	
Serum F.-MTA F.	8 %57,1	2 %14,3	4 %28,6	

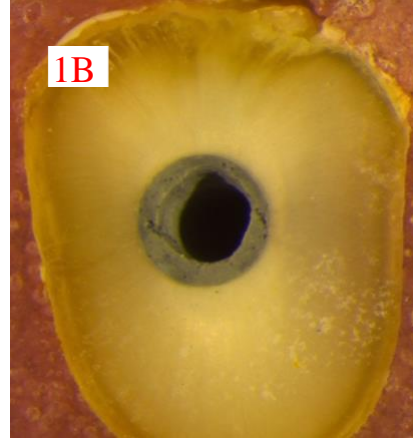
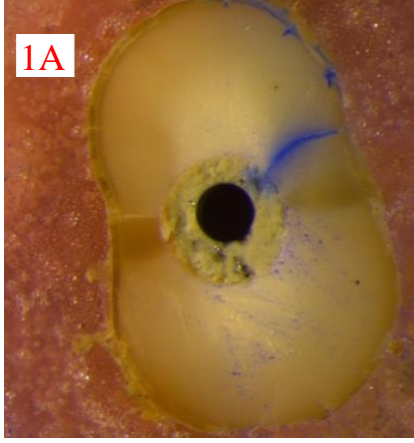
Çizelge 4.6: MTA Flow dolgu materyalinde kırık tiplerinin şelasyon ajanlarına göre dağılımı

GRUPLAR	Adeziv Sayı(%)	Koheziv Sayı(%)	Miks Sayı(%)	
Kitosan-MTA A.	6 %42,9	3 %21,4	5 %35,7	P>0,05
EDTA-MTA A.	7 %50	2 %14,3	5 %35,7	
Serum F.-MTA A.	10 %71,4	0 %0	4 %28,6	

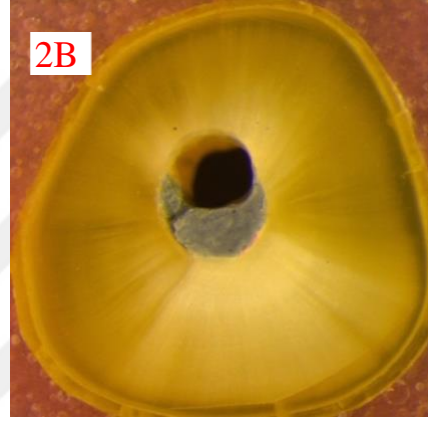
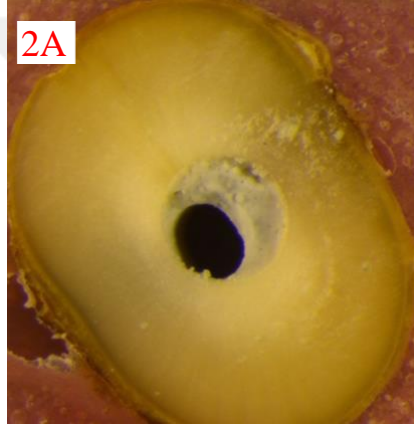
Çizelge 4.7: MTA Angelus dolgu materyalinde kırık tiplerinin şelasyon ajanlarına göre dağılımı

MTA ANGELUS

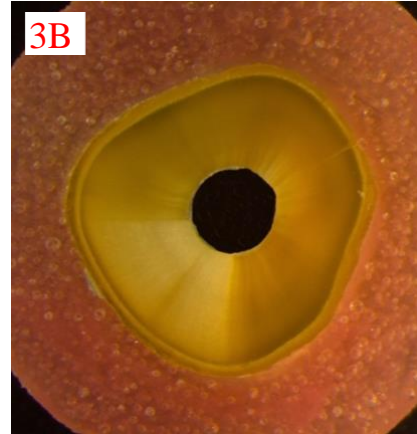
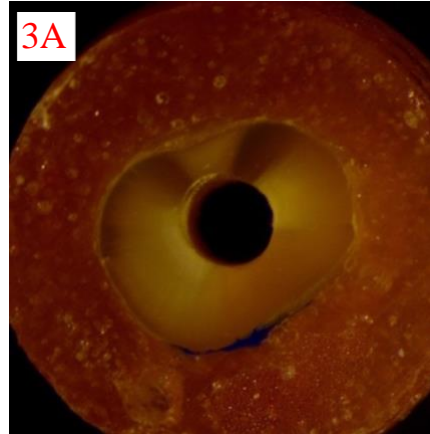
MTA FLOW



KOHEZİV



MİKS



ADEZİV

Şekil 4.3. Kırık tiplerinin stereomikroskop görüntüleri

1,2 ve 3 no'lu kesitler sırasıyla koheziv ,miks ve adeziv kırılma tipini göstermektedir. MTA Angelus grubu A, MTA Flow grubu ise B olarak isimlendirilmiştir. (Şekil 4.3.)

5. TARTIŞMA

Kök kanal dentini ile endodontik dolgu materyalleri arasındaki bağlanma dayanımı, araştırmalarda sıklıkla kullanılan ve güvenilir bir yöntem olan push out testi ile değerlendirilmektedir. Biz de çalışmamızda retrograd dolguların bağlanma dayanımını test etmek amacıyla push out yöntemini tercih ettik. Push out bağlanma dayanımı testi, dolgu materyallerinin kök kanalına bağlanma gücünü tam olarak yansıtmasa da dentin ile irrigasyon solüsyonları ve dolgu materyalleri arasındaki etkileşimler hakkında çok önemli veriler sağlayan bir ölçümdür. Bu testin gerilim ve makaslama testlerine göre avantajı örnekler arasındaki küçük değişikliklere ve yük uygulanması sırasındaki stres dağılımındaki varyasyonlara daha az hassas olması ve örneklerin test için yerleştirilmesinin kolay olmasıdır (Skidmore ve ark., 2006).

Geleneksel endodontik tedavinin, vakaların yaklaşık %90'ında başarılı olduğu bildirilmiştir. Ancak geleneksel endodontik tedavinin başarısız olduğu durumlarda, iyileşmeyen periradiküler patolojilerde, yeniden tedavinin mümkün olmadığı durumlarda cerrahi tedavi tercih edilen bir yöntemdir (Boioli ve ark., 2001) .

Von Arx ve ark. (2012), endodontik mikrocerrahi tedavisi uygulanan dişlerde 5 yıllık başarının % 75,9 olduğunu 1 yılda gözlemlenen başarının % 83,8 olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada Song ve ark., 10 yıl sonraki başarı oranını % 85 olarak bildirmişlerdir (Song ve ark., 2012).

Endodontik mikrocerrahide aşamalar; enfekte dokunun küretajı, enfekte olmuş veya zarar görmüş kök apeksinin rezeke edilmesi ve kök kanal sistemi ile periapikal dokular arasındaki sızıntıyı önlemek için bir retrograd dolgu materyali yerleştirilmesinden oluşur (Gutmann, 2014).

Kim ve Kratchman (2006) , apikal dallanmaların % 98'ini ve lateral kanalların % 93'ünü içerdiği için kök ucunun en az 3 mm çıkarılmasını önermiştir. Ayrıca 3 mm'den daha az kök ucu rezeksiyonunun tüm yan kanalları ve apikal dallanmaları ortadan kaldırmadığını, bunun da yeniden enfeksiyon ve nihai başarısızlık riski oluşturduğunu öne sürmüşlerdir. Miktarın yanı sıra, kök rezeksiyonu sırasında kesit düzlemi de

düşünülmelidir. İdeal olarak, dişin uzun eksenine mümkün olduğunca dik olan eğim (0°) kök uzunluğunu korur ve daha az dentin tübülünü açığa çıkarır. Böylece çevreye açılan tübül sayısı azalır, bu da daha az mikrosızıntıya neden olur. Literatürde yapılan çalışmalar rehberliğinde çalışmamızda daha az tübül sayısı çıkararak ve lateral kanallar ve apikal dallanmaları elimine etmek amacı ile kökün uzun eksenine dik 3 mm kök ucu rezeksiyonu yapılmıştır.

Ultrasonik uçların son zamanlardaki gelişimiyle, döner tip frez preparasyonlarının büyük eksikliklerinin giderildiğini, ayrıca ultrasonik uçların çok küçük boyutunun, kökün uzun eksenini boyunca konservatif Sınıf I kavite preparasyonları yapmasını ve apikal kök yapısını zayıflatmadan preparasyonu bukkolingual olarak ve isthmus boyunca uzatmasını sağladığı belirtilmiştir (Bernardes ve ark., 2007). Ultrasonik uçlarla hazırlanmış kök ucu kavitesi ile mikro motora bağlı frezle hazırlanmış kavite karşılaştırıldığında ultrasonik uçlarla daha koruyucu kavite hazırladığı gösterilmiştir (de Lange ve ark., 2007). Ultrasonik uçla hazırlanan kavite, kökün uzun eksenini boyunca yer alır ve kök kanal morfolojisine uyumludur. Ultrasonik uçlarla hazırlanan kavite frezle hazırlanan kavitelere göre daha konservatiftir. Ayrıca, ultrasonikle hazırlanan kavitelere elde edilen kesme eğimi, kökün uzun eksenine diktir. Bu sebeple rezeke edilen yüzeyde daha az dentin tübülü açığa çıkmakta ve böylece mikrosızıntı da en aza indirilmektedir (Bernardes ve ark., 2007).

Ultrasonik uçların dezavantajı olarak dentinde çatlak oluşumuna sorumlu oldukları görülmüştür. Ultrasonik sistem, düşük-orta güç ayarında (% 40) çalıştırıldığında ve elmas kaplı uçlar kullanıldığında mikro çatlak oluşumunda azalma olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Khabbaz ve ark., 2004; Taschieri ve ark., 2004). Ultrasonik uçlarla hazırlanan kavitelere daha az smear tabakasının oluştuğunu gösteren çalışmalar rapor edilmiştir (Ishikawa ve ark., 2003). Retrograd kavitede daha az smear tabakasının oluşması retrograd dolgunun kavite duvarlarına adaptasyonu artırır bu da bağlanmanın daha iyi olmasına sağlar (Rosales Leal ve ark., 2011). Rapor edilen bilgilere göre çalışmamızda ultrasonik uçlar kullanılarak retrograd kavite hazırlığı gerçekleştirilmiştir.

Kök kanallarının şekillendirilmesi ve dezenfeksiyonu kök kanal tedavisinin en önemli basamağıdır. Sadece mekanik preparasyon ile kök kanal sistemindeki patojen mikroorganizmaları ve toksik iritanları elimine etmek mümkün değildir. Kanalların el aleti veya mekanik olarak preparasyonunda dentin yüzeyinde oluşan düzensiz, amorf yapı smear tabakası olarak adlandırılır. Smear tabakası organik ve inorganik bileşenlerden oluşur. Kimyasal olarak yapılan irrigasyon işlemi, kök kanal sisteminin organik ve inorganik debrislerinin kök kanalından uzaklaştırılması ve dezenfeksiyonu için gereklidir (Vivacqua-Gomes ve ark., 2002; Khedmat ve Shokouhinejad, 2008).

Kanalların ortograd preparasyonlarında olduğu kadar retrograd kavite preparasyonlarında da smear tabakası oluşmakta ve bu tabaka dolgu materyallerinin bağlanmasında sorun oluşturmaktadır. Ayrıca cerrahi alanın çok küçük olması ve kök ucu rezeksiyonunun kökün uzun eksenine dik açı ile gerçekleştirilmesi bölgede oluşabilecek smear tabakasının eliminasyonunu daha güçleştirebilmektedir. Bu nedenle smear tabakasının rezeksiyon sonrası bazı ajanlarla elimine edilmesi fikri endodontik cerrahide ön plana çıkmıştır.

Öte yandan endodontik materyallerin bağlanması üzerindeki etkisinden dolayı smear tabakasının uzaklaştırılması veya korunması endodontistler arasında tartışmalıdır. (Hegde ve Bapna, 2016) Smear tabakası, kanal içi medikamanların ve dezenfektan ajanların dentin tübülüne girmesini engelleyebilir ve endodontik materyallerin kanal duvarına adaptasyonunu etkileyebilir. Bu yüzden, kök kanal sisteminin kapsamlı dezenfeksiyonunu ve dolgu malzemelerinin kanal duvarlarına adaptasyonunu iyileştirmek için smear tabakasını ortadan kaldırmak avantajlı olarak görülmektedir. Bunun için kullanılan en yaygın yöntem EDTA ve NaOCl solüsyonlarının beraber ve sıra ile uygulanmasıdır. (Violich ve Chandler, 2010) Bununla birlikte, EDTA'nın MTA'nın hidrasyonu, mikrosertliği ve hücre adezyonu üzerinde bazı olumsuz etkilere neden olduğu kanıtlanmıştır (Lee ve ark., 2007; Neelakantan ve ark., 2015). Farklı dental prosedürler için kullanılan dolgu materyallerinin yerinden çıkma direnci, uygulanan basınçlar sırasında diş dokularına bağlanma güçlerini gösterir. Göktürk ve ark. (2022), şelasyon ajanlarının dolgu materyallerinin yer değiştirme dirençleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında,

EDTA kullanıldığında, dolgu materyalinin yer değiştirme direncinin arttığını bulmuşlardır.

Ulusoy ve Görgül (2013), EDTA'yı maleik asit ile karşılaştırdıkları çalışmalarında, EDTA'nın kanalın apikal kısmındaki smear tabakasını ortadan kaldırmada daha az etkili olduğunu göstermişlerdir. Başka bir çalışmada, kitosanın, özellikle kök kanallarının apikal üçte birlik kısmında %17 EDTA'ya kıyasla üstün verimlilikle smear tabakasını çıkardığı bulunmuştur (Kamble ve ark., 2017). Bu sonuçlar, özellikle apikal bölge gibi dar alanlarda diğer ajanlara göre EDTA'nın smear tabakasının uzaklaştırılmasında yetersiz olduğunu doğrulamaktadır.

Çalışmamızda EDTA'ya alternatif şelasyon ajanı olarak kullanılan % 0,2 kitosan organik biyouyumlu bir polisakkarittir. Kitosanın diş hekimliğinde, mine tamiri ve remineralizasyonunda, adeziv diş hekimliğinde, rejenerasyon tedavisinde,irrigasyon solüsyonu, kanal içi medikament olarak kullanımı mevcuttur (Silva ve ark., 2013). Antibakteriyel ,antifungal ,antiviral etkisi olan kitosanın toksisitesi bulunmamaktadır (Qi ve ark., 2004). Kitosanın etkinliği uygulama süresi, pH, zlentinin konsantrasyonu ve zlti miktarı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Silva ve ark., 2013). Kitosan polimeri hidrofilitir ve bu özelliği ile kök dentinine tutunarak dentin tübüllerinin daha derinlerine nüfuz etmesine yardımcı olur. Kitosan etkisini pozitif katyonik bir bileşik olduğundan negatif hücre zarı ile birleşerek gösterir. Bakteri hücre zarının geçirgenliğini etkiler ve hücre ölümüne neden olmaktadır.Ayrıca kitosanın hidroksiapatit birikimini indüklediği görülmüştür (del Carpio-Perochena ve ark., 2015).

Penumaka ve ark. (2019), % 0,2 kitosanın biyolojik avantajlarından dolayı smear tabakasının uzaklaştırılması için %17 EDTA'ya alternatif olabileceğini göstermişlerdir. Kitosan, antibakteriyel özelliği, yaraların iyileşmesine olan etkisi, bioadeziv yapısı, şelasyon etkileri ile EDTA'ya göre birçok avantaj sergiler ve yapılan çalışmalar ile alternatif bir solüsyon olarak kullanılabilieceği ortaya konmuştur. Avantajları ve biyouyumluluğu göz önüne alınarak çalışmamıza kitosani şelasyon ajanı olarak dahil edilmiştir.

Literatürde, kitosanın endodontide şelasyon ajanı olarak kullanımıyla ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Penumaka ve ark.,2019;Shah ve ark.,2019;Kamble ve ark.,2017;Agarwall ve ark.,2019). Kitosanın şelasyon etkisi, endodontik uygulamalar için ilk defa Silva ve arkadaşları tarafından araştırılmıştır (Silva ve ark., 2013). Silva ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada farklı konsantrasyonlardaki kitosanın 3 ve 5 dakikalık uygulamadan sonra smear tabakası üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda 3 dakika boyunca uygulanan % 0,2 kitosanın, smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin %15 EDTA ve %10 sitrik asit ile benzer bir etki gösterdiği görülmüştür.

Çalışmamızda kullandığımız % 0,2 kitosan ve %17 EDTA şelasyon ajanları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında bağlanma dayanımı üzerinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. MTA Angelus dolgu materyalinde şelasyon ajanları kontrol grubuna göre yüksek bağlanma değerleri gösterse de kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. EDTA ve kitosan şelasyon ajanları ile tedavi edilen tüm deney gruplarında bağlanma dayanımı üzerinde fark olmasa da, EDTA'ya kıyasla daha az toksik olması,doğal bir ürün olması ve düşük konsantrasyonlarda bile etkili olması nedeniyle kitosanın kullanılması önerilmektedir (del Carpio-Perochena ve ark., 2015). Biz de aynı gerekçelerle kitosanın EDTA'ya alternatif olarak kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

MTA Flow dolgu materyalinde kitosan grubu kontrol grubu ile karşılaştırıldığında kitosan grubunda daha yüksek bağlanma değerleri görülmüştür. Ancak EDTA ile kitosan grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu durum bize kitosanın smear tabakasını uzaklaştırmada EDTA ile aynı değerlere sahip olduğunu göstermiştir. Çalışmamızda kontrol grubu serum fizyolojiye göre kitosan ve EDTA grubunda bağlanma dayanımları daha yüksek bulunmuştur. Bu sebeple apikal cerrahide retrograd kavitelerde oluşan smear tabakası uzaklaştırılması, bağlanmayı olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Endodontik mikrocerrahideki başarısızlık sebepleri arasında apikal bölgede kanal dolgusu ile periapikal dokular arasında yetersiz kök ucu dolgusu boyunca oluşan mikrosızıntı yer alır (Schmalz ve ark., 2010). Mikrosızıntıyı, cerrahi endodontik tedavide etkileyen birçok faktör vardır. Kök kanal doldurma teknikleri, kullanılan kök ucu dolgu materyalinin fiziksel ve kimyasal özellikleri, apikal kök ucu rezeksiyonu, kök ucu kavitesinin kalınlığı ve şekli, smear tabakası oluşumu gibi birçok faktör endodontik cerrahide sızıntıyı etkileyen değişkenlerdir (Yildirim ve ark., 2010). Rezeksiyon ve kök ucu preparasyonu işlemlerinden sonra kök ucuna dolgu materyalinin yerleştirilmesinin amacı, periapikal dokular ile kök kanalı arasında etkili bir bariyer oluşturarak sızıntıyı engellemektir.

Retrograd dolgu materyali ve retrograd kavite duvarları arasında iyi bir adaptasyon sağlanması ile mikro sızıntı oluşumu önlenir. Marjinal adaptasyon, bir dolgu materyalinin kavite duvarına yakınlık derecesi ve kenetlenmesi olarak tanımlanmıştır (Taylor ve ark., 1992). Materyalin marjinal adaptasyonundaki başarısızlığı, materyal ve dentin duvarı arasındaki ara yüzeyde çatlak ya da boşlukların varlığı, apikal sızıntıya yol açarak tedavinin başarısız olmasına yol açabilir (Saunders ve Saunders, 1994).

İdeal kök ucu dolgu materyali, kanal içindeki kök kanal sisteminin içeriğini kapatmalı, çevredeki periradiküler dokulara herhangi bir bakteri, bakteriyel yan ürün veya toksik materyalin çıkışını önlemelidir (Berman ve Hargreaves, 2020). Çeşitli çalışmalar, kök ucu dolgusu yerleştirilmiş dişlerin, kök ucu dolgusu olmayanlara kıyasla olumlu sonuçlar gösterdiğini bildirerek, apikal rezeksiyon sonrasında kök ucu dolgularının önemini vurgulamıştır (Altonen ve Mattila, 1976; Lustmann ve ark., 1991; Rahbaran ve ark., 2001). Taschieri ve ark. (2011) ise endodontik cerrahi sonrası devam eden periapikal lezyon vakalarını araştırdıkları çalışmalarında, apikal cerrahinin başarısızlığının kök ucu dolgusu ile kavite arasındaki ara yüzde oluşan sızıntı nedeniyle arttığını bildirmişlerdir. Böyle bir sızıntının varlığı, enfekte kök kanal sisteminden periapikal dokuya sürekli bir bakteri geçişine neden olacak ve böylece inflamasyon sürdürülecektir.

Son zamanlarda biyoseramik esaslı retrograd dolgu malzemelerinin popülaritesi artmıştır (Benz ve ark., 2017; Jung ve ark., 2020; Mandava ve ark., 2015). MTA, son 20 yılda birçok in vivo ve in vitro çalışmada kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. MTA'nın geleneksel retrograd dolgu malzemelerine göre sızdırmazlık yeteneği, biyouyumluluk ve periradiküler doku rejenerasyonu açısından üstün özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. MTA, kalsiyum silikat esaslı simanlar arasında altın standart olarak kabul edilmektedir. Osteoindüksiyon ve sementogenez gibi ideal tamir materyali özelliklerine sahip olduğu saptanmıştır (Oraie ve ark., 2012). Aynı zamanda, üstün sızdırmazlık, mükemmel marjinal adaptasyon, antibakteriyel ve antifungal özelliklerine de sahiptir (Bueno ve ark., 2019). MTA ile ilgili önemli dezavantajlarından biri kullanım özellikleridir. 3:1 oranında steril su ile karıştırılan MTA, ameliyat bölgesine yerleştirilmesi ve kondenzasyonu zor olan grenli, kumlu bir karışımdır. Bununla birlikte, orijinal MTA formülasyonunun rapor edilen uzun sertleşme süresi (2 saat 45 dakika) klinik bir endişe kaynağıdır (Kogan ve ark., 2006). MTA Flow dolgu materyallerinin kaviteye yerleştirilmesi yapısından kaynaklı olarak daha kolay olmaktadır. Bu sebeple çalışmamızda MTA Angelus ile MTA Flow karşılaştırılmıştır.

MTA ile kök dentin arasında herhangi bir kimyasal bağ olmamasına rağmen, nem varlığında vücut sıvısındaki fosfat ile MTA'dan salınan kalsiyum ve hidroksil iyonlarının etkileşimi ile ara yüzey bağlantıları oluşturduğu bildirilmiştir (Bozeman ve ark., 2006). Oluşan ara yüzey ile bağlanma başlangıçta mekaniktir. Zamanla, MTA ile radiküler dentin arasında kimyasal bir bağ oluştuğu düşünülmektedir (Sarkar ve ark., 2005).

Klinisyene farklı tedavi prosedürleri için farklı kıvamlarda hazırlanma seçeneği sunan MTA-Flow'un biyouyumluluk, alkalileştirme yeteneği, radyoopasite, apatit oluşturma yeteneği ve çözünürlük özellikleri açısından MTA Angelus'a benzediği bilinmektedir. Bu özellikler sebebiyle MTA-Flow geleneksel MTA simanlarına alternatif olabilir. (Göktürk ve Özkocak, 2022) Likitindeki su bazlı jel ve görünür ultra-ince partikül boyutu daha yumuşak bir kıvamda ve daha kısa bir sertleşme süresi ile üretilmesine izin verir. Ultra ince partiküller, şelasyon ajanları ile smear tabakasının çıkarılması sonucu açığa çıkan açık dentin tübüllerine nüfus ederek bağlanma

dayanımını artırabilir (Silva ve ark., 2016). Yaptığımız çalışmada MTA-Flow dolgu materyalinin bağlanma dayanımı MTA Angelus'un bağlanma dayanımına kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Kök kanal dolgu materyalleri kanal duvarı ile sızdırmaz, güçlü bir bağ oluşturmaktadır (Taschieri ve ark., 2011). Kök kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanması, genel olarak push out bağlanma dayanımı testi kullanılarak test edilmektedir (Pane ve ark., 2013). Bu testin dolgu materyalleri ile dentin arasındaki bağlanmayı tam olarak yansıtmayı yansıtmadığı konusunda tartışmalar olsa da halen daha bağlanma dayanımı ile ilgili yaygın kullanılan test yöntemidir (Neelakantan ve ark., 2018). Bağlanma dayanımı; adeziv material ile dentin arasındaki bağlanmayı koparmak için gereken birim alanına düşen kuvvet olarak tanımlanır. Bizim çalışmamızda da kitosan şelasyon ajanı EDTA ile karşılaştırılarak, MTA Flow ve MTA Angelus dolgu materyallerinin kök kanalına bağlanma dayanımı üzerine etkisi araştırılmıştır.

Kitosan şelasyon ajanı kullanılan grupta MTA Angelus ile MTA Flow materyalleri arasında fark saptanmıştır ($p<0,01$). Kitosan-MTA Flow uygulanan dişlerde bağlanma değerleri Kitosan-MTA Angelus uygulananlara göre anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur.

Yapılan bazı çalışmalarda, EDTA'nın kalsiyum silikat esaslı dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını azalttığı ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Govindaraju ve ark., 2017; Lee ve ark., 2007). Bunun sebebini, EDTA'nın bu dolgu materyallerinin hidrasyonu üzerine ve kalsiyum silikat hidrat jel oluşumu üzerine olumsuz etkisi olabileceği şeklinde açıklamışlardır. Çalışmamızda elde edilen verilere göre; her iki dolgu materyalinde de kitosan grubu ve EDTA grupları arasında push out bağlanma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamış olsa da ; kitosan grubuna ait örneklerde EDTA grubuna göre daha yüksek bağlanma dayanımı sonuçları elde edilmiştir.

Çalışmamızdaki kırık tipleri değerlendirildiğinde, MTA Angelus grubunda en çok adeziv ve miks kırık tipleri gözlenmiştir. Bu bulgu, MTA Angelus ve kök kanal dentini arasındaki kırık tipini genellikle adeziv olarak bildiren önceki çalışmalarla uyumludur (Guneser ve ark., 2013; VanderWeele ve ark., 2006). Literatürde farklı kırık tiplerinin daha çok görüldüğü çalışmalar rapor edilsede bu farklılık kök kanal preparasyon boyutu, irrigasyon solüsyonu, konsantrasyon ve temas süresi gibi çalışma tasarımındaki farklı değişkenlere atfedilebilir. Serum Fizyolojik-MTA Angelus kullanılan deney grubunda koheziv tipi kırığın hiç görülmemesi retrograd kavitelere tutuculuğun artması için şelasyon ajanı kullanılmasının bağlanma kuvvetini arttıracığı şeklinde yorumlanmıştır.

MTA Flow grubunda ise en çok koheziv kırık tipine rastlanılmıştır. MTA Flow'un kopma tipi daha önce hiçbir araştırmada çalışılmamış olsa da koheziv kırık tipinin daha fazla bu grupta görülmesinin nedeninin, MTA Flow'un likitindeki hidroflik jel ve daha küçük boyutlu parçacıklarının olması sebebiyle dentin tübüllerine daha iyi nüfuz etmesinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. MTA Flow farklı yapısından dolayı diğer dolgu materyali MTA Angelus'a göre kırılma tipi açısından şelasyon ajanı kullanılmasa bile daha üstün bulunmuştur.

Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler ışığında kitosanın doğal bir materyal olması, toksik olmaması ve smear tabakasını uzaklaştırmada etkin bulunması ve bağlanmayı olumlu yönde etkileyebilmesi nedeniyle retrograd kavitelere EDTA'ya alternatif şelasyon ajanı olarak önerilebileceğini düşünmekteyiz.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Retrograd kavitelere farklı şelasyon ajanlarının dolgu materyallerinin bağlanma dayanımına etkisinin değerlendirdiğimiz (serum fizyolojik, % 0,2 kitosan, % 17 EDTA) çalışmamızda, kullandığımız şelasyon ajanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. ($p>0,05$)
2. Ancak şelasyon ajanlarının bağlanma dayanımları kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek çıkmıştır. ($p<0,001$) Bu sonuç ile retrograd kavitelere şelasyon ajanı kullanmak smear tabakasını uzaklaştırarak bağlanmayı önemli derecede etkileyebilir.
3. Hem EDTA hem kitosan şelasyon ajanı her iki dolgu materyalinde bağlanma dayanımını arttırmıştır.
4. Push out bağlanma dayanımı testinde serum fizyolojik, EDTA ve kitosan grubunda dolgu materyalleri arasında (White MTA Flow, MTA Angelus) istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir. ($p<0,001$) Tüm deney gruplarında MTA Flow dolgu materyali daha yüksek bağlanma değerlerine sahiptir.
5. Kitosan grubu ve EDTA grupları arasında push out bağlanma dayanımı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamış olsa da kitosan grubuna ait örneklerde EDTA grubundan daha yüksek bağlanma dayanımı sonuçları elde edilmiştir. ($p>0,05$)
6. Kırık tipleri değerlendirildiğinde, MTA Angelus grubunda en çok adeziv ve miks kırık tipleri; MTA Flow grubunda ise en çok koheziv kırık tipine rastlanılmıştır.

7. Kırık tipleri şelasyon ajanlarına göre bakıldığında kitosan grubunda en çok koheziv kopma tipi görülmüştür. Bu sonuç şelasyon ajanlarının retrograd kavitelere kullanılmasının bağlanmayı olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.
8. Endodontik cerrahide şelasyon ajanlarının kullanılması dolgu materyallerinin bağlanma dayanımını ve fizyolojik özelliklerini etkilemektedir. Kitosan organik, biyouyumlu, antibakteriyel özelliğe sahip güncel bir şelasyon ajanıdır. Smear tabakasını uzaklaştırmada EDTA'ya alternatif olarak kullanılabilmesine dair çalışmalar bulunsa da daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

ÖZET

Retrograd Kaviteelerde Farklı Şelasyon Ajanlarının Dolgu Materyallerinin Bağlanma Dayanımına Etkisinin Değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı; retrograd kavite preparasyonunda farklı şelasyon ajanlarının kalsiyum silikat esaslı materyallerin bağlanma dayanımına etkisinin push out testi ile ölçülmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda 84 adet periodontal nedenle çekilmiş düz ve tek kanallı maksiller santral diş kullanıldı. Dişlerin kuronları uzaklaştırıldıktan sonra her bir diş kök kanal tedavisi başlandı. Retrograd kavite preparasyonu ultrasonik uçlar ile gerçekleştirildi. Smear tabakasını uzaklaştırmak için iki farklı şelasyon ajanı (%0,2 kitosan, %17 EDTA) ve kontrol grubu %0,9 serum fizyolojik kullanıldı. Kalsiyum silikat esaslı iki farklı dolgu materyali (MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya), MTA Flow (Ultradent Endo-eze, South Jordan) kaviteye yerleştirildikten sonra dişler akril kalıplara alındı. Her bir örnekten apikal kısımdan 2 mm kalınlığında kesitler alınarak (Microtome, Mecatom T180; Presi SA, Angonnes, France) push out bağlanma dayanımı testinde incelendi. Çalışmamızda verilerin değerlendirilmesinde bağlanma dayanımı için Mann-Whitney U ve Student-t testi kullanıldı. Kırılma analizini karşılaştırmak için ki kare testi kullanıldı. $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Sonuç: Bu in vitro çalışma sonucunda; iki farklı şelasyon ajanı (%17 EDTA, %0,2 kitosan) kontrol grubu serum fizyolojik ile karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. ($p < 0,001$) % 0,2 kitosan ve %17 EDTA grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. ($p > 0,05$) MTA Angelus ile MTA Flow dolgu materyalleri arasında fark saptanmıştır. ($p < 0,001$) MTA Flow dolgu materyali daha yüksek bağlanma değerlerine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Kitosan, MTA-Flow, Bağlanma dayanımı (push out) testi, Apikal cerrahi, Ultrasonikler

SUMMARY

Evaluation of the Effect of Different Chelation Agents on the Bond Strength of Filling Materials in Retrograde Cavities

Aim: The aim of this study to evaluate the effect of different chelating agents on the bond strength of calcium silicate-based materials in retrograde cavity preparation.

Material and Methods: In our study, 84 single-rooted human maxillary central teeth extracted for periodontal reasons were used. After the tooth decoronated, root canal treatment was started for each tooth. Retrograde cavity preparation was performed with ultrasonic tips. Two different chelating agents (0.2% chitosan, 17% EDTA) and 0.9% saline for the control group were used to remove the smear layer. Two different calcium silicate-based filling materials (MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brazil), MTA Flow (Ultradent Endo-eze, South Jordan) was applied, then the teeth were embedded in acryl blocks. 2 mm thick sections were obtained from the apical part of each sample (Microtome, Mecatom T180; Presi SA, Angonnes, France) and examined in the push out bond strength test. Mann-Whitney U and Steudent t test was used for push out analysis. Chi square test was used to compare the modes of failure. $p < 0.05$ was considered significant.

Results: When two different chelating agents (17% EDTA, 0.2% chitosan) were compared with the control group saline, a statistically significant difference was found between them. ($p < 0.001$) There was no statistically significant difference between the 0.2% chitosan and 17% EDTA groups. ($p > 0.05$) There was a difference between MTA Angelus and MTA Flow filling materials. ($p < 0.001$) MTA Flow filling material has higher binding values.

Keywords: Chitosan, MTA-Flow, Bond strength (push out) test, Apical surgery, Ultrasonics

KAYNAKÇA

- ABEDI H. R., VAN MIERLO, B. L., WILDER-SMITH, P., TORABINEJAD, M. (1995). Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 80(2), 207-213.
- AGARWAL S., RAGHU, R., SHETTY, A., GAUTHAM, P., SOUPARNIKA, D. (2019). An in vitro comparative evaluation of the effect of three endodontic chelating agents (17% ethylenediamine tetraacetic acid, 1% peracetic acid, 0.2% chitosan) on the push out bond strength of gutta percha with a new bioceramic sealer (BioRoot RCS). *Journal of Conservative Dentistry*: 22(5), 475.
- AKINCIBAY H., ŞENEL, S., YETKİN AY, Z. (2007). Application of chitosan gel in the treatment of chronic periodontitis. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 80(2), 290-296.
- ALTONEN M., MATTILA, K. (1976). Follow-up study of apicoectomized molars. *International Journal of Oral Surgery*. 5(1), 33-40.
- ANDREASEN J., MUNKSGAARD, E., FREDEBO, L., RUD, J. (1993). Periodontal tissue regeneration including cementogenesis adjacent to dentin-bonded retrograde composite fillings in humans. *Journal Of Endodontics*. 19(3), 151-153.
- ARENS D. E., TORABINEJAD, M., CHIVIAN, N., RUBINSTEIN, R. (1998). *Practical Lessons in Endodontic Surgery* (Vol. 1). Quintessence Publishing (IL).
- ASGARY S., PARIROKH, M., EGHBAL, M. J., BRINK, F. (2005). Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *Journal Of Endodontics*. 31(2), 101-103.
- ATMEH A., CHONG, E., RICHARD, G., FESTY, F., WATSON, T. (2012). Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *Journal of Dental Research*. 91(5), 454-459.

- BACA P., MENDOZA-LLAMAS, M. L., ARIAS-MOLIZ, M. T., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M. P., FERRER-LUQUE, C. M. (2011). Residual effectiveness of final irrigation regimens on *Enterococcus faecalis*-infected root canals. *Journal of Endodontics*. 37(8), 1121-1123.
- BALLAL N. V., JAIN, I., TAY, F. R. (2016). Evaluation of the smear layer removal and decalcification effect of QMix, maleic acid and EDTA on root canal dentine. *Journal of Dentistry*. 51(62-68).
- BALLAL N. V., KANDIAN, S., MALA, K., BHAT, K. S., ACHARYA, S. (2009). Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: a scanning electron microscopic study. *Journal Of Endodontics*. 35(11), 1573-1576.
- BANG G., URIST, M. R. (1967). Recalcification of decalcified dentin in the living animal. *Journal of Dental Research*. 46(4), 722-730.
- BARTOLD P. M., WALSH, L. J., NARAYANAN, A. S. (2000). Molecular and cell biology of the gingiva. *Periodontology 2000*. 24(1), 28-55.
- BASRANI B. (2015). Endodontic irrigation. *Chemical Disinfection of the root canal system*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG.
- BENZ K., MARKOVIC, L., JORDAN, R., NOVACEK, C., JACKOWSKI, J. (2017). In vitro evaluation of the apical seal of two different retrograde filling materials. *Australian Endodontic Journal*. 43(1), 29-33.
- BERBERT F. L. C. V., DE FARIA-JÚNIOR, N. B., TANOMARU-FILHO, M., GUERREIRO-TANOMARU, J. M., BONETTI-FILHO, I., DE TOLEDO LEONARDO, R., MARCANTONIO, R. A. C. (2010). An in vitro evaluation of apicoectomies and retropreparations using different methods. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 110(4), e57-e63.
- BERMAN L. H., HARGREAVES, K. M. (2020). *Cohen's Pathways of the Pulp-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- BERNARDES R. A., DE MORAES, I. G., GARCIA, R. B., BERNARDINELI, N., BALDI, J. V., VICTORINO, F. R., VASCONCELOS, B. C., DUARTE, M. A., BRAMANTE,

- C. M. (2007). Evaluation of apical cavity preparation with a new type of ultrasonic diamond tip. *Journal of Endodontics*. 33(4), 484-487.
- BERRY J. E., ZHAO, M., JIN, Q., FOSTER, B. L., VISWANATHAN, H., SOMERMAN, M. J. (2003). Exploring the origins of cementoblasts and their trigger factors. *Connective Tissue Research*. 44(1), 97-102.
- BERTRAND G., FESTAL, F., BARAILLY, R. (1976). Use of ultrasound in apicoectomy. *Quintessence Int*. 7(4), 9-12.
- BOIOLI L., PENAUD, J., MILLER, N. (2001). A meta-analytic, quantitative assessment of osseointegration establishment and evolution of submerged and non-submerged endosseous titanium oral implants. *Clinical Oral Implants Research*. 12(6), 579-588.
- BONSON S., JEANSONNE, B., LALLIER, T. (2004). Root-end filling materials alter fibroblast differentiation. *Journal of Dental Research*. 83(5), 408-413.
- BOUKPESSI T., SEPTIER, D., GOLDBERG, M. (2009). VI-2-2-2 Animal studies. *Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites*. *Coxmoor, Oxford*. 200-203.
- BOYKIN M. J., GILBERT, G. H., TILASHALSKI, K. R., SHELTON, B. J. (2003). Incidence of endodontic treatment: a 48-month prospective study. *Journal of Endodontics*. 29(12), 806-809.
- BOZEMAN T. B., LEMON, R. R., ELEAZER, P. D. (2006). ELEMENTAL ANALYSIS OF CRYSTAL PRECIPITATE FROM GRAY AND WHITE MTA. *Journal of Endodontics*. 32(5), 425-428.
- BRENT P. D., MORGAN, L. A., MARSHALL, J. G., BAUMGARTNER, J. C. (1999). Evaluation of diamond-coated ultrasonic instruments for root-end preparation. *Journal of Endodontics*. 25(10), 672-675.
- BRIGGS P., SCOTT, B. (1997). Evidence-based dentistry: endodontic failure--how should it be managed? *British Dental Journal*. 183(5), 159-164.
- BUCKOVA M., KASPAROVA, M., DOSTALOVA, T., JELINKOVA, H., SULC, J., NEMEC, M., FIBRICH, M., BRADNA, P., MIYAGI, M. (2013). Er: YAG and CTH: YAG laser radiation: contact versus non-contact enamel ablation and sonic-activated bulk composite placement. *Laser Physics*. 23(5), 055605.

- BUENO C. R. E., VASQUES, A. M. V., CURY, M. T. S., SIVIERI-ARAÚJO, G., JACINTO, R. C., GOMES-FILHO, J. E., CINTRA, L. T. A., DEZAN-JÚNIOR, E. (2019). Biocompatibility and biomineralization assessment of mineral trioxide aggregate flow. *Clinical Oral Investigations*. 23(1), 169-177.
- CAMILLERI J., KRALJ, P., VEBER, M., SINAGRA, E. (2012). Characterization and analyses of acid-extractable and leached trace elements in dental cements. *International Endodontic Journal*. 45(8), 737-743.
- CAMILLERI J., MONTESIN, F. E., BRADY, K., SWEENEY, R., CURTIS, R. V., FORD, T. R. P. (2005). The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dental Materials*. 21(4), 297-303.
- CAO W., HENCH, L. L. (1996). Bioactive materials. *Ceramics International*. 22(6), 493-507.
- CARR G. B., MURGEL, C. A. (2010). The use of the operating microscope in endodontics. *Dental Clinics*. 54(2), 191-214.
- COLUZZI D. J. (2004). Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics*. 48(4), 751-770.
- DAMMASCHKE T. (2012). A new bioactive cement for direct pulp capping. *Int Dent*. 7(52-58).
- DAMMASCHKE T., GERTH, H. U., ZÜCHNER, H., SCHÄFER, E. (2005). Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dental Materials*. 21(8), 731-738.
- DANESH G., DAMMASCHKE, T., GERTH, H., ZANDBIGLARI, T., SCHÄFER, E. (2006). A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *International Endodontic Journal*. 39(3), 213-219.
- DE LANGE J., PUTTERS, T., BAAS, E. M., VAN INGEN, J. M. (2007). Ultrasonic root-end preparation in apical surgery: a prospective randomized study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 104(6), 841-845.
- DE SOUZA COSTA C. A., DUARTE, P. T., DE SOUZA, P., GIRO, E., HEBLING, J. (2008). Cytotoxic effects and pulpal response caused by a mineral trioxide aggregate formulation and calcium hydroxide. *American Journal of Dentistry*. 21(4), 255-261.

- DEL CARPIO-PEROCHENA A., BRAMANTE, C. M., DUARTE, M. A. H., DE MOURA, M. R., AOUADA, F. A., KISHEN, A. (2015). Chelating and antibacterial properties of chitosan nanoparticles on dentin. *Restorative dentistry & endodontics*. 40(3), 195-201.
- DEPLAZES P., PETERS, O., BARBAKOW, F. (2001). Comparing Apical Preparations of Root Canals Shaped by Nickel-Titanium Rotary Instruments and Nickel-Titanium Hand Instruments. *Journal of Endodontics*. 27(3), 196-202.
- DRAKE D. R., WIEMANN, A. H., RIVERA, E. M., WALTON, R. E. (1994). Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer. *Journal of Endodontics*. 20(2), 78-82.
- DRUMMOND J., SAKAGUCHI, R., RACEAN, D., WOZNY, J., STEINBERG, A. (1996). Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials*. 32(4), 533-541.
- DURACK C., PATEL, S. (2012). Cone beam computed tomography in endodontics. *Brazilian Dental Journal*. 23(3), 179-191.
- DUTTA P. K., DUTTA, J., TRIPATHI, V. (2004). Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications.
- ECONOMIDES N., PANTELIDOU, O., KOKKAS, A., TZIAFAS, D. (2003). Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *International Endodontic Journal*. 36(1), 44-48.
- EKWORAPOJ P., SIDHU, S. K., MCCABE, J. F. (2007). Effect of different power parameters of Er, Cr: YSGG laser on human dentine. *Lasers in medical science*. 22(3), 175-182.
- ENGEL T. K., STEIMAN, H. R. (1995). Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation. *Journal of Endodontics*. 21(9), 443-445.
- FERNANDES S. L., TARTARI, T., BRONZATO, J. D., BRAMANTE, C. M., VIVAN, R. R., ANDRADE, F. (2015). Use of peracetic acid as irrigating agent in Endodontics. *Dental Press Endod*. 5(56-60).

- FLATH R. K., HICKS, M. L. (1987). Retrograde instrumentation and obturation with new devices. *Journal of Endodontics*. 13(11), 546-549.
- FLORATOS S., KIM, S. (2017). Modern endodontic microsurgery concepts: a clinical update. *Dental Clinics*. 61(1), 81-91.
- FORMOSA L., MALLIA, B., CAMILLERI, J. (2014). Push-out bond strength of MTA with antiwashout gel or resins. *International Endodontic Journal*. 47(5), 454-462.
- FRANKENBERGER R., KRAMER, N., PETSCHERT, A. (2000). Technique sensitivity of dentin bonding: effect of application mistakes on bond strength and marginal adaptation. *Operative Dentistry*. 25(4), 324-330.
- GOKTURK H., OZKOCAK, I. (2022). The effect of different chelators on the dislodgement resistance of MTA Repair HP, MTA Angelus, and MTA Flow. *Odontology*. 110(1), 20-26.
- GORACCI C., TAVARES, A. U., FABIANELLI, A., MONTICELLI, F., RAFFAELLI, O., CARDOSO, P. C., TAY, F., FERRARI, M. (2004). The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *European Journal of Oral Sciences*. 112(4), 353-361.
- GOVINDARAJU L., NEELAKANTAN, P., GUTMANN, J. L. (2017). Effect of root canal irrigating solutions on the compressive strength of tricalcium silicate cements. *Clinical Oral Investigations*. 21(2), 567-571.
- GUIMARAES B. M., VIVAN, R. R., PIAZZA, B., ALCALDE, M. P., BRAMANTE, C. M., DUARTE, M. A. H. (2017). Chemical-physical properties and apatite-forming ability of mineral trioxide aggregate flow. *Journal of Endodontics*. 43(10), 1692-1696.
- GUNESER M. B., AKBULUT, M. B., ELDENIZ, A. U. (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), 380-384.
- GUTMANN J. L. (2014). Surgical endodontics: past, present, and future. *Endodontic Topics*. 30(1), 29-43.
- HAAPASALO M., QIAN, W. (2008). Irrigants and intracanal medicaments. *Endodontics*. 6th ed. Hamilton Ontario: BC Decker. 996.

- HALLER B., THULL, R., KLAIBER, B., TEUBER, M. (1991). An extrusion test for determination of bond strength to dentin. *J Dent Res.* 70(525).
- HAN L., OKIJI, T. (2011). Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. *International Endodontic Journal.* 44(12), 1081-1087.
- HEGDE R. J., BAPNA, K. (2016). Comparison of removal of endodontic smear layer using ethylene glycol bis (beta-amino ethyl ether)-N, N, N', N'-tetraacetic acid and citric acid in primary teeth: A scanning electron microscopic study. *Contemporary Clinical Dentistry.* 7(2), 216.
- HEPWORTH M. J., FRIEDMAN, S. (1997). Treatment outcome of surgical and non-surgical management of endodontic failures. *Journal (Canadian Dental Association).* 63(5), 364-371.
- HUGGINS C. B., URIST, M. R. (1970). Dentin matrix transformation: rapid induction of alkaline phosphatase and cartilage. *Science.* 167(3919), 896-898.
- HÜLSMANN M., HECKENDORFF, M., LENNON, A. (2003). Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *International Endodontic Journal.* 36(12), 810-830.
- INGLE J. I., SIMON, J. H., MACHTOU, P., BOGAERTS, P. (2002). Outcome of endodontic treatment and re-treatment. *Endodontics.* 5(747-768).
- IRALA L. E. D., GRAZZIOTIN-SOARES, R., SALLES, A. A., MUNARI, A. Z., PEREIRA, J. S. (2010). Dissolution of bovine pulp tissue in solutions consisting of varying NaOCl concentrations and combined with EDTA. *Brazilian Oral Research.* 24(3), 271-276.
- ISHIKAWA H., SAWADA, N., KOBAYASHI, C., SUDA, H. (2003). Evaluation of root-end cavity preparation using ultrasonic retreaters. *International Endodontic Journal.* 36(9), 586-590.
- İMAMOĞLU Ö. (2011). Biyokontrolde doğal ürünlerin kullanılması; Kitosan. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi.* 68(4), 215-222.

- JAHROMI M. Z., BAREKATAIN, M., EBRAHIMI, M., ASKARI, B. (2010). The effect of three irrigants on the coronal leakage of the root canals system irrigants. *Iranian Endodontic Journal*. 5(3), 121.
- JUNG J., KIM, S., KIM, E., SHIN, S.-J. (2020). Volume of Voids in Retrograde Filling: Comparison between Calcium Silicate Cement Alone and Combined with a Calcium Silicate-based Sealer. *Journal of Endodontics*. 46(1), 97-102.
- KAMBLE A. B., ABRAHAM, S., KAKDE, D. D., SHASHIDHAR, C., MEHTA, D. L. (2017). Scanning electron microscopic evaluation of efficacy of 17% ethylenediaminetetraacetic acid and chitosan for smear layer removal with ultrasonics: an in vitro study. *Contemporary clinical dentistry*. 8(4), 621.
- KERSTEN H., WESSELINK, P., THODEN VAN VELZEN, S. (1987). The diagnostic reliability of the buccal radiograph after root canal filling. *International Endodontic Journal*. 20(1), 20-24.
- KHABBAZ M. G., KEREZOUDIS, N. P., ARONI, E., TSATSAS, V. (2004). Evaluation of different methods for the root-end cavity preparation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 98(2), 237-242.
- KHEDMAT S., SHOKOUHINEJAD, N. (2008). Comparison of the efficacy of three chelating agents in smear layer removal. *Journal of Endodontics*. 34(5), 599-602.
- KILINC, Y. B., KOC, R. C., & ZEYNEP, K. A. Y. A. (2017). Preparation and cytotoxicity of coriandrum sativum L. oil loaded chitosan nanoparticles. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 5(1), 179-190.
- KIM S., KRATCHMAN, S. (2006). Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. *Journal of endodontics*. 32(7), 601-623.
- KOGAN P., HE, J., GLICKMAN, G. N., WATANABE, I. (2006). The effects of various additives on setting properties of MTA. *Journal of Endodontics*. 32(6), 569-572.
- KOHE T., MCDONALD, F., FORD, T. R. P., TORABINEJAD, M. (1998). Cellular response to mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*. 24(8), 543-547.

- KOMORI T., YOKOYAMA, K., TAKATO, T., MATSUMOTO, K. (1997). Clinical application of the erbium: YAG laser for apicoectomy. *Journal of Endodontics*. 23(12), 748-750.
- KONG M., CHEN, X. G., XING, K., PARK, H. J. (2010). Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *International journal of food microbiology*. 144(1), 51-63.
- KOULAOUZIDOU E. A., MARGELOS, J., BELTES, P., KORTSARIS, A. H. (1999). Cytotoxic effects of different concentrations of neutral and alkaline EDTA solutions used as root canal irrigants. *Journal of endodontics*. 25(1), 21-23.
- LAURENT P., AUBUT, V. (2009). About I. Development of a bioactive Ca₃SiO₅ based posterior restorative material (Biodentine™). *Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites*. Oxford: Coxmoor. 195-200.
- LAURENT P., CAMPS, J., ABOUT, I. (2012). Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *International Endodontic Journal*. 45(5), 439-448.
- LAURENT P., CAMPS, J., DE MÉO, M., DÉJOU, J., ABOUT, I. (2008). Induction of specific cell responses to a Ca₃SiO₅-based posterior restorative material. *Dental Materials*. 24(11), 1486-1494.
- LEE B. S., LIN, C. P., LIN, F. H., LAN, W. H. (2002). Ultrastructural changes of human dentin after irradiation by Nd: YAG laser. *Lasers in Surgery and Medicine: The Official Journal of the American Society for Laser Medicine and Surgery*. 30(3), 246-252.
- LEE S.-J., MONSEF, M., TORABINEJAD, M. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of Endodontics*. 19(11), 541-544.
- LEE Y.-L., LIN, F.-H., WANG, W.-H., RITCHIE, H., LAN, W.-H., LIN, C.-P. (2007). Effects of EDTA on the hydration mechanism of mineral trioxide aggregate. *Journal of Dental Research*. 86(6), 534-538.

- LI H., GUO, Z., LI, C., MA, X., WANG, Y., ZHOU, X., JOHNSON, T. M., HUANG, D. (2021). Materials for retrograde filling in root canal therapy. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 10),
- LI W., ZHOU, J., XU, Y. (2015). Study of the in vitro cytotoxicity testing of medical devices. *Biomedical Reports*. 3(5), 617-620.
- LIN L. M., PASCON, E. A., SKRIBNER, J., GÄNGLER, P., LANGELAND, K. (1991). Clinical, radiographic, and histologic study of endodontic treatment failures. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 71(5), 603-611.
- LOFTHAG-HANSEN S., HUUMONEN, S., GRÖNDAHL, K., GRÖNDAHL, H.-G. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 103(1), 114-119.
- LOW K. M., DULA, K., BÜRGIN, W., VON ARX, T. (2008). Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *Journal of Endodontics*. 34(5), 557-562.
- LUSTMANN J., FRIEDMAN, S., SHAHARABANY, V. (1991). Relation of pre-and intraoperative factors to prognosis of posterior apical surgery. *Journal of Endodontics*. 17(5), 239-241.
- MADER C. L., BAUMGARTNER, J. C., PETERS, D. D. (1984). Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *Journal of Endodontics*. 10(10), 477-483.
- MAIMAN T. (2010). 1960. Stimulated optical radiation in ruby. In *A Century of Nature* (pp. 113-114). University of Chicago Press.
- MANDAVA P., BOLLA, N., THUMU, J., VEMURI, S., CHUKKA, S. (2015). Microleakage evaluation around retrograde filling materials prepared using conventional and ultrasonic techniques. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*. 9(2), ZC43.
- MATSUMOTO K. (2000). Lasers in endodontics. *Dental Clinics of North America*. 44(4), 889-906, viii.

- MEHLHAFF D. S., HARSHALL, J. G., BAUMGARTNER, J. C. (1997). Comparison of ultrasonic and high-speed-bur root-end preparations using bilaterally matched teeth. *Journal of Endodontics*. 23(7), 448-452.
- MERYON S., BROOK, A. (1990). Penetration of dentine by three oral bacteria in vitro and their associated cytotoxicity. *International Endodontic Journal*. 23(4), 196-202.
- MONDELLI J., HOSHINO, R., WECKWERTH, P., CERRI, P., LEONARDO, R., GUERREIRO-TANOMARU, J., TANOMARU-FILHO, M., DA SILVA, G. (2019). Biocompatibility of mineral trioxide aggregate flow and biodentine. *International Endodontic Journal*. 52(2), 193-200.
- NASH K. D., BROWN, L. J., HICKS, M. L. (2002). Private practicing endodontists: production of endodontic services and implications for workforce policy. *Journal of Endodontics*. 28(10), 699-705.
- NASSAR M., HIRAISHI, N., TAMURA, Y., OTSUKI, M., AOKI, K., TAGAMI, J. (2015). Phytic acid: An alternative root canal chelating agent. *Journal of Endodontics*. 41(2), 242-247.
- NAVARRE S. W., STEIMAN, H. R. (2002). Root-end fracture during retropreparation: a comparison between zirconium nitride-coated and stainless steel microsurgical ultrasonic instruments. *Journal of Endodontics*. 28(4), 330-332.
- NEELAKANTAN P., AHMED, H., WONG, M., MATINLINNA, J., CHEUNG, G. (2018). Effect of root canal irrigation protocols on the dislocation resistance of mineral trioxide aggregate-based materials: A systematic review of laboratory studies. *International Endodontic Journal*. 51(8), 847-861.
- NEELAKANTAN P., NANDAGOPAL, M., SHEMESH, H., WESSELINK, P. (2015). The effect of root dentin conditioning protocols on the push-out bond strength of three calcium silicate sealers. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 60(104-108).
- NIKHIL V., JAISWAL, S., BANSAL, P., ARORA, R., RAJ, S., MALHOTRA, P. (2016). Effect of phytic acid, ethylenediaminetetraacetic acid, and chitosan solutions on

- microhardness of the human radicular dentin. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 19(2), 179.
- ORAIE E., GHASSEMI, A. R., ELIASIFAR, G., SADEGHI, M., SHAHRAVAN, A. (2012). Apical sealing ability of MTA in different liquid to powder ratios and packing methods. *Iranian Endodontic Journal*. 7(1), 5.
- PAGHDIWALA A. (1993). Root resection of endodontically treated teeth by erbium: YAG laser radiation. *Journal of Endodontics*. 19(2), 91-94.
- PANE E. S., PALAMARA, J. E., MESSER, H. H. (2013). Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *Journal of Endodontics*. 39(5), 669-673.
- PARIROKH M., TORABINEJAD, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of Endodontics*. 36(1), 16-27.
- PARK E. (2013). Ultrasonics in endodontics. *Endodontic Topics*. 29(1), 125-159.
- PATEL S., DURACK, C., ABELLA, F., ROIG, M., SHEMESH, H., LAMBRECHTS, P., LEMBERG, K. (2014). European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *International Endodontic Journal*. 47(6), 502-504.
- PECIULIENE V., REYNAUD, A., BALCIUNIENE, I., HAAPASALO, M. (2001). Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *International Endodontic Journal*. 34(6), 429-434.
- PELEPENKO L. E., SAAVEDRA, F., ANTUNES, T. B., BOMBARDA, G. F., GOMES, B. P., ZAIA, A. A., CAMILLERI, J., MARCIANO, M. A. (2021). Physicochemical, antimicrobial, and biological properties of White-MTAFlow. *Clinical Oral Investigations*. 25(2), 663-672.
- Penumaka R., Konagala, R. K., Shaik, J., Sunil, C. R., Reddy, P. L., Naik, M. K. K. (2019). Scanning electron microscopy evaluation of chitosan and carboxymethyl chitosan as retrograde smear layer removing agents. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 22(6), 573.

- POZZA D. H., FREGAPANI, P. W., XAVIER, C. B., WEBER, J. B. B., OLIVEIRA, M. G. D. (2009). CO₂, Er: YAG and Nd: YAG lasers in endodontic surgery. *Journal of Applied Oral Science*. 17(596-599).
- PRADELLE-PLASSE N., TRAN, X., COLON, P., GOLDBERG, M. (2009). Physico-chemical properties. *Biocompatibility or cytotoxic effects of dental composites*. Oxford: Coxmoor. 184-194.
- QI L., XU, Z., JIANG, X., HU, C., ZOU, X. (2004). Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. *Carbohydrate Research*. 339(16), 2693-2700.
- RAHBARAN S., GILTHORPE, M. S., HARRISON, S. D., GULABIVALA, K. (2001). Comparison of clinical outcome of periapical surgery in endodontic and oral surgery units of a teaching dental hospital: a retrospective study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 91(6), 700-709.
- RAO A., RAO, A., SHENOY, R. (2009). Mineral trioxide aggregate—a review. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 34(1), 1-8.
- RICHMAN M. J. (1957). The use of ultrasonics in root canal therapy and root resection. *Journal Dental Medicine* 12(12-18).
- RIZOIU I., KOHANGHADOSH, F., KIMMEL, A. I., EVERSOLE, L. R. (1998). Pulpal thermal responses to an erbium, chromium: YSGG pulsed laser hydrokinetic system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 86(2), 220-223.
- ROSALES LEAL J. I., OLMEDO GAYA, M. V., VALLECILLO CAPILLA, M. F., LUNA DEL CASTILLO, J. D. D. (2011). Influence of cavity preparation technique (rotary vs. ultrasonic) on microleakage and marginal fit of six end-root filling materials.
- SAITO T., TOYOOKA, H., ITO, S., CRENSHAW, M. A. (2003). In vitro study of remineralization of dentin: effects of ions on mineral induction by decalcified dentin matrix. *Caries research*. 37(6), 445-449.
- SAMAD-ZADEH A., HARSONO, M., BELIKOV, A., SHATILOVA, K. V., SKRIPNIK, A., STARK, P., EGLES, C., KUGEL, G. (2011). The influence of laser-textured dentinal surface on bond strength. *dental materials*. 27(10), 1038-1044.

- SARKAR N., CAICEDO, R., RITWIK, P., MOISEYEVA, R., KAWASHIMA, I. (2005). Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*. 31(2), 97-100.
- SAUNDERS W., SAUNDERS, E. (1994). Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Dental Traumatology*. 10(3), 105-108.
- SAYGIN N. E., GIANNOBILE, W. V., SOMERMAN, M. J. (2000). Molecular and cell biology of cementum. *Periodontology 2000*. 24(1), 73-98.
- SCHAMBERG M. (1906). The surgical treatment of chronic alveolar abscess. *Dental Cosmos*. 48(15-24).
- SCHMALZ G., HØRSTED-BINDSLEV, P. (2010). Textbook of endodontology. In: Wiley-Blackwell United Kingdom.
- SCHWARTZ R. S., MAUGER, M., CLEMENT, D. J., WALKER III, W. A. (1999). Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *The Journal of the American Dental Association*. 130(7), 967-975.
- SETZER F. C., SHAH, S. B., KOHLI, M. R., KARABUCAK, B., KIM, S. (2010). Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 1: comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *Journal of Endodontics*. 36(11), 1757-1765.
- SHAH D. K., SANAP-TANDALE, A., AGGARWAL, S., SENGAR, E., BORKAR, A., SHETTY, S. (2019). Comparative evaluation of the sealing ability of filling materials on root end cavities treated with smear layer removing agents: A confocal laser scanning microscopic study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 22(5), 495.
- SHIPPER G., GROSSMAN, E., BOTHA, A., CLEATON-JONES, P. (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), 325-336.
- SHRESTHA A., KISHEN, A. (2012). The effect of tissue inhibitors on the antibacterial activity of chitosan nanoparticles and photodynamic therapy. *Journal of Endodontics*. 38(9), 1275-1278.

- SILVA E., SENNA, P., DE-DEUS, G., ZAIA, A. (2016). Cytocompatibility of Biodentine using a three-dimensional cell culture model. *International Endodontic Journal*. 49(6), 574-580.
- SILVA E. J., CARVALHO, N. K., ZANON, M., SENNA, P. M., DE-DEUS, G., ZUOLO, M. L., ZAIA, A. A. (2016). Push-out bond strength of MTA HP, a new high-plasticity calcium silicate-based cement. *Brazilian oral research*. 30
- SILVA P., GUEDES, D., NAKADI, F., PÉCORÁ, J., CRUZ-FILHO, A. (2013). Chitosan: a new solution for removal of smear layer after root canal instrumentation. *International Endodontic Journal*. 46(4), 332-338.
- SIQUEIRA JR J. F. (2001). Etiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *International Endodontic Journal*. 34(1), 1-10.
- SKIDMORE L. J., BERZINS, D. W., BAHCALL, J. K. (2006). An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *Journal of Endodontics*. 32(10), 963-966.
- SONG M., CHUNG, W., LEE, S.-J., KIM, E. (2012). Long-term outcome of the cases classified as successes based on short-term follow-up in endodontic microsurgery. *Journal of Endodontics*. 38(9), 1192-1196.
- STOCK K., HIBST, R., KELLER, U. (1997). Comparison of Er: YAG and Er: YSGG laser ablation of dental hard tissues. *Medical Applications of Lasers in Dermatology, Ophthalmology, Dentistry, and Endoscopy*, 89-76
- STROPKO J. J., DOYON, G. E., GUTMANN, J. L. (2005). Root-end management: resection, cavity preparation, and material placement. *Endodontic Topics*. 11(1), 131-151.
- SUDSANGIAM S., VAN NOORT, R. (1999). Do dentin bond strength tests serve a useful purpose. *J Adhes Dent*. 1(1), 57-67.
- SUKOVIC P. (2003). Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthodontics & craniofacial research*. 6(31-36.,)
- SUNDQVIST G., FIGDOR, D., PERSSON, S., SJÖGREN, U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-

- treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 85(1), 86-93.
- ŞEN B., WESSELINK, P., TÜRKÜN, M. (1995). The smear layer: a phenomenon in root canal therapy. *International Endodontic Journal*. 28(3), 141-148.
- TASCHIERI S., CORBELLA, S., TESIS, I., BORTOLIN, M., DEL FABBRO, M. (2011). Effect of guided tissue regeneration on the outcome of surgical endodontic treatment of through-and-through lesions: a retrospective study at 4-year follow-up. *Oral and maxillofacial surgery*. 15(3), 153-159.
- TASCHIERI S., TESTORI, T., FRANCETTI, L., DEL FABBRO, M. (2004). Effects of ultrasonic root end preparation on resected root surfaces: SEM evaluation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 98(5), 611-618.
- TAYLOR M., LYNCH, E. (1992). Microleakage. *Journal of Dentistry*. 20(1), 3-10.
- TORABINEJAD M., HANDYSIDES, R., KHADEMI, A. A., BAKLAND, L. K. (2002). Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 94(6), 658-666.
- TORABINEJAD M., HONG, C., MCDONALD, F., FORD, T. P. (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of Endodontics*. 21(7), 349-353.
- TORABINEJAD M., WATSON, T., FORD, T. P. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *Journal of Endodontics*. 19(12), 591-595.
- TESIS I., ROSEN, E., SCHWARTZ-ARAD, D., FUSS, Z. (2006). Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. *Journal of Endodontics*. 32(5), 412-416.
- ULUSOY Ö. İ., GÖRGÜL, G. (2013). Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Australian Endodontic Journal*. 39(2), 66-72.

- UNGOR M., ONAY, E., ORUCOGLU, H. (2006). Push-out bond strengths: the Epiphany–Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *International Endodontic Journal*. 39(8), 643-647.
- VAN MEERBEEK B., PEUMANS, M., POITEVIN, A., MINE, A., VAN ENDE, A., NEVES, A., DE MUNCK, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*. 26(2), e100-e121.
- VANDERWEELE R. A., SCHWARTZ, S. A., BEESON, T. J. (2006). Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. *Journal of Endodontics*. 32(5), 421-424.
- Vemuri S., Kolanu, S. K., Varri, S., Pabbati, R. K., Penumaka, R., Bolla, N. (2016). Effect of different final irrigating solutions on smear layer removal in apical third of root canal: A scanning electron microscope study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 19(1), 87.
- VINEETA N., GUPTA, S., CHANDRA, A. (2014). Retrieval of calcium hydroxide intracanal medicament with Chitosan from root canals: An in vitro CBCT volumetric analysis. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*. 17(5), 454.
- VIOLICH D., CHANDLER, N. (2010). The smear layer in endodontics—a review. *International Endodontic Journal*. 43(1), 2-15.
- VON ARX T. (2011). Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *The Saudi Dental Journal*. 23(1), 9-15.
- VON ARX T. (2005). Failed root canals: the case for apicoectomy (periradicular surgery). *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 63(6), 832-837.
- VON ARX T., JENSEN, S. S., HÄNNI, S., FRIEDMAN, S. (2012). Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery. *Journal of Endodontics*. 38(5), 570-579.
- VON ARX T., KURT, B. (1999). Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retrotip: a 1-year follow-up study. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 57(6), 656-661.

- WADA M., TAKASE, T., NAKANUMA, K., ARISUE, K., NAGAHAMA, F., YAMAZAKI, M. (1998). Clinical study of refractory apical periodontitis treated by apicectomy Part 1. Root canal morphology of resected apex. *International Endodontic Journal*. 31(1), 53-56.
- WALTIMO T., KUUSINEN, M., JÄRVENSIVU, A., NYBERG, P., VÄÄNÄNEN, A., RICHARDSON, M., SALO, T., TJÄDERHANE, L. (2003). Examination on *Candida* spp. in refractory periapical granulomas. *International Endodontic Journal*. 36(9), 643-647.
- WEICHMAN J. A., JOHNSON, F. M. (1971). Laser use in endodontics: a preliminary investigation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 31(3), 416-420.
- WHITE J. M., GEKELMAN, D., SHIN, K.-B., PARK, J.-S., SWENSON, T. O., ROUSE, B. P., TRAN, K. T., BULLARD, S. L., SCOTT-BECKLES, L. B., OTO, M. G. (2002). Laser interaction with dental soft tissues: What do we know from our years of applied scientific research *Lasers in Dentistry VIII*. 4610(39-48).
- WHITE R., HAYS, G., JANER, L. (1997). Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. *Journal of Endodontics*. 23(4), 229-231.
- YILDIRIM T., ER, K., TAŞDEMİR, T., TAHAN, E., BURUK, K., SERPER, A. (2010). Effect of smear layer and root-end cavity thickness on apical sealing ability of MTA as a root-end filling material: a bacterial leakage study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 109(1), e67-e72.
- ZHU L., LI, Y., CHEN, Y.-C., CARRERA, C. A., WU, C., FOK, A. (2018). Comparison between two post-dentin bond strength measurement methods. *Scientific reports*. 8(1), 1-8.
- ZUOLO M., PERIN, F., FERREIRA, M., DE FARIA, F. (1999). Ultrasonic root-end preparation with smooth and diamond-coated tips. *Dental Traumatology*. 15(6), 265-268.

ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı : Gülizar Selin

Soyadı : Şereflican Yılmaz

Doğum Yeri ve Tarihi:

Uyruğu : T.C.

Medeni Durumu :

İletişim Adresi ve

Telefonu :

Elektronik Posta :

II. Eğitim Bilgileri

2019-2022 : Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti
Anabilim Dalı, (Uzmanlık) ANKARA

2013-2018 : Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
(Lisans) ANKARA

2008-2012. : Fethiye Kemal Mumcu Anadolu Lisesi, ANKARA

Yabancı Dil

İngilizce