

T.C.
BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİMDALI

MODİFİYE NaOCl İRRİGANIN
BİYOSERAMİK ESASLI PAT-DENTİN
BAĞLANTISI ÜZERİNE ETKİSİ

Dt. İrem ÇETİNKAYA

UZMANLIK TEZİ

Danışmanı

Prof.Dr. Emre BODRURLU

ZONGULDAK

2017

T.C.
BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
ENDODONTİ ANABİLİMDALI

MODİFİYE NaOCl İRRİGANIN
BİYOSERAMİK ESASLI PAT-DENTİN
BAĞLANTISI ÜZERİNE ETKİSİ

Dt. İrem ÇETİNKAYA

UZMANLIK TEZİ

Danışmanı

Prof.Dr. Emre BODRURLU

ZONGULDAK

2017

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca, bana inanan, beni destekleyen, değerli bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren öğrencisi olmaktan gurur duyduğum tez danışmanım, Sayın Prof. Dr. Emre BODRUMLU başta olmak üzere,

Eğitimim süresince değerli bilgilerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, üzerimde önemli emekleri bulunan hocalarım, Sayın Doç. Dr. Sibel KOÇAK, Sayın Doç. Dr. M. Murat KOÇAK, Sayın Doç. Dr. Baran Can Sağlam ve Sayın Doç. Dr. Sevinç AKTEMUR TÜRKER'e

Uzmanlık eğitimim boyunca sevincimi de üzüntümü de paylaşan, her zaman yanımda olan sevgili bölüm arkadaşlarım Ecehan HAZAR, Burcu BİLGİN, Olcay ÖZDEMİR, Uygur HIZARCI, F.Furkan ŞAHİN, Gülçin CAGAY SEVENCAN, Vildan TEK'e,

İstatistiksel değerlendirmede emeği geçen BEÜ Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji AD. Yard. Doç.Dr. Umut BALLI ve OMÜ Veteriner Fakültesi Biometri AD. Yard. Doç.Dr. Serhat ARSLAN'a

Çalışmaktan ve beraber olmaktan keyif aldığım tüm hocalarım, asistan arkadaşlarım ve Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nin tüm personeline,

Hayatımın her anında benimle beraber olan, desteklerini hep hissettiğim en büyük emeğin sahibi ve en büyük destekçilerim kıymetli babam Fevzi ÇETİNKAYA, annem Melahat ÇETİNKAYA, abim Onur ÇETİNKAYA'ya,

Bütün zor zamanlarımda sınırsız sevgisi, desteği ve neşesiyle her zaman yanımda olan sevgili Duygu DURMUŞ'a,

Sevgi, saygı ve tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

İrem ÇETİNKAYA

Nisan, 2017

ÖZET

İrem ÇETİNKAYA, Modifiye NaOCl İrriganın Biyoseramik Esaslı Pat-Dentin Bağlantısı Üzerine Etkisi. Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Zonguldak, 2017.

Amaç: Kök kanal tedavisinin başarısı için biyomekanik şekillendirme ve hermetik tıkama önemli rol oynamaktadır. Kök kanallarını yıkamak için kliniklerde birçok irrigasyon solüsyonu kullanılırken; hermetik tıkamayı sağlamak için pek çok alternatif kanal dolgu materyali bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, kanal şekillendirme ve son irrigasyon olarak kullanılan modifiye NaOCl'nin geleneksel güncel irriganlar olan NaOCl, EDTA ve MTAD ile karşılaştırılarak, korlu ve korsuz olarak biyoseramik esaslı pat ile doldurulmuş dişlerdeki, dolgu materyalinin dentin yüzeyine bağlantısının incelenmesidir.

Yöntem: Mine-sement seviyesinden kesilen 120 tek köklü diş farklı irrigasyon ve dolum tekniklerine göre ayrıldı, her bir grupta 12 diş olacak şekilde gruplandırılmıştır. NaOCl, modifiye NaOCl, EDTA, MTAD ve kontrol grubu (distile su) ile yapılan son irrigasyon sonrasında korlu ve korsuz olarak biyoseramik esaslı pat ile doldurulan örnekler, ardından kökün koronal ve orta üçlüsünden 2 mm dentin kalınlığında horizontal kesitler elde edildi. Her kesit için ölçümler yapıldı.

Bulgular: Çalışmamızda bağlantı dayanımı en düşük modifiye NaOCl'de gözlenirken, en yüksek bağlantı dayanımı NaOCl'de rapor edilmiştir. Koronal üçlüde belirlenen bağlantı dayanım değerleri orta üçlüye göre istatistiksel olarak olmasa da anlamlı yüksek bulunmuştur. Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere göre, korsuz dolum yapılan gruplarda korlu dolum yapılanlara göre bağlantı dirençleri istatistiksel olarak anlamlı olmak üzere daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Sonuç: Modifiye NaOCl'nin biyoseramik esaslı kök kanal patının daha düşük dentin bağlantı değeri oluşması nedeniyle kanal dolumunda monoblok etki beklenen vakalarda klinisyenin standart NaOCl kullanmasının daha doğru olacaktır. Ayrıca biyoseramik patın yüksek dentin bağlantısı için korsuz olarak kullanılmasının da daha uygun olacağı kanısındayız.

Anahtar Kelimeler: Biyoseramik esaslı kök kanal patı, modifiye NaOCl, push-out bağlantı dayanımı testi.

ABSTRACT

İrem ÇETİNKAYA, Effect of Modified Naocl Irrigation Solution on Bond Strength of Bioceramic Based Root Canal Sealer to Dentin. Bülent Ecevit University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, Master's Thesis, Zonguldak, 2017.

Aim: Biomechanical shaping and hermetic sealing play an important role in the success of root canal treatment. Many irrigation solutions are used in clinics. There are many alternative root canal obturation materials to provide hermetic closure. The aim of this study is to investigate the connection of the modified material NaOCl to the dentin surface in the teeth filled with bioceramic based sealer, as compared with NaOCl, EDTA, MTAD and control group (distilled water), which are conventional irrigants, which are used as root canal shaping and final irrigation.

Methods: 120 single rooted teeth cut from the enamel-cement level were grouped according to different irrigation and filling techniques, grouped into 12 teeth in each group. After the final irrigation with NaOCl, modified NaOCl, EDTA, MTAD and control group (distilled water) samples filled with bioceramic based sealer with or without core, then samples cut horizontal sections with 2 mm dentin thickness in root coronal and middle third. Measurements were made for each section.

Results: In our study, the highest bonding strength was reported in NaOCl while the lowest bonding strength was observed in modified NaOCl. The resistance values of the coronal sections were significantly higher than those of the middle third, although not statistically significant. According to the results obtained from our study, the resistance of connection was found to be statistically higher than that of the groups with bulk filling ($p < 0.05$).

Conclusion: Because of the lower dentin connection value of modified bioceramic root canal paste of modified NaOCl, it is more accurate to use standard NaOCl of clinician in cases where monoblock effect is expected in canal filling. We also think that bioceramic paste should be used as non-cored for high dentin connection.

Keywords: Bioceramic based root canal sealer, modified NaOCl, bond strength.

İÇİNDEKİLER

Tez Kabul ve Onay.....	iii
Önsöz	iv
Özet	v
İngilizce Özet (Abstract)	vi
Simgeler, Şekiller ve Tablolar Dizini.....	viii
1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler.....	2
2.1. Kök Kanallarının İrrigasyonu.....	2
2.1.1. Sodyum Hipoklorit.....	3
2.1.2. Modifiye Sodyum Hipoklorit.....	6
2.1.3. EDTA.....	8
2.1.4. MTAD.....	10
2.2. Kanal Dolgu Materyalleri.....	13
2.2.1. Katı Kor Materyalleri.....	13
2.2.1.1. Gütaperka.....	13
2.2.1.2. Resilon.....	14
2.2.1.3. Gümüş Kon.....	15
2.2.2. Kök Kanal Patları.....	15
2.2.2.1. Biyoseramik Esaslı Patlar.....	16
2.3. Push-out Bağlantı Dayanımı Testi.....	26
3. Gereç ve Yöntem.....	28
3.1. Örneklerin Hazırlanması ve Kanal Şekillendirmesi.....	28
3.2. Örneklerin Kanal Şekillendirmesi.....	28
3.3. Obturasyon ve Kesit Alma.....	32
3.4. Kesitlerin Push-out Bağlantı Testi ile İncelenmesi.....	33
4. Bulgular	35
5. Tartışma	36
6. Sonuçlar	43
7. Kaynaklar.....	44
8. Özgeçmiş	64
9. Ekler.....	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

NaOCl	Sodyum Hipoklorit
EDTA	Etilendiamintetraasetikasit
MTAD	Mixture of Tetracycline Acid and Detergent



ŞEKİL DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. Şekillendirme için hazırlanmış dişler	29
2. NaOCl	31
3.ModifiyeNaOCl	31
4. ModifiyeNaOCl	31
5. EDTA	31
6. MTAD	32
7. Universal Instron Test Cihazı (Lloyd LRX cihazı)	34

TABLO DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1. Biyoseramik Patlar	19
2. Well-Root ST ile Farklı Biyoseramik Patların Karşılaştırılması	26
3. Çalışmamızda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	30
4. Gruplarda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları	30
5. Korlu Dolumlara Ait Bağlantı Dayanımı Bulguları	35
6. Korsuz Dolumlara Ait Bağlantı Dayanımı Bulguları	36





1. GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin başarısı için; pulpal ve periapikal doku hastalıklarının oluşmasında önemli rol oynayan mikroorganizmaları kök kanalından uzaklaştırmak ve tekrardan kontamine olmasını engellemek için kök kanal sisteminin üç boyutlu olarak doldurulması önem arz etmektedir.

Endodontik tedavide mekanik şekillendirme kadar irrigasyon işlemi de vazgeçilmez unsurlardan birisidir. Kanal tedavisi esnasında birçok kanal irrigasyon solüsyonu kullanılsa da, ideal özelliği bulunan bir irrigan hala bulunamamıştır. Kliniklerde endodontik tedavi için NaOCl, MTAD, EDTA gibi geleneksel ve güncel irriganlar kullanılsa da, ideal bir irrigasyon solüsyonu bulunmayışı nedeniyle, varolan/yeni irrigasyon ajanları geliştirilmesi yoluna gidilmektedir. Son zamanlarda geliştirilen Hypoclean, %5'lik NaOCl içine düşük yüzey gerilimi sağlaması için sürfaktan eklenerek geliştirilmiş endodontik irrigasyon solüsyonudur.

Yine son yıllarda piyasa sunulan biyoseramik esaslı kök kanal patları fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri nedeniyle popülerlik kazanmıştır. Piyasaya çıkan yeni bir kök kanal dolgu materyali (Well-Root ST, Vericom, Kore), küçük partiküler boyutu olan biyoseramiğin dentin tübülleri, lateral kanallara kolaylıkla akabilme ve dentine kimyasal olarak da bağlanabilme özelliğine sahiptir. Bu doğrultuda, biyoseramik esaslı patların dentin yüzeyine bağlantısının daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Kök kanal tedavisi sırasında kullanılan irrigasyon solüsyonları ve kanal patları birbirini etkileyebilmektedir. Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının korlu ve korsuz kullanılabilmesiyle ilgili üretici firmanın önerileri olmasına karşın bu konuyla ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte, farklı irrigasyon solüsyonları ile yıkanan kök kanallarında biyoseramik esaslı kök kanal patı ile korlu ve korsuz dolumların dentini etkileyen bağlantı dayanımını değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Çalışmamızda, kanal şekillendirmesinde son irrigasyon solüsyonu olarak kullanılan modifiye NaOCl'nin %5 NaOCl, %17 EDTA ve MTAD ile karşılaştırılarak, korlu ve korsuz olarak biyoseramik esaslı kök kanal patı ile doldurulmuş dişlerdeki kök kanal dolgu materyalinin dentin yüzeyine bağlantısının değerlendirilmesi ve bu konudaki bilgi eksikliği giderilmeye çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kök Kanallarının İrrigasyonu

Kök kanal tedavisi, kalan pulpa artıklarını uzaklaştırmak, kanalı bakterilerden arındırmak ve yeniden enfekte olmayacak şekilde tıkamak için temizleme, şekillendirme ve kök kanal sisteminin doldurulması amacı taşımaktadır (1, 2). Kök kanal anatomisindeki karmaşık yapılanma endodontik aletin mekanik etkisini sınırlandırmaktadır, bu nedenle antibakteriyal etkinliği olan kimyasal bir solüsyon kullanılmasına ihtiyaç vardır (2). İrrigasyon solüsyonlarının antibakteriyal etki göstermesi dışında bazı özellikleri de taşıması gerekmektedir; organik doku ve vital-nekrotik pulpa artıklarının çözmeli, inorganik dokuyu çözmeli, mikroorganizmaları elimine etmeli ve endotoksinleri nötralize etmelidir (3). Ayrıca periapikal dokulara toksik etki göstermemeli, düşük yüzey gerilimine sahip olmalı ve mekanik şekillendirmeye yardımcı olması için lubrikasyon özelliği göstermelidir (4).

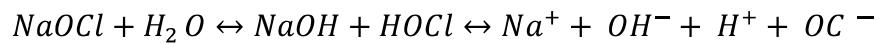
Kök kanal sisteminde mikroorganizma invazyonu miktarı, mikroorganizma türüne ve kanalda bulunduğu süreye bağlı olarak değişmektedir. Dentin tübülleri mikroorganizmalar için rezervuar görevi görmektedir. Enfekte dişlerde bazı bakteri türleri dentin tübüllerinde yaşayabildiği hatta tübül içerisinde 300µm derinliğe kadar ilerleyebildiği gösterilmiştir (5). İrrigasyon, kök kanal sisteminde mekanik yöntemlerle ulaşılabilen alanlara ve dentin tübüllerinin derinliklerine ulaşarak antimikrobiyal etki sağlamakta, biyofilm ve smear tabakasına penetre olup uzaklaştırmaktadır (3). Smear tabakasının son irrigasyon ile uzaklaştırılması; kök kanal patının dentin yüzeyini ıslatmasını (6, 7) ve dolum materyalinin kök kanal dentini ile olan adaptasyonunu arttırmaktadır (7-10). Ayrıca apikal ile koronal mikrosızıntıyı azaltmakta (7, 9-12) ve irrigasyon solüsyonları ile kanal içi medikamentlerin kök kanal sistemine difüzyonunu ve etkinliğini arttırmaktadır (7, 9, 10).

İdeal irrigasyon solüsyonunda aranan özellikleri tek başına karşılayabilen bir irrigasyon solüsyonu olmadığı için, irrigasyon solüsyonları kombine şekilde kullanılmaktadır.

2.1.1 Sodyum Hipoklorit

İnsanlarda non-spesifik hücre reaksiyonlarında nötrofiller tarafından üretilen ve yabancı görülen maddeleri veya hücreleri parçalayıp inaktif hale getirilmesinde kullanılan hipoklor bileşiklerinde bulunan klor, doğada da serbest halde bulunmayıp çeşitli elementlerle bileşik halinde bulunmakta olan bir elementtir (13). NaOCl, henüz antibiyotiklerin keşfedilmemiş olduğu 1.Dünya savaşı yıllarında Dakin tarafından, %1'lik sodyum bikarbonatla seyreltilerek kullanılmış ve cephede binlerce hayat kurtararak dikkatleri üzerine çekmiştir. Sodyum hipoklorit (NaOCl) ilk olarak 1919 yılında endodontik irrigasyon solüsyonu olarak tanımlanmıştır (14). Grossman ve Meiman'ın 1941 yılında %3'lük NaOCl'in pulpal dokuları çözdüğünü göstermesi ile Lewis'in 1954 yılında kök kanal tedavilerinde kullanımını önermesi bu bileşiğin endodontik kullanıma yerleşmesini sağlamıştır. İdeal kök kanal irrigasyon solüsyonundan istenen birçok özelliği taşımaktadır. Yüksek organik doku çözücü etkinliği vardır, bu özelliği ile birçok irrigasyon solüsyonundan üstün kabul edilmektedir. Vital-nekrotik pulpayı, dentin ve smear tabakasının organik bileşenlerini çözme yeteneğine sahiptir (15-18). Sodyum hipoklorit geniş spektrumlu antimikrobiyal etkinliğe sahip irrigasyon solüsyonudur (17-20) ve biyofilm içinde organize olan bakterilere de etki ederek onları öldürmektedir (21).

NaOCl'in sulu çözeltisinde sodyum hidroksit (NaOH) ve hipokloröz asidin (HOCl) dinamik bir dengesi vardır (22-24).



NaOCl, organik doku ve yağ çözücü etkinlik göstermektedir. Çözdüğü maddeleri yağ asidi tuzu (sabun) ve gliserole (alkol) dönüştürüp yüzey geriliminin azalmasına neden olmaktadır (22-24). Yüzey gerilimin azalması ile irrigasyon solüsyonu kök kanal sistemindeki ulaşılamayan alan, lateral kanal ve dentin tübüllerine daha iyi penetre olabilmekte (23) ve lateral kanal ile dentin tübüllerindeki protein çözücü etkinliğini arttırmaktadır (9).

NaOCl, aminoasitleri su ve tuza dönüştürerek nötralize etmektedir. Hidroksil iyonlarının ortaya çıkması ile pH artmaktadır. NaOCl'in ürünlerinden olan hipokloröz asit organik dokularla temas ettiğinde çözücü gibi davranmakta ve klorin

miktarını arttırmaktadır. Klorin, proteinlerin amino grubu ile yer değiştirip kloramin oluşumuna neden olmaktadır. Hipokloröz asit ($\text{HOCl}^\bullet$) ve hipoklorit iyonları ($\text{OCl}^\bullet$) aminoasitlerin bozulmasına ve hidrolizine neden olmaktadır. Ayrıca hipokloröz asit bakterilerin oksidatif fosforilasyonunu, hücre membran aktivitelerini ve DNA sentezini bozarak etki etmektedir (22).

Klorin ile amino grubu (NH) arasındaki reaksiyon sonucu oluşan kloramin hücre duvarına zarar vermektedir. Bakterilerin hücre duvarında metabolizmayı yöneten, hücre bölünmesini ve büyümeyi sağlayan, hücre duvarının son halini almasını sağlayan, lipit biyosentezi yapan, elektron transportu yapan ve oksidatif fosforilasyonu sağlayan enzimler bulunmaktadır (25). Güçlü oksidan olan klorin bakterilerin esas enzimlerinin sülfidril gruplarının geri dönüşümsüz oksidasyonuna neden olarak bakterilerin inhibisyonunu sağlamaktadır (22).

NaOCl , %0.5-6 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılabilir. Bütün konsantrasyonlarda organik doku çözme etkinliği göstermektedir. Organik doku çözme özelliği sayesinde tüm irrigasyon solüsyonlarından üstün bulunmaktadır. Doku çözme kabiliyeti; solüsyonun konsantrasyonuna, kullanılan irrigasyon miktarına, solüsyonun temas zamanı ve açığa çıkan dokunun miktarına bağlıdır (26, 27). Daha yüksek konsantrasyonlarda daha fazla organik doku çözmektedir (28) fakat periapikal dokular için zararlıdır (29). Ayrıca solüsyonun pH'ı düştükçe, ortamdaki organik doku miktarı arttıkça ve aktif klor konsantrasyonu düştükçe doku çözücü etkinliği azalmaktadır (28). Solüsyonun aktif klor miktarı, saklama koşullarından ciddi oranda etkilenmektedir. Isı, ışık, pH, metal iyonlarının varlığı, organik materyal varlığı ve atmosferik karbondioksit miktarı solüsyonun kimyasal stabilitesini bozmaktadır (13). Ayrıca, konsantrasyonu %2.5 ila %5.25 arası değişen NaOCl irrigasyon solüsyonu kullanımı kök dentininin mekanik özelliklerini değiştirerek mikro sertliğini azaltmakta ve kırılabilirliğini arttırmaktadır (30).

NaOCl 'in hangi konsantrasyonda kullanılması gerektiği günümüzde halen tartışma konusudur; bazı araştırmacılar %5.25'lik konsantrasyonu önerirken, diğerleri % 3'lük hatta % 0.5'lik ve daha düşük konsantrasyonu tercih etmektedirler (31, 32). Soares ve ark. (33) yaptığı bir çalışmada %1,25 ve % 5'lik konsantrasyonlarda kullanılmış NaOCl solüsyonda her grupta mikroorganizma sayısında azalma gözlemlerken, en fazla azalmanın %5'lik NaOCl kullanılan grupta olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca Gomes ve ark. (34) yaptığı çalışmaya göre, %0.5'lik NaOCl *E.faecalis* üzerine bakterisid etkisini 30 dakikada gösterirken

%5.25'lik NaOCl 30 saniyeden daha kısa sürede göstermektedir, bu sebeple %5.25'in NaOCl'in ideal ve en etkili konsantrasyon olduğu bildirilmiştir.

Kök kanal enfeksiyonlarında %70'den fazla oranda anaerob bakteriler izole edilmektedir (35, 36). *E.feacalis* endodontik tedavi sonrasında başarısızlık görülen birçok vakada bulunan biyofilm oluşturma yeteneği olan fırsatçı patojen mikroorganizmadır (36, 37). *E.feacalis*, dentin tübülleri içine 500µm derinliğe penetre olabilmektedir (38). Sementin olmadığı durumlarda *E.faecalis* 3 haftalık inkübasyon süresi sonunda dentin tübüllerine 800-1000 µm penetre olduğu (23, 39) buna rağmen dentin tübüllerine en iyi penetre olan solüsyonun %6'lık NaOCl'in 20 dakika 45 °C bekletilmesiyle 300 µm olduğu ve bakterinin ulaştığı derinliğe ulaşamadığı rapor edilmiştir (23, 40). *C.albicans*, endodontide apikal periodontitisli vakaların tedavisinde kullanılan dezenfektanlara en dirençli patojendir (35, 36). Morago ve ark. (38) yaptığı çalışmaya göre NaOCl irrigasyon solüsyonu tüm konsantrasyonlarda dentin tübülleri içine penetre olabilmektedir. Çünkü NaOCl biyofilm tabakasını bozma veya uzaklaştırma özelliğine sahip tek irrigasyon solüsyonudur. Zayıf bir şelasyon ajanı (HEBP) ile %2.5'lik NaOCl birlikte kullanıldığında antimikrobiyal aktivitesi artarken smear tabakası varlığında aynı antimikrobiyal aktiviteyi gösterememektedir. %2.5'lik NaOCl QMix veya EDTA (41) gibi güçlü bir şelasyon ajanı ile kullanıldığında smear tabakasını etkili bir şekilde kaldırdığı için antimikrobiyal aktivitesi artmaktadır (38). *E.faecalis* biyofilmleri üzerinde irrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin incelendiği bir çalışmada, %1 ve %6'lık NaOCl solüsyonunun 1 ve 5 dakika temas etmesi ile mikroorganizmaların %99.7 oranında öldüğü, MTAD ve %2'lik CHX solüsyonlarının ise mikroorganizmaların %60.5'ini öldürdüğü ve biyofilm tabakasının %16'sını uzaklaştırdığı rapor edilmiştir (42).

C.albicans türlerine karşı NaOCl, kısa temas süreleri ve düşük konsantrasyonlarda da etkili olabilmektedir. *İn vitro* koşullarda yapılan bir çalışmaya göre, %0.5'lik ve %5'lik NaOCl solüsyon ile *C.albicans*'ın 30 saniyelik temasla tamamen öldüğü, %0.05'lik çok düşük konsantrasyonda ise patojenitesinin azaldığı rapor edilmiştir (43).

2.1.2. Modifiye NaOCl

NaOCl kanaldan mekanik olarak debrisini uzaklaştırma, vital ve nekrotik doku çözücü etkinlik, geniş spektrumlu antimikrobiyal etki, biyofilm içindeki bakterilere etki edebilme (21), lubrikasyon, ucuz ve raf ömrünün uzun olması, kolay ulaşılması (2) gibi ideal irrigasyon solüsyonundan beklenen bir çok özellik taşıması nedeni ile tercih edilen bir irrigasyon solüsyonudur. Yüksek antimikrobiyal ve doku çözücü etkinliğine rağmen, NaOCl tek başına smear tabakasını tamamen uzaklaştıramamaktadır (2, 44, 45). NaOCl antiseptik özelliklerini aktif bakterisid etkinliğe sahip klorin oluşturan hipokloröz asitten almaktadır. Serbest klorin proteinlerin içindeki aminoasitleri parçalayarak nekrotik dokuları çözmektedir. Bu etkinin oluşma miktarı, solüsyonun konsantrasyonuna bağlıdır (2).

Geleneksel olarak kullanılan %5.25'lik NaOCl irrigasyon solüsyonunu daha da aktif hale getirmek için farklı modifikasyonlar yapılmaktadır. Sıcaklığın artırılmasının (22°C den 45°C'ye çıkartılması) doku çözücü ve antimikrobiyal etkinliğini arttırdığı rapor edilmiştir (46, 47). Kullanılan NaOCl solüsyonun sıcaklığının 25°C artışı etkinliğini 100 kat artırmaktadır. 45°C'de %1'lik NaOCl solüsyonunun insan dental pulpasını çözme kapasitesi 20°C'deki %5.25'lik NaOCl' nin kapasitesi ile eşit olduğu bulunmuştur (48). Stojicic ve ark. (27) yaptığı çalışmaya göre NaOCl'in doku çözme yeteneğinin konsantrasyon ile arttığını ayrıca agitasyonun sıcaklığını arttırmaya göre doku çözücü etkinliği daha fazla yükselttiğini rapor etmiştir. Ayrıca sahip olduğu yüksek yüzey gerilimi (48.90 mJ/m²) nedeni ile kanal düzensizlikleri içine ve dentin tübülleri derinlerine penetre olamamaktadır (18, 45, 49, 50). Sürfaktan kullanımı, NaOCl solüsyonunun kanal ve dentin tübülleri içine penetrasyonunu arttırmaktadır (2, 51). Cameron ve ark. göre, NaOCl irrigasyon solüsyonu içine eklenen sürfaktan organik doku çözücü etkinliğini arttırmaktadır (18, 52). Clarkson ve ark. (28) üç farklı NaOCl solüsyonunun doku çözme etkinliği üzerine yaptığı çalışmada aynı konsantrasyondaki solüsyonlar karşılaştırılmış ve sürfaktan eklenen solüsyonların daha hızlı etki gösterdiğini rapor etmiştir.

Sürfaktan, sadece doku çözme etkinliğini ve yüzey özelliklerini değiştirmemekte aynı zamanda antimikrobiyal etkinliği de etkilemektedir. Sürfaktan eklenen %1'lik NaOCl solüsyonunun antimikrobiyal etkinliği %5'lik konsantrasyona denktir (53).

İdeal irrigasyon solüsyonunun dentin duvarı ve debris ile en iyi şekilde temas etmesi gerekmektedir. Bu temas miktarı, solüsyonun dentini ıslatma becerisini göstermektedir (54). Genel olarak solüsyonun ıslatma becerisi, solüsyonunu yüzey gerilimi ile ıslatacağı yüzeyin yüzey gerilimi arasındaki ilişkiye bağlıdır (18). Endodontik irrigasyon solüsyonunun etkinliği, yüzey geriliminin düşürülmesi ile artmaktadır çünkü ıslatma yeteneği sayesinde kök kanalları içindeki karmaşık anatomik bölgelere ve dentin tübüllerine penetre olabilmektedir (18, 52). NaOCl irrigasyon solüsyonlarının içindeki yüzey aktif ajanlar (sümfaktan) yüzey gerilimini azaltmakta ve şekillendirme ile ulaşılabilen alanlara irrigasyon solüsyonunun ulaşmasını sağlamaktadır.

Hypoclean (Ogna Lab Srl, Muggio, İtalya), %5 NaOCl irrigasyon solüsyonun içine iki deterjan (cetrimide ve polipropilen glükol) katılarak elde edilmiş deterjan bazlı bir irrigasyon solüsyonudur (18, 49, 50, 55-57). Ayrıca Hypoclean, düşük yüzey gerilimi (29.13 mJ/ m^2) olan irrigasyon solüsyonu olarak tanıtılmaktadır. Saf NaOCl solüsyonu dentin yüzeyine temas açısı 64° iken Hypoclean dentin yüzeyinde temas açısı sıfır olacak şekilde yayılmaktadır (18, 50). Hypoclean antimikrobiyal etkinliği üstüne yapılan çalışmalarda etkinliğinin 4 haftaya kadar uzadığı rapor edilmiştir (18, 55, 57). Hypoclean *in vitro* şartlarda *C.albicans*, *P.aeruginosa*, *L.casei* üstüne en etkili ajandır (55, 56).

Hypoclean iki tiptir, Hypoclean A ve B. Her ikisinde de yüzey aktif birleşen olarak cetrimide ve polipropilen glükol bulunmasına rağmen Hypoclean A'da sümfaktan miktarı %1 daha fazladır (23).

Poggio ve ark. (2) irrigasyon solüsyonlarının antibakteriyal etkinliği üzerine yaptığı çalışmada yeni geliştirilmiş irrigasyon solüsyonu olarak proteolitik enzim ile sümfaktan içeren %5.25'lik NaOCl ve inorganik silikat içeren %5.25'lik NaOCl jel kullanmıştır. Çalışmada antimikrobiyal aktivite *E.faecalis*, *S.mutans* ve *S.aureus* bakterileri agar disk difüzyon testi ile değerlendirilmiştir. %5.25'lik NaOCl solüsyon en yüksek bakteri inhibisyon alanına sahipken yeni geliştirilmiş irrigasyon solüsyonları en düşük inhibisyon alanına sahiptir (58).

Mohammadi ve ark. (58) yaptığı çalışmada; Hypoclean ile irrite edilen grupta tedavi sonrasında hiç bakteriyal büyüme gözlenmezken 7, 14, 21 ve 28. günlerde saf %5.25'lik NaOCl solüsyonuna göre daha fazla antimikrobiyal etkiye sahiptir.

2.1.3. Etilendiamintetraasetik asit(EDTA)

EDTA ilk olarak Nygaard-Østby tarafından 1957 yılında kök kanal tedavisinde dentini yumuşatmak ve kalsifiye dar kanalların genişletilmesine yardımcı olmak için şelasyon ajanı olarak kullanılmıştır (59-61). Likit formdaki EDTA, kök kanal dentinini kimyasal olarak yumuşatma, smear tabakasını çözme ve dentin permabilitesini arttırma amacıyla kullanılmaktadır (59, 62). Yapılan çalışmalar sonucunda EDTA kullanımının dentin sertliğini azalttığı ve kırılabilirliği arttırdığı rapor edilmiştir (63). NaOCl'e göre daha az sitotoksik etkiye sahiptir (64).

Kök kanal sistemini şekillendirme esnasında, enstürmente edilen kanal duvarlarında smear tabakası oluşur (65, 66). Bu tabaka taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleme altında incelendiğinde amorf, düzensiz ve granüler bir yapıdadır (66-69). Smear tabakası ilk olarak McComb ve Smith tarafından tanımlanmıştır (65). Smear tabakası dentin talaşı, odontoblastik yapılar, nekrotik pulpa dokusu ve mikroorganizma gibi organik ve inorganik yapılar içermektedir (60, 66, 70).

Smear tabakası varlığında, bakteriler bu tabaka içinde bulunmakta, yaşamakta ve bölünmekte hatta dentin tübülleri içinde büyümeye devam etmektedir (66, 71). Bu duruma ek olarak, smear tabakası mikroorganizmaların adezyon ve kolonizasyonuna yardımcı olmaktadır (72, 73). Yoshida ve ark. (73) ile Byström ve Sundqvist (74)'in yaptığı çalışmalarda smear tabakasının uzaklaştırılması sonucu kök kanal sistemi içindeki mikroorganizma sayısının ve çeşidinin azaldığı rapor edilmiştir. Smear tabakasının kaldırılmasının nedenlerinden biri de, irrigasyon solüsyonlarının penetrasyonunu ve etkinliklerini arttırmak (66), seans aralarında uygulanan kanal içi medikamentlerin dentin tübüllerine penetrasyonunu arttırmak ve kullanılan kanal patlarının kök kanal duvarlarına adaptasyonunu arttırarak kök kanal tedavisinde hermetik tıkamayı sağlamaktır (60).

Şelat ajanları, organik asit ve sodyum hipoklorit içeren birçok kimyasal solüsyon ve kombinasyonları smear tabakasını kaldırmak için kullanılmaktadır. Endodontik tedavide en çok kullanılan şelat ajanı etilendiamintetraasetik asitin disodyum (EDTA) tuzudur. Smear tabakasının içindeki organik ve inorganik dokuyu çözerek tamamen kaldırmak için yaygın olarak EDTA ve sodyum hipoklorit kullanılmaktadır (75-77). En etkili şekillendirme solüsyonu %5.25 NaOCl iken en etkili son irrigasyon 10 ml %5.25 NaOCl takip eden 10 ml %17 EDTA'dır (69).

Şelasyon özellikli irrigasyon solüsyonları dentindeki hidroksiapatit kristali içindeki kalsiyum (Ca^{+2}) ve fosfat (PO_4^{-3}) iyonlarını uzaklaştırmaktadır. Hidroksiapatit kristal içindeki kalsiyum ve fosfat dental sert dokular içindeki major inorganik yapıyı oluşturur. Hidroksiapatit kristalinin $\text{Ca}^{+2}/\text{PO}_4^{-3}$ iyonu oranı 1.67 mol/L'dir ve bu değer ortamdaki Ca^{+2} varlığına, kristal yapısına, anatomik yerine ve kullanılan tespit yöntemine göre değişmektedir (75, 78). $\text{Ca}^{+2}/\text{PO}_4^{-3}$ iyonu oranındaki en ufak bir değişim organik ve inorganik birleşenlerde de değişime neden olabilmektedir ve orandaki değişim permabilite, mikrosertlik ve kök dentini çözünürlüğünü etkilemekle (75, 78, 79) birlikte rezin-bazlı siman ve kök kanal patlarının örtüleme yeteneği ile adezyonunu olumsuz etkilemektedir (75, 79, 80). Dentin adezyon özelliği yapışacağı yüzeyde kalan Ca^{+2} iyonlarına bağlıdır (75, 80, 81) ve yüzeyde fazlaca Ca^{+2} iyonu kaybı adeziv materyallerin bağlantı gücünü azaltmaktadır (82).

EDTA'nın smear tabakasını kaldırma kapasitesi birçok çalışmada incelenmiştir (83-87). Di Lenarda ve ark., %15'lik EDTA'nın 1 mol/L sitrik asit kadar smear tabakası kaldırdığını bildirmişlerdir (83). Garberoglio ve Becce, %3'lük EDTA solüsyonunun %17'lik EDTA solüsyonu kadar etkili smear tabakası kaldırdığını rapor etmişlerdir (84). Nakashima ve Terata, kök kanal dezefektanlarının geçirgenliği, kök kanal patlarının ıslatma yeteneği ve endodontik kanal patlarının adezyon kuvveti konularında %3'lük EDTA'nın %15'lik EDTA'dan klinik olarak daha kullanışlı olduğunu rapor etmişlerdir (85). Perez ve Rouqueyrol-Pourcel, 3 dakika %8'lik EDTA irrigasyonunun 1 dakika %15'lik EDTA irrigasyonu kadar etkili olduğu sonucuna varmışlardır (86). Teixeira ve ark. yaptığı çalışmaya göre, EDTA ve NaOCl kullanılan tüm uygulama şekillerinde (1, 3 ve 5 dakika) servikal ve orta üçlüde smear tabakasını etkili bir şekilde kaldırılırken; apikal üçlüde smear tabakasını kaldırma etkinliği belirgin şekilde düşmektedir (87).

EDTA, smear tabakası kaldırılırken dentin erozyonu da oluşmaktadır. EDTA ve NaOCl'in birlikte kullanımı sonucu peritübüler ve intertübüler dentinde ileri derecede dentin çözünmesi oluşmaktadır ve dentin tübülleri açıklığı 2.5-4 μm genişlemektedir (66, 88). Kök kanal dentini ve dentin tübüllerindeki erozyon, irrigasyon solüsyonunun tipi, konsantrasyonu, pH'ı, miktarı ve uygulama süresine bağlı değişmektedir (66). Çalt ve Serper'e göre, %17'lik EDTA smear tabakasını tübüllerde yıkıcı erozyon yaparak tamamen kaldırmaktadır, bu nedenle dentin erozyonunu en aza indirmek için EDTA uygulama süresinin ve miktarının

azaltılması önerilmektedir (89). Serper ve Çalt'a göre ise, en iyi uygulama şekli düşük konsantrasyondaki nötr pH'daki EDTA'dır, bu şekilde ortaya çıkacak erozyon en aza indirilmektedir (90). Tavsiye edilen EDTA uygulama süresi 1 dakika ile sınırlandırılmalıdır (59).

Ayrıca, EDTA solüsyonu rejenerasyon tedavilerinde kullanılan bir irrigasyon ajanıdır. İntrakanal dezenfeksiyonu için NaOCl solüsyonu sıkça kullanılsa da kök hücreler üstünde toksik etki yaparak hücrelerin tutunma ve canlı kalma ihtimallerini düşürmektedir (91-93). EDTA kullanımı, kök hücrelerinin kurtulma şanslarını arttırmakta (93) ve dentine adezyonunu desteklemektedir (94). Oluşacak hücre adezyonu yapışacağı yüzeyin kimyasal ve topografik özelliklerinden etkilenmektedir (95) çünkü ıslanabilirlik, yüzey özellikleri sayesinde değişmektedir (91). EDTA gibi şelasyon ajanları inorganik kalsiyum fosfat kristali yapısındaki kalsiyum iyonunu açığa çıkartarak, dentinin yüzey özelliklerini değiştirmekte (91) ve ıslanabilirliğini arttırmaktadır. Islanabilirliğin artması ile hücreler adezyon proteini olan fibronektinlere daha iyi bağlanmakta ve adsorbsiyona daha uygun hidrofilik bir yüzey yaratmaktadır (96). Ayrıca EDTA, tümör büyüme faktörü- β (TNF- β), kemik morfojenik protein-2 (BMP-2), trombosit kökenli büyüme faktörü (PDGF) ve vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) gibi dentin matris birleşenlerinin açığa çıkmasını sağlamaktadır (97-99) ve açığa çıkan büyüme faktörleri sayesinde kök hücrelerin çoğalmasını ve odontoblastik/osteoblastik farklılaşmanın artmasını tetiklemektedir (91).

2.1.4. MTAD

Endodontik kullanım için NaOCl, EDTA, klorheksidin (CHX) ve iodyum potasyum iyodid (IKI) gibi yaygın olarak kullanılan birçok irrigasyon solüsyonu bulunmaktadır. Hiçbir irrigasyon solüsyonu ideal kök kanal irrigasyonuna ait tüm özellikleri taşımamaktadır, tüm irrigasyon solüsyonlarının avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. NaOCl irrigasyon solüsyonunun birçok avantajı vardır; nekrotik doku çözücü etkinlik, birçok mikroorganizmaya karşı antibakteriyal özellik, mikroorganizmaların yarattığı biyofilmi eritme. Bazı dezavantajları da vardır; hoş olmayan tadı, yüksek toksisite ve tek başına smear tabakasını kaldıramaması. EDTA, kalsiyum şelatıdır ve smear tabakasındaki inorganik yapıyı çözmektedir fakat smear

tabakasını tamamen kaldırmak için organik doku çözücü özellikteki NaOCl solüsyonla birlikte kullanılması gerekmektedir (100). Ayrıca, EDTA'nın antimikrobiyal özelliği bulunmamakta hatta NaOCl ürünü olan klorini inaktive ederek etkinliğini azaltma özelliğine sahiptir (101). CHX iyi antimikrobiyal özelliklere rağmen doku çözücü özelliğine sahip değildir. İki geniş antimikrobiyal etkinliğine rağmen alerjik reaksiyon riski bulunmaktadır (100).

İrrigasyon solüsyonların avantaj ve dezavantajlarının olması nedeni ile ideal irrigasyon solüsyonunda olması gereken özellikleri taşıyan yeni irrigasyon solüsyonları ortaya çıkmaktadır. MTAD (doksisisiklin, sitrik asit ve deterjan [Tween80] karışımı; Dentsply, Tulsa,OK, ABD) alternatif kök kanal irrigasyon solüsyonu olarak ilgiyi üstüne çekmeyi başarmıştır (100). MTAD, Torabinejad ve Johnson tarafından 2003 yılında Loma Linda Üniversitesi'nde tanıtılmıştır. Geniş spektrumlu antibiyotik %3 doksisisiklin, demineralize edici ajan olarak %4.25 sitrik asit ve deterjan olarak %0.5 polisorbata 80 (Tween 80) içermektedir (100, 102).

MTAD'nin antimikrobiyal aktivitesi ile ilgili yapılmış birçok çalışma vardır (103-106). Davis ve ark. yaptığı çalışmaya göre, MTAD *E.faecalis* üzerinde NaOCl, CHX ve Dermacyn (superoksit su, Oculus Innovative Sciences, Petaluma,CA)'dan daha fazla mikrobiyal inhibisyon bölgesi yarattığını bildirilmiştir (103). Portenier ve ark. tam konsantrasyonda (%100) MTAD ve %0.2 CHX'in *E.faecalis*'i hızlıca öldürdüğünü rapor etmiştir (104). Shabahang ve Torabinejad, %1.3 NaOCl ile MTAD'nin son irrigasyon olarak kullanılmasının *E.faecalis*'i 7-8 kat daha fazla yok ettiği için daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır (105). Torabinejad ve ark. göre MTAD, *E.faecalis* üzerinde NaOCl göre daha etkili iken, EDTA'nın antimikrobiyal aktivitesi yoktur. Sadece MTAD *E.faecalis*'i 2 ya da 5 dakika içinde öldürmektedir (106).

MTAD'nin antifungal etkisinin üç irrigasyon solüsyonu ile karşılaştırıldığı Mohammadi'nin yaptığı araştırmaya göre, MTAD %1.3'lük NaOCl ve %2'lik CHX'e göre daha kalıcı etki göstermiştir. MTAD'nin kök kanal sistemi içindeki antifungal etkisinin en az 28 gün sürdüğü belirlenmiştir (107). Ruff ve ark. (108) %6'lık NaOCl ve %2'lik CHX antifungal etki olarak eşit ve MTAD ile %17'lik EDTA'dan fazla olduğunu bildirmişlerdir (100).

MTAD'nin smear tabakasını kaldırmakta etkili bir irrigasyon solüsyonudur. Çünkü MTAD düşük yüzey gerilimine (34.5mJ/m^2) sahip bir irrigasyon solüsyonudur ve bu nedenle dentin duvarları ile temas miktarı ve dentin tübüllerine

penetrasyon derinliği fazla olmaktadır (49). Smear tabaka kaldırma etkinliği EDTA ile NaOCl kullanımı ile karşılaştırılarak araştırılmış, apikal uçlúde MTAD'nin daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır (76, 109-113). Torabinejad ve ark. MTAD'nin smear tabakasını kaldırma etkinliğinin iyi olduğunu ve %5.25'lik NaOCl ve %5.25'lik NaOCl ile EDTA kullanımı sonrası dentin tübülleri yapısında bir değişim olmadığını ve EDTA'ya göre diş yapısına daha az zarar vererek smear tabakasını kaldırdığı bildirmiştir (76). De-Deus ve ark., %5 sitrik asit ve MTAD'nin %17'lik EDTA'ya göre inorganik dokuyu daha hızlı çözdüğünü rapor etmiştir (109). Gouddusi ve ark. (110), De-Deus ve ark. (112), Ertaş ve ark. (113) göre, smear tabakasını uzaklaştırırken kullanılan koronal bakteriyal sızıntısı incelendiğinde MTAD veya EDTA'nın arasında belirgin bir fark bulamamıştır. Park ve ark. MTAD'nin koronal bölgede smear uzaklaştırma etkinliği ve doldurulan kök kanallarında oluşan mikrosızıntı miktarını araştırmış ve MTAD'ın NaOCl ile irrigasyon yapılmış kanallara göre daha az mikrosızıntıya neden olduğu rapor etmiştir (111).

İrrigasyonların pulpa dokusunu çözme etkinliği üzerine yapılan çalışmada, Beltz ve ark. %5.25'lik ve %2.60'lık NaOCl'in etkili pulpa dokusu çözücüsü olduğunu belirtmişlerdir. EDTA organik (pulpa) ve inorganik (dentin) doku çözebilmektedir. Çözücü etkinliğinin %70'ini dentinde ve %51'den fazlasını pulpada yapmaktadır ve MTAD'nin özellikleri EDTA ile benzetilmektedir (15).

MTAD, biyouyumluluğu bir materyaldir ve dentin-pulpa ile biyouyumluluğu EDTA'ya denktir (114).

2.2. Kanal Dolgu Maddeleri

Kanal dolgu materyalleri katı kor materyali ve kök kanal patı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1. Katı Kor Materyali

2.2.1.1. Gütaperka

En sık kullanılan katı kor materyalidir. Gütaperka trans-1-4-poliizopren yapısındadır. Sapotaceae ailesine ait bir tür ağaçtan (*Isonandra gutta*) elde edilen lateksin yoğunlaştırılması ile elde edilir (115, 116). İlk defa 1843 yılında Sir Jose d'Almeida tarafından diş hekimliğine kullanılmıştır. Doğal yollarla elde edilen gütaperka, doğal kauçuktan daha sert, biraz daha kırılğan ve daha az elastiktir (117).

Kolay uygulanması, düşük toksisite göstermesi, biyouyumluluğu, radyoopasitesinin iyi olması, gerektiğinde ısıtıcı ve çözücülerle sökülebilmesi kullanımını yaygınlaştırmıştır (118).

Gütaperka oda sıcaklığında rigid bir yapıdadır ve 25-30°C'de daha esnek hale gelirken yumuşama derecesi 64°C, erime derecesi 100°C ve parçalanma derecesi ise 150°C'dir (115). Gütaperka iki kristal formda bulunmaktadır; alfa ve beta. Bu iki kristal faza ek olarak amorf yapıda da bulunabilir. Doğada bulunan gütaperka alfa fazındadır ve genellikle termoplastik kök kanal dolgu tekniklerinde bu kristal formu kullanılmaktadır. Geleneksel gütaperka konları beta fazına bulunurlar ve 42-49°C 'de alfa fazına dönüşmektedirler. Isıtılmaya devam edilirse 53-59°C 'de kristal yapı eriyerek amorf yapı kazanmaktadır. Çok yavaş soğutulduğunda (1 saatte 1 °F) alfa formuna geri dönmektedir. Normal soğutulduğunda ise beta fazına geçmektedir. Alfa ve beta fazları arasındaki bu değişimler gütaperkada önemli hacimsel değişimlere neden olmaktadır. Aşırı derecede ısıtma sonrası yapılan soğutmada hacimsel olarak aşırı büzülme görülür ve kök kanal dolumu sırasında boşluklar oluşmasına neden olmaktadır. Bu sebeple sıcak dolum tekniklerinin basınçla uygulanması gerekmektedir. Alfa fazı, beta fazına göre daha akıcıdır ve kök kanal duvarlarına daha iyi adapte olmaktadır (119). Gütaperka yumuşatıldığında kıvamını bir süre

koruyabilmektedir ve bu süre içinde istenilen yere adaptasyonu rahatlıkla yapılabilmektedir.

Gütaperka su veya sulu maddelerde erimez; kloroform, halotan gibi organik kimyasal çözücülerde erimektedir (115). Birçok çalışmada gütaperka çözücü olarak okaliptol yağı, portakal yağı ve çam yağı gibi esansiyel yağlar kullanılması tavsiye edilmiştir (120, 121).

Gütaperka içeriğinde yaklaşık %20 oranında gütaperka, yaklaşık %75 oranında çinko oksit içermektedir. Kalan %5-10'u bağlayıcı, radyoopaklık veren materyal ve renklendiricilerden oluşmaktadır (4).

Gütaperka'nın plastisitesi, kolay manipüle edilmesi, toksisitesinin az olması, radyoopaklığı, ısı ve solventlerle kolayca çözünüp uzaklaştırılması gibi birçok avantajı vardır (122). Bu özellikleri yanı sıra, en önemli avantajlarından birisi üzerinde bakteri büyümesine izin vermemesidir (4, 123) fakat bakteri kontaminasyon durumunda yapısı nedeni ile ısı ile sterilize edilmemektedir, %5.25'lik NaOCl ile 1 dakika bekletilmesi gütaperka dezenfeksiyonu için yeterli olduğu belirtilmiştir (124-126).

Gütaperkanın sıcaklık değişimlerinde büzülmesi yanı sıra, en önemli dezavantajlarından bir tanesi dentin ile bağlantı yapamamasıdır (122). İdeal kök kanal tedavisinde kök kanalın üç boyutlu olarak doldurulması gerekmektedir, gütaperka ile yapılan kök kanal dolumlarında kanal dolgu patı kullanılması gerekmektedir. Kanal dolgu patı gütaperka ile kanal duvarı ve gütaperkalar arasındaki boşluğu doldurmaktadır (4).

2.2.1.2. Resilon

Resilon (Resilon Research, LLC, Madison, Connecticut, ABD), 2004 yılında diş hekimlerine tanıtılmış termoplastik sentetik polimer esaslı (yüksek performanslı endüstriyel poliüretan) bir kök kanal obturasyon materyalidir (127, 128). İçeriğinde metakrilat rezin, biyoaktif cam, baryum sülfat ve bizmut oksiklorit bulunmaktadır (128). Gütaperka ile aynı karakterde olduğu iddia edilmekte ve tüm geleneksel dolum yöntemlerinde gütaperka gibi kullanılabilmektedir. Epiphany/RealSeal dual-cure rezin esaslı kompozit kök kanal dolgu patı ile birlikte kullanılmaktadır. Matriks

olarak Bisfenol A epoksi (Bis-GMA), üretan dimetakrilat (UDMA) ve hidrofilik metakrilat ile kalsiyum hidroksit, baryum sülfat ve baryum silikat içermektedir (128, 129).

Resilon sisteminde hem pat hem de kor materyal kanal duvarlarına bağlanmaktadır. Üretici firma pat-kor ikilisinin bir monoblok yapı oluşturduğunu iddia etmektedir. Resilon ile doldurulan kanalların geleneksel gutaperka ile doldurulan kanallara göre bakteriyel sızıntıya (127) ve kırılmaya karşı daha dayanıklı (130) olduğu bildirilmiştir. Toksisite ve mutajenik aktivasyon göstermez, biyouyumludur (128).

2.1.2.3. Gümüş Kon

Gümüş konlar, saf gümüşten yapılmaktadır. Kök kanal anatomisindeki düzensizliklere tam adapte olamadığı için uzun dönemli takiplerinde adaptasyonu bozularak, sızıntıya neden olmaktadır. Ayrıca kanal içinde korozyona neden olup toksik etki göstermekte ve dişte renklenmeye neden olmaktadır. Bu nedenlerle günümüzde kullanılmamaktadır (4).

2.2.2. Kök Kanal Patları

Genellikle kök kanal boşluğunun büyük bir bölümü gutaperka ile tıkanmaktadır fakat gutaperka dentin yüzeyine bağlanma özelliği göstermemektedir. Bu nedenle dentin duvarı ile gutaperkalar arasında kalan boşluk kanal patları ile doldurulmakta ve gutaperkanın kanal duvarları ile uyumu arttırılmaktadır. Patlar rezorbe olabilmekte, sertleşirken büzülme göstermekte, erime özelliği bulunmakta ve toksik özellik taşımaktadır (131).

İdeal kanal dolgu maddesi apekte sert doku oluşmasını arttıracak ve apikal bölgenin hermetik tıkanmasını sağlayarak periapikal dokuların bütünlüğünü korumalı ve ideal iyileşme koşulları sağlamalıdır (131, 132). Ayrıca, ideal kanal dolgu patı bakteri ve sıvıların kök kanalına girişini engelleyecek daimi bir bariyer oluşturmalı, kanal içindeki boşlukları doldurarak kök kanal sistemi içinde kalan

mikroorganizmaların çoğalması ve kolonize olması için gerekli olan besin kaynağı girişi ile toksin ve kalan mikroorganizmaların periradiküler dokulara geçişine engel olmalıdır (132).

Adezyon, moleköl yapısı farklı iki yüzeyin bağlanması veya yapışmasıdır. Kimyasal ve mekanik olarak gerçekleşir. Mekanik adezyonda mekanik bir kilitlenme söz konusudur, yüzeylerin geometrik yapıları ve yüzey özellikleri önemlidir. Kimyasal adezyonda ise moleköl düzeyde bir bağlanma vardır. İyonik, kovalent ve van der Waals bağları ile bağlanma gerçekleşir. Adeziv sistemin fonksiyonel monomerlerinin fosfat ve karboksil grupları ile hidroksiapatit kristalleri bağlanmaktadır (131).

Dentine bağlanma mineye göre daha zor ve karmaşıktır. Çünkü dentin hidrofiliktir, yüzey enerjisi mineden düşüktür, heterojendir ve şekillendirme sonrası yüzeyinde oluşan smear tabakası bağlanmayı zorlaştırır (131).

Adezyon, endodontik tedavinin başarısı için kilit rol oynamaktadır. Diş yapısına düzgün bağlantı gösteren bir kök kanal dolgusu dentin tübüllerinin derinine penetre olmuş mikroorganizmaların büyüme ve çoğalmasına engel olmakta, endotoksinlerinin periapikal dokulara geçmesine engel olmaktadır (145).

Bağlanma konusunda konfigürasyon faktörü (C-faktör) çok önemlidir. Kanal duvarlarında bağlanan yüzey alanının bağlanmayan yüzey alanına oranı (C-faktör) ne kadar yüksek olursa bağlantı dayanımı o kadar fazla olmaktadır (131, 133). C-faktör 3:1'den büyük olan onarımlar bağlantı ve mikrosızıntı açısından risk altındadır (134). Kök kanal tedavileri için C-faktör 20-100 arasında değişmektedir, bu değer kanal çapı ve uzunluğuna bağlıdır (131, 135). Bir patın akıcılığı arttıkça bağlanmayan yüzey alanı azalacağı için C-faktör artmaktadır (136)

2.2.2.1. Biyoseramik Esaslı Patlar

Biyoseramikler, medikal ve dental alanda kullanıma uygun üretilmiş seramik materyallerdir. Alumina, zirkon, biyoaktif cam ve rezorbe olabilen kalsiyum fosfat ile radyoterapi camları içermektedir (137-140). Biyoseramikler, kristal (safir), polikristalin (alumina ya da hidroksiapatit), cam (Bioglass), cam seramik (Ceravital ya da A/W cam-siman) ya da kompozit (paslanmaz çelik fiber ile güçlendirilmiş Bioglass ya da polietilen hidroksiapatit) olarak bulunmaktadır (138).

Biyoseramikler yaygın olarak ortopedik uygulamalarda (eklem ve doku protezi) metal implantların biyouyumluluğunu arttırmak ve kaybolmuş vücut dokusunu yerine koymak için çözünebilir bir iskelet oluşturmak amacıyla kullanılır (137-141). Ayrıca seramikler ve camlar gözlük endüstrisinde, tanı araçlarında, kimyasal malzemelerin saklanması, termometrelerde, doku kültürü şişelerinde ve endoskopik fiber optik kablolarında kullanılmaktadır. Çözünmeyen pöröz camlar enzimlerin, antibodylerin ve antijenlerin taşınmasında kullanılmaktadır bunun nedeni mikrobiyal ataklara, pH değişimlerine, çözücülere, sıcaklık ve basınç değişimlerine karşı dayanıklı bir yapı göstermesidir (138).

Biyoseramikler, endodontide ilk olarak 1990'lı yıllarda retrograd dolgu materyali olarak kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda, kök kanal tamir simanı, kök kanal patı ve gütaperka konuları kaplamak için kullanılmıştır (142, 143).

Biyoseramikler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (140);

- Biyoinert: Biyolojik sistem ile etkileşime girmeyen,
- Bivoaktif: Doku içinde çözünmeyip etrafındaki doku ile etkileşime geçebilen,
- Biyobozunur, çözünebilir, rezorbe olabilen: Çözündükçe doku yapımını destekleyip doku ile yerdeğiştirebilen materyaller.

Biyoseramikler, endodontik uygulamalar dışında diş hekimliğinin farklı alanlarında da kullanılmaktadır. Alumina ve zirkon protezde biyoinert seramik olarak kullanılmaktadır. Kalsiyum-fosfat esaslı materyaller gibi pöröz yapıları seramikler kemik defektlerin doldurulmasında tercih edilmektedir. Ayrıca kalsiyum silika [MTA (Tulsa Dental) ve BioAggregate (DiaDent)] kök tamir materyali ve kök kanal dolgu materyali olarak kullanılmaktadır (140).

Biyoseramiklerin en önemli avantajları; fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleridir. Biyoseramikler biyouyumlu, non-toksik ve biyolojik çevre için kimyasal olarak stabildir (143). Endodontik biyoseramikler neme ve kan kontaminasyonuna hassas değildir ve bu nedenle teknik hassasiyeti yoktur (138, 139, 141, 144-146). Neme karşı hassas olmaması içeriğindeki trikalsiyum silikat (Ca_3SiO_5 veya C_3S) ve dikalsiyum silikat (Ca_2SiO_4 veya C_2S) sayesinde (147). Boyutsal olarak stabildir, hatta sertleşme sırasında hafifçe genişir bu nedenle diş

hekimliğinde en iyi tıkkama materyalidir. Sertleşme reaksiyonu tamamlandıktan sonra uzun süreli sızdırmazlık sağlayacak şekilde çözünmezlerdir. Sertleşme sırasında pH'sı 12'nin üzerindedir, bunun nedeni olarak hidrasyon reaksiyonu ile kalsiyum hidroksit oluşturur, sonrasında kalsiyum ve hidroksil iyonlarına ayrılmaktadır (139, 140, 145).

Biyoseramikler sertleşme reaksiyonunu tamamlayana kadar antibakteriyal özellik gösterirken, sertleştikten sonra biyouyumlu ve biyoaktif özellik kazanmaktadır. Doku sıvıları ile temas sonrasında ortaya kalsiyum hidroksit açığa çıkartmakta, kalsiyum hidroksit de fosfatlarla etkileşime geçerek hidroksiapatit oluşturmaktadır (140, 148). Bu özelliği nedeni ile pulpa kuafajı, pulpatomi, perforasyon tamiri, retrograd dolgu ve açık apeksli genç daimi dişleri kök kanal dolgusunda kullanılmaktadır (149).

Endodontik kök kanal patları çeşitlilik göstermektedir; cam iyonomer, çinko oksit ojenol, rezin, kalsiyum hidroksit ve biyoseramik esaslı kök kanal patları. Biyoseramik esaslı kök kanal patları, içeriğindeki kalsiyum silikat ve/veya kalsiyum fosfat sayesinde ilgiyi üzerinde toplamaktadır; bunun nedeni ise biyoseramik esaslı patlar alkali pH'da olması, biyolojik çevredeki kimyasal stabilitesi ve büzülmemesi hatta hafif genleşmesi gibi fiziksel ve biyolojik özelliklerine sahip olmasıdır (147). Hibrit biyoseramik kanal patları biyoseramik içeren rezin patlardır ve bu patlar da non-toksik ve biyouyumludur (145, 150, 151). (Tablo 1)

Tablo 1: Biyoseramik Patlar (147)

Materyal	Üretim	İçerik
Saf Biyoseramik Patlar		
EndoSequence BC Pat	Brasseler ABD, Savannah, GA, ABD	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, zirkonyum oksit,
(iRoot SP kök kanal patı)	(Innovative Bioceramix, Vancouver, Kanada)	kolloidal silika, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit.
TechBioselar Endo	Isasan, Rovello Porro, CO, İtalya	Toz: beyaz Portland çimentosu, kalsiyum klorit, montmorillonit sodyum florit, bizmut oksit.
Bio Root RCS	Septodont, Saint-Maur-des-fossés Cedex, Fransa.	Likit: Dulbecco's Phosphate-Buffered Solution (DPBS)
Endo-CPM-Sealer	EGEO SRL, MTM Argentina Buenos Aires, Arjantin.	Toz: trikalsiyum silikat, trikalsiyum oksit, trikalsiyum alümat ve diğer oksitler. Likit: salin ve kalsiyum klorit.
ProRoot Endo Sealer	Dentsply Tulsa Dental Specialties, Dentsply/Maillefer, Ballaigues, İsviçre.	Toz: trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, bizmut oksit ve trikalsiyum alüminat. Likit: suda çözünür polimerin visköz çözeltisi.

Hibrit Biyoseramik Patlar		
MTA Fillapex	Angelus Solucoes Odontologias Lodrina PR, Brezilya.	Karıştırma sonrasında MTA, salisilat rezin, doğal rezin, dilue rezin, bizmut oksit ve nanopartiküllü silika ve pigment.
MTA Plus	Prevest-Denpro, Jammu City, Hindistan.	Toz: ProRoot MTA ile aynı.
	Avalon Biomed Inc., Bradenton, FL, ABD.	Likit: tuzsuz polimer jel ve su.
MTA Obtura	Angelus, Angelus Odontologica, Lodrina PR, Brezilya.	Toz: Portland çimentosu ve bizmut oksit. Likit: sıvı rezin.

Tablo 1: Endodontide Kullanılan Biyoseramik ve Hibrit Kanal Patları

hekimliğinde en iyi tıkama materyalidir. Sertleşme reaksiyonu tamamlandıktan sonra uzun süreli sızdırmazlık sağlayacak şekilde çözünmezlerdir. Sertleşme sırasında pH'sı 12'nin üzerindedir, bunun nedeni olarak hidrasyon reaksiyonu ile kalsiyum hidroksit oluşturur, sonrasında kalsiyum ve hidroksil iyonlarına ayrılmaktadır (139, 140, 145).

Biyoseramikler sertleşme reaksiyonunu tamamlayana kadar antibakteriyal özellik gösterirken, sertleştikten sonra biyouyumlu ve biyoaktif özellik kazanmaktadır. Doku sıvıları ile temas sonrasında ortaya kalsiyum hidroksit açığa çıkartmakta, kalsiyum hidroksit de fosfatlarla etkileşime geçerek hidroksiapatit oluşturmaktadır (140, 148). Bu özelliği nedeni ile pulpa kuafajı, pulpatomi, perforasyon tamiri, retrograd dolgu ve açık apeksli genç daimi dişleri kök kanal dolgusunda kullanılmaktadır (149).

Endodontik kök kanal patları çeşitlilik göstermektedir; cam iyonomer, çinko oksit ojenol, rezin, kalsiyum hidroksit ve biyoseramik esaslı kök kanal patları. Biyoseramik esaslı kök kanal patları, içeriğindeki kalsiyum silikat ve/veya kalsiyum fosfat sayesinde ilgiyi üzerinde toplamaktadır; bunun nedeni ise biyoseramik esaslı patlar alkali pH'da olması, biyolojik çevredeki kimyasal stabilitesi ve büzülmemesi hatta hafif genleşmesi gibi fiziksel ve biyolojik özelliklerine sahip olmasıdır (147). Hibrit biyoseramik kanal patları biyoseramik içeren rezin patlardır ve bu patlar da non-toksik ve biyouyumludur (145, 150, 151). (Tablo 1)

Tablo 1: Biyoseramik Patlar (147)

Biyoseramik patlar farklı şekillerde piyasaya sunulmuştur. Çoğunluğu toz-likit şeklindeyken bir bölümü enjekte edilebilen şırıngalarda önceden karıştırılmış formda bulunmaktadır. Önceden karıştırılmış, enjekte edilebilen kalsiyum fosfat silikat esaslı patların ortaya çıkması ile karıştırma sırasında oluşabilecek hataların ve toz/likit orana bağlı olan heterojen kıvamın önüne geçilmektedir. Bu tip enjekte edilebilen hazır patların önceden karıştırılması susuz ortamda yapılmaktadır. Susuz hazırlanan ve şırıngada saklanan patlar sadece sulu ortamda sertleşmektedir (147, 152). Kanaldaki patın sertleşmesi için aşırı neme ihtiyaç duyulmamaktadır. EndoSequence BC patın üreticileri, irrigasyon sonrasında dentin tübüllerinde kalan nemin sertleşme reaksiyonunun başlaması ve tamamlanması için yeterli olduğunu belirtmişlerdir (147).

Kök kanal tedavilerinde kullanılan bazı biyoseramik patlar ve özellikleri aşağıda belirtilmiştir;

1. BC Sealer ve iRoot SP

Zirkonyum oksit, trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kolloid silika, kalsiyum fosfat ve kalsiyum hidroksit içeren önceden karıştırılmış biyoseramik kanal patıdır (153). Zirkonyum oksit radyopak malzeme olarak kullanılmaktadır (151). BC Sealer'ın radyoapasitesi 3.83 mm Al denktir fakat AH Plus'tan (6.936 mm Al) belirgin şekilde azdır (150). Patın inorganik ve radyopaklık veren bileşenleri susuz likit inceltici içinde önceden karıştırılmış halde bulunur. Sertleşme reaksiyonunu başlaması ve tamamlanması için suya ihtiyacı vardır. Çevreden gelen ve kalsiyum fosfat ile kalsiyum hidroksitin reaksiyonu sonucu ortaya çıkan su sayesinde kalsiyum silikat hidrat fazı oluşumuna neden olmaktadır (151). Hidroksiapatit, kalsiyum silikat hidrat fazı sonucu oluşmaktadır ve dentin duvarı ile kanal patı arasındaki bağlantıyı güçlendirmektedir (143).

Üretici firmaya göre oda sıcaklığında sertleşmesi 4 saat sürerken, çok kuru kanallarda sertleşme reaksiyonu 4 ila 10 saat arasında değişmektedir (143). *İn vitro* koşullarda yapılan çalışmalara göre, 72 saat içinde erken sertleşme tamamlanmakta ve 240 saat içinde son sertleşme reaksiyonunu tamamlamaktadır. Ayrıca, aynı

çalışmaya göre sertleşme reaksiyonu sırasında aşırı su bulunması, BC Sealer'ın mikrosertliğini ve kırılmaya karşı dayanımını belirgin şekilde düşürmektedir (151).

BC Sealer'ın bağlantı dayanımı üstüne yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışmalarda iRoot SP; AH Plus, Epiphany ve MTA Fillapex'e göre daha yüksek bağlantı dayanımı göstermektedir (154, 155). Kök kanal patının yapısı kadar dolum teknikleri de bağlantı dayanımı üstünde etkilidir. Kök kanal patının tipi ne olursa olsun patın tek başına kullanıldığı teknikler, tek kon tekniğine göre daha yüksek bağlantı dayanımı göstermektedir (156). Özellikle kalsiyum silikat esaslı kök kanal patları daha iyi bağlantı dayanımı göstermektedir (157). Ayrıca kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının sertleşirken az da olsa genişmesi, çok küçük boyutlu partiküller içermesi, dentin tübüllerinin içine akmasını sağlayacak viskozite seviyesine sahip olması kök kanal dentinine bağlantısını ve bağlantı direncini arttırmaktadır (158). Soğuk lateral kondensasyon tekniği ile doldurulan kanallarda iRoot SP ve AH Plus benzer bağlantı dayanımı göstermektedir (159).

BC Sealer veya iRoot SP'nin sitotoksitesi süreye ve konsantrasyona bağlıdır. Taze iRoot SP orta dereceli toksik, sertleşme reaksiyonundan sonra hafif toksik, sertleşme tamamlandıktan sonra (7. gün) ve dilue edildiğinde (1/50, 1/100) non-toksiktir (143). Güven ve ark. (160) iRoot SP ile MTA insan diş germi kök hücrelerinin odontoblast benzeri hücrelere dönmesini ve protein ile mineralizasyonla ilişkili gen sayesinde biyomineralizasyonu teşvik ettiği sonucuna varmışlardır (161). iRoot SP, MTA'ya göre daha düşük indüksiyon potansiyeline sahiptir fakat AH Plus'a göre sert doku biriktirme potansiyeli daha fazladır (161).

iRoot SP'nin antibakteriyal etkinliği; yüksek pH, hidrofiliklik ve aktif kalsiyum hidroksit iyonu oluşturması özelliklerinin birleşmesi ile oluşmaktadır. Antibakteriyal etkinliğinin 3 gün devam ettiği ve 7. günün sonunda herhangi bir antibakteriyal etkinliğinin kalmadığı bulunmuştur (145). Endodontik kanal patlarının dentin tübülü içindeki bakterilere karşı etkisi incelenmiştir, BC Sealer 1., 7. ve 30. günlerde *E.faecalis*'te sırasıyla %18, %35 ve %45 oranında azalmaya neden olmuştur (162).

2. **MTA Fillapex**

MTA Fillapex yeni salisilat rezin ve kalsiyum silikat-esaslı biyoseramik kanal patıdır (163). MTA Fillapex içeriğinde, mineral trioksit agregat, salisilat rezin, doğal rezin, bizmut ve silika bulunmaktadır (143).

iRoot SP ile benzer şekilde, MTA Fillapex yüksek çözünürlüğe, pH'ya ve kalsiyum iyon salınımına sahiptir (164, 165). MTA-esaslı kök kanal patı olması nedeni ile bağlantı davranışını da etkilemektedir ve AH Plus ile iRoot SP'ye göre daha az bağlantı dayanımı göstermektedir (143). Sagsen ve ark. (159) yaptığı çalışmada MTA Fillapex, iRoot SP ve AH Plus'ın koronal bölgede bağlantı dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamasa da orta ve apikal üçlüde MTA Fillapex'in bağlantı dayanımı belirgin şekilde azalmıştır. Bunun nedeni, MTA Fillapex'in tag benzeri yapılar ve dentine bağlantı yeteneğinin zayıf olmasıdır. MTA Fillapex'in rezin bileşeni dentine bağlanmasını etkilemektedir (159). Fakat içeriğindeki rezin sayesinde alkali ortamlarda yaşamını sürdürebilen *E.faecalis* üzerinde bakterisid etki göstermektedir (166).

3. **MTA Plus**

MTA Plus, kök kanalı tamir materyali ve retrograd dolgu olarak piyasaya sürülmüştür. MTA Plus'ın en önemli avantajı, MTA'ya göre %50 daha küçük ve <1µm partikül boyutlarına sahip olmasıdır (167, 168). Dişte renklenmeye neden olan ProRoot ile benzer içerikte olan ucuz maliyetli ince grenli tozu bulunur ve likit ya da jel ile karıştırılır (169). Likit veya jel ile kullanım arasında hidrasyon, pH, kalsiyum iyon salımı gibi fizikokimyasal reaksiyonlar arasında bir fark olmamasına rağmen trikalsiyum ve dikalsiyum silikat esaslı materyal jel ile karıştırılarak kanal patı olarak kullanılabilir. Ayrıca jel ile karıştırma hem kullanım kolaylığı sunmakta hem de erozyon direncini arttırmaktadır (143, 170). Jel/toz oranını değiştirerek farklı sertleşme zamanları ve fiziko-reolojik özellikler elde edilebilmektedir (169).

MTA Plus geliştirilmiş reaksiyon, uzun süreli kalsiyum salınımı ve ProRoot MTA'ya göre lokal pH artımının fazla olması özellikleri göstermektedir. İyon salınım özelliği ince grenli tozu, porozitesi, su absorpsiyon kapasitesi, çözünürlüğü ve kalsiyum fosfat minerallerine dönüşümü ile ilgilidir (143).

DeLong ve arkadaşları (154) termoplastik yöntemler kullanarak MTA Plus ve EndoSequence BC Sealer kök kanal patlarının push-out bağlantı dayanımını karşılaştırmışlardır. Yapılan çalışmaya göre, MTA Plus ve EndoSequence BC Sealer tek kon tekniği ile dolumda uygun bir bağlantı dayanımına sahipken, MTA Plus devamlı ısı ile obturasyon tekniğinde tek kon tekniğine göre daha az bağlantı dayanımı göstermektedir. Fakat bu farklılık EndoSequence BC Sealer grubunda gözlenmemiştir.

Sitotoksiste üzerine yapılan çalışmaların birinde MTA Plus ve MTA karşılaştırılmıştır. MTA Plus ve MTA'nın sitotoksik ve apoptoza engel olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, MTA Plus'ın daha fazla alkalen fosfataz ürettiği bildirilmiştir (171). Gri ve beyaz MTA Plus'ın göz ardı edilebilecek derecede düşük sitotoksik etkileri vardır. Gri MTA Plus, beyaza göre daha fazla hücre büyümesine ve hücrelerin canlı kalmasına izin vermektedir (172). Pulpatominin arkasından kuafaj amaçlı kullanılan MTA Plus'ta 30 ila 60 gün arasında dentin köprüsü olduğu görülmüş, pulpanın 60 gün sonunda canlı olduğu tespit edilmiştir (173). Pulpa kuafajında MTA Plus, ProRoot MTA ile benzer özellikler göstermiştir (143).

4. Biyoseramik kaplı gütaperka

Geleneksel gütaperkalardan farklı olarak, EndoSequence BC gütaperkası biyoseramik nanopartiküller ile kaplanmıştır. Fiziko-kimyasal ve biyolojik özellikleri hakkında yapılmış yeterli çalışma bulunmamaktadır. Fakat üretici firma EndoSequence BC Sealer ile biyoseramik kaplı gütaperkanın birlikte kullanılması ile dentine kimyasal ve mekanik bağlanma oluştuğunu iddia etmektedir. BC Sealer ve BC gütaperka birlikte üç boyutlu sızdırmaz bir dolum sağlamaktadır (143).

5. Bivoaktif Cam

Bivoaktif cam, kalsiyum sodyum fosfosilikat içeriğinde yüksek biyoyumluluğu ve apatit benzeri hücreler için iskelet yapı oluşturabilen bir materyaldir. Bu bivoaktif yeteneği nedeni ile çürük bilimi, restoratif diş hekimliği ve periodontolojide kullanılmaktadır (174, 175). Bivoaktif cam, doku mühendisliği,

kemik regenerasyonu ve dentin remineralizasyonunda yaygınca kullanılmaktadır, çünkü doku sıvıları ile teması sonucu hidroksikarbonat apatit oluşturan eşsiz biyoaktif yeteneği bulunmaktadır (175).

Biyoaktif cam dental kliniklerde air polishing ve minimal invaziv kavite preparasyonu amaçlı (176) kullanılmanın yanı sıra diş macunlarında hassasiyet giderici olarak, adeziv materyalleri ve kemik regenerasyon materyalleri içinde yer almaktadır (174, 175). Ayrıca biyoaktif cam, pahalı bir materyal olmadığı için klinik endodontide ve endodontik tedavilerde kullanıma uygundur. Mohn ve ark. biyoaktif cam içine %50 oranında bizmut oksit karıştırarak kök kanal dolum materyali olarak kullanmışlar, yüksek pH değeri elde etmiş ve radyopaklığını 4.94 mm Al eşdeğerine getirmişlerdir (177).

Biyoaktif camın direkt ve indirekt antibakteriyal etkinliği bulunmaktadır (178). Ayrıca kalsiyum hidroksitin aksine dentin ile teması sonrasında antimikrobiyal etkinliğinde azalma olmamaktadır (179). Biyoaktif camların antimikrobiyal etki mekanizmaları tam olarak anlaşılamamıştır. Etkinliği sulu çözeltisini pH'yı arttırması veya ozmotik etki veya Ca^{+2} konsantrasyonunun artması ile ilgili olduğu düşünülmektedir (179). Fakat antibakteriyal etkinlik direkt olarak iyon salınımına bağlı pH'nın artması ile ilgili değildir (180). Biyoaktif cam çevre doku sıvılarıyla temas ettikçe ortama kalsiyum, fosfat, sodyum, silika salınımına neden olmaktadır (179). Na^{+} ve Ca^{+2} iyon salınımı nedeni ile oluşan alkali pH mikrobiyolojik yaşamı etkilemektedir. Ayrıca, silika, kalsiyum ve fosfor bakteriler üzerinde direkt ve indirekt etkileri bulunmaktadır (179). Deneysel elde edilen niobiyum fosfat biyoaktif camın (NPBG) biyofilm oluşumunu inhibe ettiği ve 14 günlük inkübasyon sonucunda yaşayan mikrobiyal hücre sayısında azalmaya neden olduğu görülmüştür (181).

6. Well-Root ST

Well-Root ST, kök kanallarının daimi olarak kapatılması için geliştirilmiş, kullanıma hazır, enjekte edilebilir biyoaktif kalsiyum aluminosilikat esaslı kök kanal patıdır. Well-Root ST, sertleşmesi için suyun varlığını gerektiren kalsiyum aluminosilikat içeriğe sahiptir. Well-Root ST sertleşme sırasında büzülmemekte ve üstün fiziksel özellikler sergilemektedir (182).

Uygun bir çalışma ve sertleşme zamanı vardır. Sertleşme zamanı %100 nem ortamında 25 dakika sürerken, kök kanalı içerisinde ortalama 2,5 saat sürmektedir (182).

Dentine kimyasal bağlantı göstermektedir. Sertleşme sırasında ve sonrasında yüzeyinde hidroksiapatit kristalleri oluşturmaktadır. Sertleşme sırasında pH'sı 12'nin üstüne çıkmaktadır. Bu yüzden yüksek antibakteriyel özelliğe sahiptir (182).

Farklı biyoseramik türleri ile bazı özellikleri karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2: Well-Root ST ile Farklı Biyoseramik Patların Karşılaştırılması

	MTA	Sentetik MTA	EndoSequence BC	Well-Root ST
Renk	Gri	Beyaz	Beyaz	Beyaz
Toksisite(Ağır metal)	Toksik	Non-toksik	Non-toksik	Non-toksik
Genleşme	%2'nin üstünde	%0,1'in üstünde	%0.2	%0,05
Uygulanabilirlik	Karıştırma gerekli	Karıştırma gerekli	Kullanıma hazır	Kullanıma hazır
Sertleşme zamanı	4 saatin üstünde	4 saatin üstünde	2,7 saat	2,5 saat

2.3. Push-out Bağlantı Dayanımı Testi

Bağlanma; iki maddeyi moleküller arasındaki çekim sayesinde tam olarak temasa getiren ve bir arada tutan kuvvettir. Bağlanan madde adeziv, bağlanma yüzeyi adherent (substrat), bağlantı tabakasını oluşturan bileşenler ise bağlayıcı madde olarak tanımlanmaktadır (183, 184). Bağlantı mekanik ve kimyasal olmak üzere iki şekilde meydana gelmektedir. Adeziv, adherentin pürüzlü yüzeyine penetre olarak bağlanıyorsa mekanik bağlanma, adherente moleküler ve atomik düzeyde bağlanıyorsa kimyasal bağlanma gerçekleşmektedir (184). Endodontik araştırmalarda

ise bağlanma, kök kanal dolgu maddesinin kök kanalından ayrılmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır.

Dental materyallerin klinik performanslarını değerlendirmek için birçok bağlantı dayanımı testi bulunmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan çeşitli materyallerin bağlantı dayanımlarını değerlendirmek amacıyla, makaslama bağlantı dayanımı, gerilme bağlantı dayanımı ve push-out bağlantı dayanımı testleri kullanılmaktadır. Makaslama bağlantı dayanımı testinde, kuvveti uygulayan yükleme cihazı, adeziv ve adherentin bağlandığı ara yüzey ile paralel olacak şekilde kuvvet uygulanmaktadır (185). Fakat bu paralelliğin zor sağlanması ve işlem esnasında gerçekleşen devrilmeler, hatalı sonuçlar alınmasına ve yöntemin sorgulanmasına neden olmaktadır. Kuvvetin uygun şekilde iletilebilmesi amacıyla iltmik tel, bıçak kenarı ya da künt bir çubuk kullanılarak yöntem modifiye edilmiştir. Gerilme bağlantı dayanımı testinde dentin ya da gütaperkadan oluşturulan dentin diskleri üzerine uygulanan kanal dolgu patının bir kanca yardımıyla çekilmesiyle bağlantı dayanımı ölçülmektedir. Bu yöntemde makaslama yönteminin aksine örnek ile bağlanan materyal aynı düzleme getirildiği için daha homojen bir stres dağılımı elde edilebileceği düşünülmektedir. Ancak dental ortamda elastik ve plastik deformasyonları farklı olan bağlayıcı sistemler, kompozit rezinler, demineralize ve mineralize dentin yüzeylerinin bir arada bulunması bu yöntemlerde homojen stres dağılımı elde edilmesini imkânsız kılmaktadır (186).

Push-out bağlantı dayanımı testi, 26 geleneksel gerilme ve makaslama testlerine göre örneğe daha fazla makaslama kuvveti iletmesi (187), örnek hazırlanması sırasında bağlanma yüzeyinde daha az stres birikimi olması (186, 188) ve uygulanan kuvvetin kliniği taklit eder tarzda dentin tübüllerine dik, bağlantı yüzeyine paralel gelmesi (189) nedeniyle günümüzde ilk tercih edilen bağlantı dayanımı test yöntemidir. Bu özelliklerinden dolayı çalışmamızda da push-out bağlantı dayanımı testi tercih edilmiştir.

Push-out bağlantı testi ilk defa 1996 yılında fiber postların retansiyon dayanımlarını değerlendirmek için kullanılmıştır (190). Yakın zamanda push-out testleri kanal dolgu materyallerinin kök kanalına bağlantı dayanımlarının ölçülmesinde kullanılmaya başlanmış (189, 191) ve klinik durumu taklit ettiği yapılan çalışmalarla kabul edilmiştir (192). Push-out bağlantı dayanımı testlerinde gütaperka gibi termoplastik materyallerin deformasyonunu önlemek için kanal

anatomisine uygun farklı çaplarda uçlar kullanılmalıdır (187, 193, 194). Uygulanan kuvvet ve hazırlanan örnek dikey düzlemde aynı hizaya getirilmelidir; çünkü deney yapılan örneğin pozisyonu da uygulanan kuvvetin açısı da test sonucunu doğrudan etkilemektedir (187). Bu problemlerin önüne geçmek için; kanal çapına uygun uçlar kullanılmalı, uygulanacak kuvvet ile örnek hizalanmalı, kanal konikliği göz önünde bulundurulmalı ve kuvvet apiko-koronal yönde uygulanmalıdır (193). Ayrıca push-out testinde sonuçların yanlış yorumlanmasına yol açacak bir sürtünme olabileceği ve bu riskin ortadan kaldırılması için sürtünme alanının, kalın örneklerle kıyasla, daha az olacağı 1 mm kalınlığındaki örneklerin kullanılmasının güvenilir olduğu bildirilmiştir (195, 196). Ancak Gesi ve ark. (191) kesit elde etme işlemi sırasında kanal patının dentin ile bağlantısının etkilenebileceğini belirtmişlerdir. Hashem ve ark. (197) kanal dolgu sistemlerinin bağlantısının değerlendirdikleri bir çalışmada 2 mm kalınlığında örnekler kullanmışlardır. Bu çalışmada da erken dönem bağlantısının etkilenmemesi için örneklerden 2 mm kalınlığında kesitler alınıp deneyler yapılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin Hazırlanması ve Kanal Şekillendirilmesi

Bu *in vitro* çalışma 2016/01 nolu ve 13.01.2016 tarihli 33479383/03 Sayılı etik kurul raporu onaylanmıştır. Bu çalışma Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje no: 2016-27194235-01) tarafından desteklenmiştir. Çalışmamızın deneyleri Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2. Örneklerin Kanal Şekillendirilmesi

Çalışmamızda biyoistatistik ön değerlendirmeye dayanarak, anonimize edilmiş, çürük, ortodontik veya periodontal doku hastalığına bağlı kemik kaybı gibi nedenlerle çekim endikasyonu konulan tek köklü, tek kanallı, kök gelişimi

tamamlanmış 120 adet üst keser dişler kullanıldı. Dişlerin kök yüzeyindeki eklentiler ultrasonik piezotomun kazıyıcı ucu yardımıyla temizlendikten sonra dişler %5,25'lik NaOCl içinde bekletildi. Distile su ile yıkanıp kullanılacakları zamana kadar serum fizyolojik solüsyonunda saklandı. Kökünde çatlak veya çürük bulunan ya da kök ucu açık olan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Tüm deneysel girişimler aynı operatör tarafından yapıldı. Standardizasyon amacıyla her bir kök örneğinin uzunluğu 15 ± 1 mm olacak şekilde dişlerin mine-sement kısmından elmas disk ile kesildi (şekil1).



Şekil 1: Şekillendirme için hazırlanmış dişler.

Her bir örnekte kanal genişliğine göre 10 veya 15 nolu K-tipi eğeler (Dentsply-Maillefer Instruments SA, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak kök ucundan 1 mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi. Köklerin apikal kısımları NiTi K tipi el eğeleri (Dentsply Maillefer, ABD) ile ISO #40'a kadar kök kanal şekillendirilmesi

yapıldı. Koronal şekillendirme #3 Gates Glidden frezler (TGdent) ile tamamlandı. Kanallar crown-down tekniği kullanılarak döner NiTi eğe sistemi ile (Protaper, Dentsply, İsviçre) apikal genişlik # 40 boyutu olan F4'e kadar genişletildi. Her kanal aleti değişiminden sonra, kanallar 2 ml %5'lik NaOCl (Wizard, İstanbul, Türkiye) ile irrigate edildi. Final irrigasyon öncesinde her bir örnek distile su ile yıkandı.

Final irrigasyon için örnekler her grupta 24 diş olmak üzere rastgele olarak beş ana gruba ayrıldı (Tablo 3). Her grup Tablo 3'te gösterildiği şekilde farklı irrigasyon solüsyonları ile irrigate edildikten sonra her bir örneğin kök kanalı distile su ile yıkandı. 24 dişten oluşan her grup, gütaperka korlu veya korsuz dolum yapılmak üzere ikiye ayrıldı (n=12) (Tablo 4).

Tablo 3: Çalışmamızda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

	İrrigasyon Solüsyonu	Kullanılan gruplar
A	5 ml % 2,5 NaOCl. (Wizard, Rehber Sanayi, İstanbul, Türkiye) (şekil2)	Grup 1, 6
B	5 ml modifiye sodyum hipoklorit (Hypoclean, OGNA, Muggio, İtalya)(şekil 3, 4)	Grup 2, 7
C	5 ml % 5 EDTA (Imicryl, İstanbul, Türkiye) (şekil 5)	Grup 3, 8
D	5 ml MTAD (Dentsply International, Johnson, ABD) (şekil 6)	Grup 4, 9
E	5 ml Distile Su (kontrol grubu)	Grup 5,10

Tablo 4: Graplarda Kullanılan İrrigasyon Solüsyonları

	Korlu Dolum	Korsuz Dolum
NaOCl	Grup 1	Grup 6
Modifiye NaOCl	Grup 2	Grup 7
EDTA	Grup 3	Grup 8
MTAD	Grup 4	Grup 9
Distile Su	Grup 5	Grup 10



Şekil 2: NaOCl



Şekil 5: EDTA



Şekil 3, 4: Modifiye NaOCl (Hypoclean)



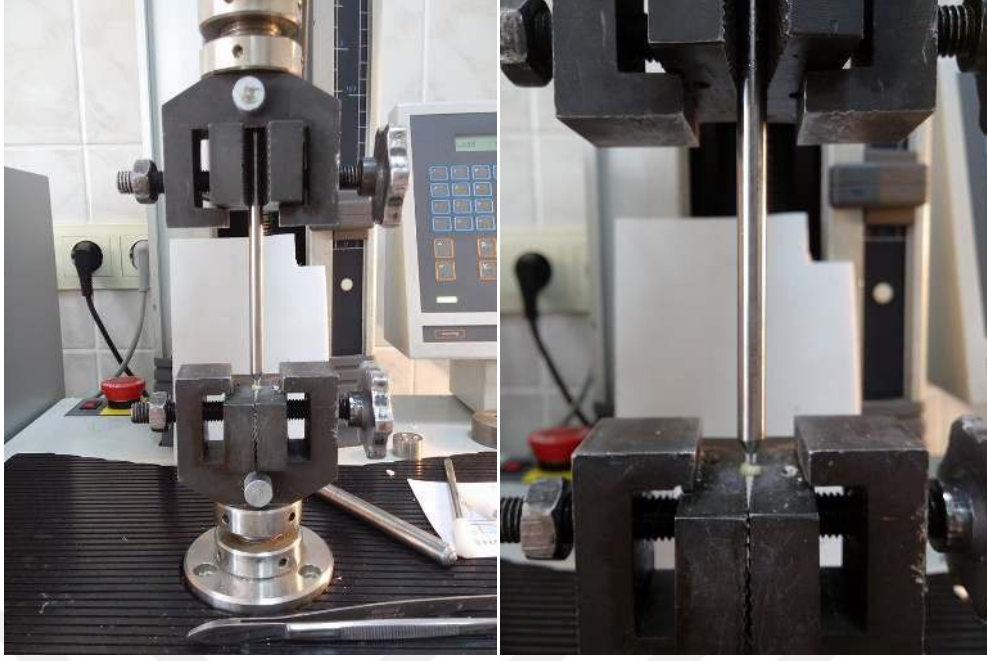
Şekil 6: MTAD

3.3. Obturasyon ve Kesit Alma

İrrigasyon işlemleri ardından dişler kâğıt koniler ile kurulandıktan sonra kökler, biyoseramik kanal dolgu materyali (Well-Root ST, Vericom, Kore) ile gütaperka (Protaper Universal Gütaperka F4, Dentsply, İsviçre) korlu ve korsuz olmak üzere dolduruldu. Kanal dışında kalan gütaperka ısıtılmış el aleti ile kesildi. Kesim sonrasında gütaperka üzerine plugger yardımı ile koronalden vertikal yönde 10 sn süre ile basınç uygulandı. Dolum işlemlerinin ardından tüm köklerin kanal ağzları, ışıkla sertleşen rezin modifiye cam iyonomer siman (Riva Light Cure, SDI, Victoria, Avustralya) ile kapatıldı. Daha sonra örnekler kanal patının tam olarak sertleştiğinden emin olmak için 37 °C ve %100 nemli ortamda 7 gün boyunca bekletildi. Su soğutması altında elmas disk (Sunshine Diamonds, Dr. Hopf GmbH & Co. KG, Almanya) kullanılarak her bir kökün koronal ve orta üçlüsünden 2 mm kalınlığında iki adet horizontal kesit elde edildi. Her bir deney grubu için 24 adet horizontal kesit elde edildi (n=24). Her örnek numaralandırılarak ölçüm için hazırlandı.

3.4. Kesitlerin Push-out Testi ile İncelenmesi

Farklı irrigasyon solüsyonları ile yıkanan ve korlu/korsuz doldurulan dişlerden alınan kesitlerde kök kanal patının dentine bağlantı dayanımlarının ölçülmesi Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protez Bölümü Laboratuvarı'nda yapıldı. Gruplarda bulunan her bir örnek push-out testini uygulamak için özel hazırlatılan, 0.5-0.6-0.8 mm çapında ucu olan paslanmaz çelik mil ölçüm yapılacak horizontal kesitteki kök kanal dolgusunun çapına uygun olarak universal test makinesine (Instron, LLOYD Instruments LRX, Birleşik Krallık) yerleştirildi (şekil 7). Milin ucu sadece dolgu maddesi ile temasta olacak şekilde konumlandırıldı. Her bir örneğe, 1.0 mm/dakika hızla ilerleyen uç ile bağlantıdaki kırılma oluşuncaya kadar apiko-koronal yönde itme kuvveti uygulandı. Test cihazına bağlı bilgisayar ekranında görülen yük/zaman eğrisindeki ani düşüş görülene kadar işleme devam edildi. Her bir örnek, bağlantı kopmasındaki maksimum kuvvetteki bağlantı gücü değerlendirildi.



Şekil 7: Universal Instron Test Cihazı (Lloyd LRX cihazı)

Maksimum kırılma kuvveti Newton (N) olarak kaydedildi ve bilgisayar programında aşağıdaki formül kullanılarak değerler Megapaskal (MPa) olarak kayıt edildi.

$$\text{İtmeBağlanmaKuvveti(MPa)} = \frac{\text{MaksimumKuvvet(N)}}{\text{BağlanmaYüzeyAlanı(mm}^2 \text{)}}$$

Her kesit için bağlantı alanı şu formül kullanılarak hesaplandı:

$$\text{Kök kanal dolgusu bağlanma alanı} = (\pi r_1 + \pi r_2) \times L$$

$$L \text{ değeri hesaplaması} = \sqrt{(r_1 \times r_2)^2 + h^2}$$

Bu formülde r_1 kök kanalının küçük yarıçapını, r_2 kök kanalının büyük yarıçapını ve h kesitlerin mm değerinden kalınlıklarını temsil etmektedir. π değeri 3.14 olarak hesaplamada kullanıldı.

Push-out bağlantı dayanımı deneyi sonucu elde edilen verilere ait değerler korlu ve korsuz gruplar içi ve gruplar arası olarak iki yaklaşımla analiz edilmiştir. Buna göre korlu ve korsuz grup içi karşılaştırmalarda one-way ANOVA testi uygulanarak koronal ve orta kısımların farklı irrigasyon solüsyonlarına göre (NaOCl, Modifiye NaOCl, EDTA ve MTAD) ölçüm değerlerinin farklı olup olmadığı araştırıldı. Ölçüm değerleri, ortalama, standart sapma cinsinden tanıtıcı istatistiklerle özetlenmiştir. İkinden fazla grup içeren irrigasyon solüsyonları arasındaki farklılıklar ise DUNCAN çoklu araştırma testi ile analiz edilerek farklı olan gruplar araştırıldı. Tanımlayıcı istatistikler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde gösterildi. Tüm istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi $p<0,05$ kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamızda farklı irrigasyon solüsyonları (NaOCl, modifiye NaOCl, EDTA ve MTAD) ile yapılan yıkama işlemi ardından biyoseramik esaslı kök kanal patları ile korlu ve korsuz doldurulmuş dişlerdeki dolgu materyalinin dentin yüzeyine bağlantı dayanımı ilgili veriler Tablo 4.1 ve 4.2.'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Korlu Dolumlara Ait Bağlantı Dayanımı Bulguları (MPa)

	Koronal	Orta
NaOCl	1.9 $\pm$ 0.35 ^a	1.12 $\pm$ 0.31 ^e
Modifiye NaOCl	0.95 $\pm$ 0.3 ^b	0.45 $\pm$ 0.21 ^f
EDTA	1.38 $\pm$ 0.25 ^c	1.04 $\pm$ 0.37 ^c
MTAD	1.61 $\pm$ 0.29 ^c	1.02 $\pm$ 0.34 ^c
Distile Su	0.62 $\pm$ 0.12 ^d	0.29 $\pm$ 0.11 ^g

*Farklı karakterler arasında istatistiksel farklılık görülmektedir.

Tablo 6. Korsuz Dolumlara Ait Bağlantı Dayanımı Bulguları (MPa)

	Koronal	Orta
NaOCl	4.26±0.56 ^a	3.21±0.46 ^e
Modifiye NaOCl	2.27±0.42 ^b	1.84±0.51 ^f
EDTA	3.72±0.4 ^e	3.30±0.55 ^e
MTAD	3.38±0.42 ^c	2.89±0.45 ^e
Distile Su	1.36±0.22 ^d	1.02±0.18 ^g

*Farklı karakterler arasında istatistiksel farklılık görülmektedir.

Çalışmamızda koronal ve orta üçlüde bağlantı dayanımı en düşük modifiye NaOCl'de gözlenirken, en yüksek bağlantı dayanımı NaOCl'de rapor edilmiştir. Diğer gruplar EDTA ve MTAD arasındaki ortalama bağlantı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p<0.05$).

Farklı irrigasyon solüsyonları ile yıkanan gruplarda koronal bölge bağlantı dayanımı değerleri orta üçlüye göre tüm örneklerde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere göre, korsuz dolum yapılan gruplarda korlu dolum yapılanlara göre bağlantı dirençleri istatistiksel olarak anlamlı olmak üzere daha yüksektir ($p<0.05$).

5. TARTIŞMA

Başarılı bir kanal tedavisi kök kanal sisteminin biyomekanik şekillendirmesi kadar kök kanal boşluğunun tamamen tıkanması ve oral çevreden periapikal dokulara mikroorganizma geçişine engel olacak şekilde (198) üç boyutlu doldurulmasına da bağlıdır (127).

Kök kanal morfolojilerindeki varyasyonlar nedeni ile dişlerde belli bir standartizasyon sağlamak ve aynı zamanda daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırmak için çalışmamızda kök kanal boyları ve çaplarının ölçülerek boyutsal farklılıkları elimine edilmiş üst santral kesici dişler kullanıldı.

Tüm deney gruplarındaki dişler çalışmayı etkileyebilecek boyutsal farklılıkları elimine etmek için kron kısımları elmas bir separe 15±1 mm boyunda kesildi ve kök boyları eşit olacak şekilde uzaklaştırıldı.

Tüm dişler crown-down şekillendirme tekniği kullanılarak aynı operatör tarafından genişletildi. Şekillendirme sonrası apikal açıklık ve foramen çapları kontrol edilerek standardizasyon sağlandı. Kök kanallarının apikal kısmının genişletilmesinin (#35 nolu genişlikten daha fazla), daha dar yapılan şekillendirmelere göre irrigasyonun etkinliğini arttırdığı rapor edilmiştir (199, 200). Bu nedenle araştırmamızda kullanılan irrigasyon solüsyonlarının yeterli derinliğe ulaşması için kök kanal şekillendirmesinde son eğe olarak F4 (40/0.6) kök kanal eğesi kullanıldı.

Endodontik tedavi sırasında el eğesi veya döner ege sistemleri ile yapılan mekanik şekillendirme yapılması tek başına bakterilerin eliminasyonu için yeterli değildir. Kullanılacak kök kanal dolgu patının dentine bağlantısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri dışında dentin yüzeyindeki smear tabakası ve kullanılan irrigasyon solüsyonlarından da etkilenmektedir (201-203).

Günümüzde piyasada bulunan birçok irrigasyon solüsyonu türü bulunmaktadır. Kök kanal patlarının bağlantı dirençlerinin kullanılan irrigasyon solüsyonlarına göre değiştiğini kanıtlayan birçok çalışma bulunmaktadır. Kanal şekillendirmesi esnasında farklı irrigasyon solüsyonlarının uygulanması, dentin yüzeyinin kimyasal ve yapısal içeriklerini değiştirebilmekle (78, 204) birlikte buna bağlı olarak dentin yüzeyine bağlantının değişmesine neden olmaktadır (205). Kök

kanal patının bağlanacağı dentinin ıslatma yeteneği, dentin tübüllerinin geçirgenliğine bağlı olarak meydana gelen nemlilikten etkilenmektedir (78, 204).

Çalışmamızda yeni bir irrigasyon solüsyonu ile günümüzde endodonti pratiğinde sıkça kullanılan ve etkinliği kanıtlanmış solüsyonların biyoseramik esaslı patların bağlantı dayanımına etkisinin karşılaştırılması düşünülmüştür. Bu nedenle biyoseramiğin bağlantı direncinin irrigasyon solüsyonlarına göre değişimlerini görmek amacıyla NaOCl, modifiye NaOCl, EDTA, MTAD irrigasyon solüsyonları kullanılmıştır.

Günümüzde kliniklerde en yaygın kullanılan irrigasyon ajanı NaOCl'dir. NaOCl'in yıkamadaki etkinliğindeki eksikliklerden dolayı farklı irriganlar geliştirilmiştir. Son zamanlar bu irriganlara modifiye NaOCl solüsyonu da eklenmiştir. Yüzey aktif bileşenler (sürfaktanlar) monomer, polimer ve bunların karışımından oluşan modifiye NaOCl solüsyonu (Hypoclean) sodyum hipokloritin yüzey gerilimini azaltmakta, bu sayede solüsyonun dentin tübüllerine penetrasyon yeteneği arttırarak kanal sistemine daha kolay ulaşılması sağlanmaktadır (2, 206, 207). Hypoclean solüsyonu içeriğindeki yüzey aktif bileşenler sayesinde dentin yüzeyine daha iyi dağılıp daha iyi organik dokuları uzaklaştırmakta ve açılan dentin tübüllerinin içine penetrasyon derinliğini artmaktadır (207).

Modifiye NaOCl solüsyonu kontrol grubu haricindeki tüm gruplarla karşılaştırıldığında anlamlı derecede düşük bağlantı dayanımına sahip olduğu rapor edilmiştir. Fahmy ve ark. yaptığı çalışmaya göre sürfaktan içeren NaOCl solüsyonu içermeyene göre bağlantı dayanımı düşürmektedir. Bunun nedeni olarak, dentin yüzeyinde kalan tabaka nedeniyle rezin içerikli patın tübüller içine penetre olmasına ve rezinin polimerizasyonuna engel olarak bağlantıyı etkilediği düşünülmektedir (208). Çalışmamızda modifiye NaOCl solüsyonunun diğer gruplara göre anlamlı derecede bağlantı dayanımının az olmasını irrigasyon sonrası dentin yüzeyinde kalan sürfaktan tabakasına bağlı olabileceğini düşünmekteyiz.

Kök kanal tedavisi sırasında EDTA kullanımı smear tabakasını kaldırarak dentin geçirgenliğini, yıkama solüsyonlarının etkinliğini ve penetrasyon derinliğini arttırmaktadır. Birçok çalışmada EDTA'nın likit ya da pat şeklinin en etkili temizlik süresinin 1 ile 5 dakika arası olduğu gösterilmiştir (90). Yapılan çalışmalar uzun süreli EDTA kullanımının dentin mikrosertliğinde azalmaya ve bu nedenle dentin

kırılganlığında artmaya neden olduğu rapor edilmiştir (63). Bu nedenlerden dolayı çalışmada EDTA uygulama süresi 1 dakika olarak seçilmiştir.

Deterjan (Tween 80, %0.5), asit (Sitrik asit, %4.25) ve tetrasiklin izomeri (Doksisiklin, %3) karışımından oluşan bir irrigasyon solüsyonu olan MTAD, smear tabakasının inorganik kısmı uzaklaştıran ve kanal içi dezefeksiyonu sağlayan irrigasyon solüsyonudur (209). Shokouhinejad ve ark. (210) yaptığı bağlantı dayanımı testi çalışmasına göre NaOCl/EDTA ikilisi MTAD ile karşılaştırılmış ve MTAD ile irrigasyon yapılan grupta belirgin şekilde daha yüksek bağlantı dayanımı ölçüldüğü rapor edilmiştir. Bunun nedeni olarak Tween 80'nin dentin ıslanabilirliğini ve dentin yüzey enerjisini arttırdığı düşünülmüştür. Ayrıca, deterjan içeriğinin dentinin kimyasal ve yapısal değişimlere neden olduğu için epoksirezin içerikli hidrofobik kök kanal patlarının bağlantısını bozabileceği rapor edilmiştir (197). MTAD ve EDTA arasındaki en önemli farklılık, MTAD'ye antibakteriyel etkinlik sağlayan doksisiklinin dentine yüksek bağlantı afinitesi göstermesi ve bu sayede MTAD'nin antibakteriyel etkinliğini uzun sürmesini sağladığı bildirilmiştir (211).

Çalışmamızda NaOCl grubu en yüksek bağlantı dayanımı, EDTA ve MTAD grupları daha düşük bağlantı dayanımını göstermektedir. Çalışmamıza benzer olarak, Akyol (212), MTAD ve NaOCl'in seramik içerikli kök kanal patı olan iRoot SP'nin bağlantı dayanımı üzerine etkisini incelediği ve karşılaştırdığı çalışmada, MTAD irrigasyon solüsyonlarının kök kanal patının bağlantı dayanımını olumsuz yönde etkilediğini göstermiştir. MTAD ile yapılan son yıkamada çökelti oluşumu nedeniyle rezin ve kalsiyum hidroksit esaslı kök kanal patların bağlantı dayanımını azalttığı da bildirilmektedir(213). Uyanık ve ark. (214), perforasyon oluşması durumunda beyaz MTA ve Super-EBA'nın perforasyon bölgesini hermetik tıkama etkinliği üzerine yaptığı çalışmada EDTA ve MTAD irrigasyon solüsyonlarının sızıntıyı artırıcı etki gösterdiğini rapor edilmiştir. Araştırmacılar, şelasyon yapan irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını çözerek tamir materyali ve dentin arasındaki kimyasal adezyonu ve tag oluşumunu engellediğini, yüzeyler arası tabakada sızıntıya neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzden, smear tabakasını kaldıran EDTA ve MTAD irrigasyon solüsyonlarının, smear tabakasını çözerek ortamdaki su miktarını azalttığı ve kök kanal patı ile dentin arasındaki kimyasal adezyonu bozduğu için Well-Root ST'in kanal duvarına kimyasal olarak bağlantısını engellemiş olabileceğini ve böylece bağlantı dayanımını azaltmış olabileceğini düşünmekteyiz.

EDTA ve MTAD irrigasyon gruplarında ise dentin tübüllerinde uzaklaşmayan irrigasyon solüsyon varlığına bağlı olarak materyallerin sertleşme reaksiyonları bozulmuş ve kimyasal bağlantı tam olarak sağlanamamış olma ihtimali de bağlantı dayanım düzeyinde azalmaya yol olabileceği fikrini doğurmaktadır.

Kök kanallarının doldurulmasında birçok kanal dolgu kor materyali ve pat denenmiştir. Ancak tam anlamıyla istenen kanal dolgu materyalinin bulunmayışı, üreticileri yeni arayışlara yönlendirmektedir. Bu nedenle farklı kanal dolum materyalleri sürekli karşımıza çıkmaktadır.

İdeal kök kanal patı kök kanal boşluğunu tıkamalı ve güta-perka ile kanal duvarları arasında bir bağlantı kurmalıdır (Kök kanal patının dentin tübüllerine penetrasyon derinliği arttıkça kök kanalı hermetik bir şekilde doldurulmakta; sızdırmazlığın ve kök kanal tedavisinin başarısında artmaya neden olmaktadır (215)).

Endodontik monoblok yapılar sayesinde diş ve kök kanal dolgusu bir bütün olarak davranmaktadır ve fonksiyonel kuvvetler karşısında kuvvetin bir noktada birikmeyip eşit olarak dağılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, dentin dokusuna kimyasal bir bağlantı göstermektedir. Monoblok yapılar sayesinde kök kanal sızdırmazlığı ve kırılmaya direncinin arttırılmaktadır (130). Kök kanal duvarı, kor materyali ve kök kanal patı arasında monoblok bir yapı oluşturma isteği adeziv diş hekimliği alanında birçok çalışma yapılmasına neden olmuştur (78, 197, 204). Bu amaçla geliştirilen kanal dolgu materyallerinden birisi de biyoseramik esaslı patlardır.

Son yıllarda endodonti pratiğinde yaygınlaşmaya başlayan biyoseramik esaslı kök kanal patları, biyouyumlu olması, toksik olmaması, fiziksel olarak stabil olması ve büzülme göstermemesi nedeniyle tercih edilmektedir. Biyoaktif özellik gösteren kalsiyum silikat içerikli patlar spontan şekilde intratübüler dentindenki kalsiyum ve silikon iyonlarının birleşmesi kadar intrafibriler apatit depozisyonu (216) ile apatit tabakası oluşturmakta (217), aynı zamanda pat-dentin arayüzünde fosfat içeren fizyolojik sıvılarla temas ederek hidroksiapatit içeren tag-benzeri yapılar oluşturarak dentin remineralizasyonu sağlamaktadır (216-218). Apatit oluşumu dentin ile dolum materyali arasındaki boşlukları azalttığı için mikromekanik tutuculuk oluşturmakta, dentin ile kimyasal bir bağ kurmakta ve kök kanal dolum materyalinin bağlantı dayanımını güçlendirmektedir (219). Kalsiyum fosfat birikim yeteneği çevresel koşullar, materyalin kimyasal yapısı ve kalsiyum yayma özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (220).

Biyoseramikler, dentin tübüllerinde kalan nem sertleşme reaksiyonları için yeterlidir fakat smear tabakasının varlığı ve/ya sklerotik dentinin fazlalığı nem varlığını etkilemektedir (151). Biyoseramikler içerdikleri çok küçük partiküller sayesinde dentin tübülleri, lateral kanallar ve anatomik düzensizlikler içine akarak adaptasyonu arttırmakta ve boşluk olmayan bir tıkaç sağlamaktadır (151, 221, 222). Bu nedenle diğer kök kanal patlarından daha yüksek bağlantı dayanımı göstermektedir.

Bulk kullanımda patlar, ideal monoblok yapı oluşturmakta ve ideal pat-dentin bağlantısı sağlayarak yüksek bağlantı dayanımına neden olmaktadır (223). Korsuz tamamen pat ile yapılan dolumlarda tek bir arayüz (dentin ve kök kanal patı arasında) bulunmaktadır bu sebeple primer monoblok yapı oluşmaktadır. Korlu dolumlarda dentin-kök kanal patı ve kök kanal patı-kor arasında iki arayüz olduğu için sekonder monoblok yapı oluşmaktadır. Biyoseramik esaslı patlar dentin ve kor materyalleri arasında bir bağlantı oluşmasını sağlamaktadır (224). Üreticilerin tavsiyesine göre kalsiyum silikat esaslı kanal patları gütaperka korlu ve korsuz olarak dolumda kullanılabilir. Çalışmamızda üretici firmanın tavsiye ettiği korlu ve korsuz dolumun bağlantı dayanımına etkisi üzerine yapılmış herhangi bir çalışma olmadığı için iki tip dolum tekniği de tercih edilmiştir.

Nagas ve ark. yaptığı çalışmaya göre kalsiyum silikat içerikli kanal patların tek kor kullanılarak yapılan dolumlara göre korsuz yapılan dolumların daha yüksek bağlantı dayanımı gösterdiğini saptamıştır. iRoot SP kök kanal patının korsuz kullanımı ile dentin bağlantı direncinin arttığı savunurken (221) iRoot SP korlu kullanıldığı durumlarda ana kon ve kök kanal patı arasında boşluklar oluşabildiği ve bunun da obturasyon kalitesini düşürdüğü iddia edilmektedir (223, 225). Akçay ve ark. (226) yaptığı çalışmaya göre iRoot SP yüksek dentin tübül penetrasyon derinliğine ulaşmaktadır. Çalışmamızda tüm irrigasyon solüsyonları için korsuz dolum tekniği istatistiksel olarak daha yüksek bağlantı dayanımı göstererek diğer çalışma bulgularıyla uygunluk göstermektedir.

Korlu ve korsuz dolum bağlantı dayanımları arasındaki push-out bağlantı dayanımı testinin sonuçları, farklı sertlikteki kor materyallerinin kullanılmasından etkilenebilmektedir. Kor materyal ile kalsiyum silikat içerikli kök kanal patı arasındaki bağlantı başarısızlığı ayrıca kök kanal patının gütaperka ve/ya Resilon kor

materyaline bağlantısının sınırlı veya az olmasıyla ilgilidir. Kalsiyum silikat içerikli kök kanal patlarının sınırlı bağlantı yeteneği nedeni ile pat dentine kor materyaline göre daha iyi bağlanmaktadır (221). Modern endodontide kök kanalları çok ender tamamen kök kanal patıyla doldurulmasına rağmen, bulk dolum C-faktörü azaltmaktadır (136). Pane ve ark. (227) yaptığı çalışmaya göre güta-perka kor materyali ile doldurulan kanalların bulk doldurulan kanallara göre daha düşük bağlantı dayanımı gösterdiği rapor edilmiştir. Bunun nedeni olarak, güta-perka ve pat arasındaki elastik modülü farkı gösterilmiş, örnekler deney sonrasında incelendiğinde itici ucun güta-perka içine çeşitli derinliklerde penetre olduktan sonra dentinden ayrıldığı rapor edilmiştir. Çalışmada elastik modülleri yakın olan epoksirezsin kor ile bulk dolum arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmamızda da görülen korsuz doluların yüksek bağlantı direnci göstermesinin sebebi olarak; monoblok yapı oluşturma'nın yanı sıra güta-perka kor materyalinin termoplastik ve sıkıştırılabilir yapısı nedeniyle, kök kanal patından daha fazla esnekliğe sahip olması ve uygulanan kuvvet nedeniyle şekil değiştirip bağlantısının daha düşük kuvvetlerde kopması olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, kor materyali çevresindeki biyoseramik esaslı patın kalınlığını azaltmasıyla, pat direncinin azalmasına sebep olduğu görüşündeyiz.

Çalışmamızdan elde edilen push-out bağlantı testi sonuçlarına tüm gruplarda koronal üçlü bağlantı dayanımı orta üçlüye göre fazla bulunmuştur. Bunun nedeni olarak yapılan çalışmalarda korondan apikale doğru dentin tübül sayısında azalma ve konfigürasyon faktörünün bağlantı dayanımı değerlerinde farklılık yaratabileceği kanaatindeyiz (136, 228, 229). Neelakantan ve ark. yaptığı çalışmaya göre bağlantı dayanımı korono-apikal yönde azalmasının nedeni kök dentin anatomisinde göre apikal yönde dentin tübül sayısı azalması olarak açıklanmaktadır (230). Kök kanallarında servikal dentinde rezin uzantısı yoğunluğu fazlalığı nedeniyle koronal dentinde bağlantı dayanımının yüksek olduğu rapor edilmiştir (231, 232). Tübül sayısının artışı ve rezin uzantılarının fazlalığı koronalde kök kanal patlarının orta ve apikal üçlüye göre daha fazla olmasını gerektirmektedir.

Biyoseramiklerin push-out bağlantı dayanımları hakkında yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Ersahan ve ark. (157) yaptığı çalışmaya göre %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA ile irrije edilen kanallar iRoot SP ile doldurulmuş ve bağlantı dayanımı değeri 1.32 ± 0.83 MPa olduğu rapor edilmiştir. Çalışmaya göre iRoot SP ve AH Plus benzer bağlantı dayanımı gösterirken, NaOCl ve EDTA'nın

birlikte kullanıldığı bir başka çalışmada smear tabakasının EndoSequence BC bağlantı dayanımına etkisi incelenmiştir. %5.25'lik NaOCl (smear tabakası + grup) ile NaOCl ve EDTA (smear tabakası – grup)'nın kullanıldığı kanalların bağlantı dayanımları sırasıyla 1.77 ± 0.69 ve 1.57 ± 0.61 MPa'dır. Smear tabakasının tamamen kaldırılmadığı grup biraz daha yüksek bağlantı dayanımı göstermekle birlikte aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır (158). Çalışmamızdaki korlu dolular sonucu elde ettiğimizi verilerle karşılaştırıldığında NaOCl (1.9 ± 0.35 ve 1.12 ± 0.31 MPa) ve EDTA (1.18 ± 0.25 ve 1.04 ± 0.37 MPa) daha önce yapılmış benzer çalışmalara yakın sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Oliveira ve ark. (233) araştırmasında %5.25'lik NaOCl ve %17'lik EDTA irrigasyonu sonrasında MTA ile dolum yapılan kanallarda bağlantı dayanımı en yüksekken, AH Plus bağlantı dayanımı iRoot SP'den belirgin şekilde fazla olduğu bildirilmiştir. Yapılan birçok çalışmada iRoot SP, AH Plus'tan daha yüksek bağlantı dayanımı göstermektedir. Bunun nedeni olarak, iRoot SP'nin aşırı küçük partikül boyutu ($1.9 \times 10^{-3} \mu m$), yüksek vizkozitesi sayesinde dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin fazla olması ve sertleşme reaksiyonu esnasında genleşmesi gösterilmektedir (157, 226, 234, 235).

Modifiye NaOCl solüsyonun biyoseramik esaslı kök kanal patı kullanılarak bağlantı dayanımını inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmaması nedeniyle çalışmada elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla karşılaştırılamamıştır.

Örneklerin geometrik şekli ve kuvvet yükleme şekli bağlantı dayanım testinin biyomekanik özelliğini direkt etkilemektedir (236). Teknik olarak, testin uygulanması sırasında örneklere dik gelecek şekilde düzeneğin hazırlanması önemlidir. Çalışmamızda da 2 mm kalınlığında düz yüzeyli kesitlerin kullanılması kuvvet uygulayan ucun dik olarak yüzeye temas etmesini sağlamıştır.

6. SONUÇLAR

Yaptığımız bu çalışma sonrasında modifiye NaOCl'in bağlantı dayanımı en düşükken geleneksel NaOCl'in bağlantı dayanımının en yüksek olduğu; korsuz dolumların korlu dolumlara göre daha fazla bağlantı direnci sergilediği ve biyoseramik esaslı kök kanal patlarının koronal üçlüye orta üçlüye göre daha iyi bağlandığı sonucuna varılmıştır. Bu bilgilerden yola çıkarak modifiye NaOCl'nin irrigasyon solusyonu olarak kullanıldığında biyoseramik esaslı kök kanal patı, daha düşük dentin bağlantı değeri oluşturması nedeniyle, kanal dolumunda diş dokularının desteklenmesi beklenen vakalarda; klinisyenin, diğer irriganlardan ziyade, geleneksel NaOCl irrigasyon solusyonunu kullanması daha doğru olacaktır.

Ayrıca biyoseramik patın yüksek dentin bağlantısı için korsuz olarak kullanılmasının da daha uygun olacağı kanısındayız.

7. KAYNAKLAR

1. Mickel AK, Nguyen TH, Chogle S. Antimicrobial activity of endodontic sealers on *Enterococcus faecalis*. J Endod. 2003;29(4):257-8.
2. Poggio C, Arciola CR, Dagna A, Chiesa M, Sforza D, Visai L. Antimicrobial activity of sodium hypochlorite-based irrigating solutions. Int J Artif Organs. 2010;33(9):654-9.
3. Darcey J, Jawad S, Taylor C, Roudsari R, Hunter M. Modern Endodontic Principles Part 4: Irrigation. Dental Update. 2015;43(1):20-2, 5-6, 8-30 passim.
4. Torabinejad M, Walton RE. Endodontics: Principles and Practice: Fourth edition. 2009, Elsevier Limited, The Boulevard, United Kingdom.
5. Zehnder M. Root canal irrigants. J Endod. 2006;32(5):389-98.
6. de Assis DF, do Prado M, Simao RA. Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. J Endod. 2011;37(11):1550-2.
7. Leal F, Simão RA, Fidel SR, Fidel RAS, Prado M. Effect of final irrigation protocols on push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer to dentin. Aust Endod J. 2015;41(3):135-9.
8. Arias-Moliz M, Camilleri J. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. J Dent. 2016;52:30-6.
9. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94(6):658-66.
10. Violich D, Chandler N. The smear layer in endodontics—a review. Int Endod J. 2010;43(1):2-15.
11. Prado M, Simao RA, GOMES BPFdA. A microleakage study of gutta-percha/AH Plus and Resilon/Real self-etch systems after different irrigation protocols. J Appl Oral Sci. 2014;22(3):174-9.
12. Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany self-etch. J Oral Sci. 2010;52(1):83-7.

13. Ingle JI. Ingle's endodontics 6th edition. Bakland LK, Baumgartner JC. 2008 BC Decker Inc. Hamilton, Ontario. p: 150-280
14. Coolidge ED. The diagnosis and treatment of conditions resulting from diseased dental pulps. The Journal of the National Dental Association. 1919;6(4):337-49.
15. Beltz RE, Torabinejad M, Pouresmail M. Quantitative analysis of the solubilizing action of MTAD, sodium hypochlorite, and EDTA on bovine pulp and dentin. J Endod. 2003;29(5):334-7.
16. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. J Endod. 2004;30(11):785-7.
17. Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94(6):756-62.
18. Giardino L, Morra M, Becce C, Pappen FG, Mohammadi Z, Palazzi F. Comparative wettability of different sodium hypochlorite solutions. G Ital Endod. 2012;26(2):63-6.
19. Siqueira JF, Magalhães KM, Rôças IN. Bacterial reduction in infected root canals treated with 2.5% NaOCl as an irrigant and calcium hydroxide/camphorated paramonochlorophenol paste as an intracanal dressing. J Endod. 2007;33(6):667-72.
20. Virtej A, MacKenzie CR, Raab WH-M, Pfeffer K, Barthel CR. Determination of the performance of various root canal disinfection methods after in situ carriage. J Endod. 2007;33(8):926-9.
21. Spratt D, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An *in vitro* evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. Int Endod J. 2001;34(4):300-7.
22. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. Braz Dent J. 2002;13(2):113-7.
23. Palazzi F, Morra M, Mohammadi Z, Grandini S, Giardino L. Comparison of the surface tension of 5.25% sodium hypochlorite solution with three new sodium hypochlorite-based endodontic irrigants. Int Endod J. 2012;45(2):129-35.

24. Pécora JD, Souza Neto MDd, Estrela C. Soluções auxiliares do preparo do canal radicular. Endodontia: princípios biológicos e mecânicos: Artes Médicas; 1999. p. 551-69.
25. Estrela C, Sydney GB, Bammann LL, Felipe Junior O. Estudo do efeito biológico do pH na atividade de enzimática de bactérias anaeróbicas. Rev Fac Odontol Bauru. 1994;2(4):31-8.
26. Moorer W, Wesselink P. Factors promoting the tissue dissolving capability of sodium hypochlorite. Int Endod J. 1982;15(4):187-96.
27. Stojicic S, Zivkovic S, Qian W, Zhang H, Haapasalo M. Tissue dissolution by sodium hypochlorite: effect of concentration, temperature, agitation, and surfactant. J Endod. 2010;36(9):1558-62.
28. Clarkson R, Moule A, Podlich H, Kellaway R, Macfarlane R, Lewis D, et al. Dissolution of porcine incisor pulps in sodium hypochlorite solutions of varying compositions and concentrations. Aust Dent J. 2006;51(3):245-51.
29. Gernhardt C, Eppendorf K, Kozlowski A, Brandt M. Toxicity of concentrated sodium hypochlorite used as an endodontic irrigant. Int Endod J. 2004;37(4):272-80.
30. Ari H, Erdemir A, Belli S. Evaluation of the effect of endodontic irrigation solutions on the microhardness and the roughness of root canal dentin. J Endod. 2004;30(11):792-5.
31. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. J Endod. 1992;18(12):605-12.
32. Baumgartner JC, Johal S, Marshall JG. Comparison of the antimicrobial efficacy of 1.3% NaOCl/BioPure MTAD to 5.25% NaOCl/15% EDTA for root canal irrigation. J Endod. 2007;33(1):48-51.
33. Soares JA, Pires Júnior DR. Influence of sodium hypochlorite-based irrigants on the susceptibility of intracanal microbiota to biomechanical preparation. Braz Dent J. 2006;17(4):310-6.
34. Gomes B, Ferraz C, ME V, Berber V, Teixeira F, Souza-Filho F. *In vitro* antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. Int Endod J. 2001;34(6):424-8.

35. Chavez De Paz L, Dahlén G, Molander A, Möller Å, Bergenholtz G. Bacteria recovered from teeth with apical periodontitis after antimicrobial endodontic treatment. *Int Endod J.* 2003;36(7):500-8.
36. Jose J, Krishnamma S, Peedikayil F, Aman S, Tomy N, Mariodan JP. Comparative Evaluation of Antimicrobial Activity of QMiX, 2.5% Sodium Hypochlorite, 2% Chlorhexidine, Guava Leaf Extract and Aloe vera Extract Against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*-An *in-vitro* Study. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(5):20-23.
37. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod.* 2006;32(2):93-8.
38. Morago A, Ordinola-Zapata R, Ferrer-Luque CM, Baca P, Ruiz-Linares M, Arias-Moliz MT. Influence of Smear Layer on the Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite/Etidronic Acid Irrigating Solution in Infected Dentin. *J Endod.* 2016; 42(11):1647-1650.
39. Warren N. *In vitro* Infection and Disinfection of Dentinal Tubules in Human Teeth: Doctoral dissertation, University of Pretoria; 2013.
40. Zou L, Shen Y, Li W, Haapasalo M. Penetration of sodium hypochlorite into dentin. *J Endod.* 2010;36(5):793-6.
41. Wang Z, Zhong X, Yu R, Cheng Z, Zhu J. Quantitative experimental determination of site-specific magnetic structures by transmitted electrons. *Nat Commun.* 2013;4:1395.
42. Agrawal V, Rao M, Dhingra K, Gopal VR, Mohapatra A, Mohapatra A. An *in vitro* comparison of antimicrobial efficacy of three root canal irrigants- BioPure MTAD, 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite as a final rinse against *E. faecalis*. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(5):842-7.
43. Waltimo T, Ørstavik D, Siren E, Haapasalo M. *In vitro* susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *Int Endod J.* 1999;32(6):421-9.
44. Siqueira J, Machado A, Silveira R, Lopes H, Uzeda Md. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, *in vitro*. *I Int Endod J.* 1997;30(4):279-82.

45. Türkün M, Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J*. 1997;30(5):335-42.
46. Rossi-Fedele G, De Figueiredo JA. Use of a bottle warmer to increase 4% sodium hypochlorite tissue dissolution ability on bovine pulp. *Aust Endod J*. 2008;34(1):39-42.
47. Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod*. 2005;31(9):669-71.
48. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, et al. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod*. 2010;36(2):282-5.
49. Giardino L, Ambu E, Becce C, Rimondini L, Morra M. Surface tension comparison of four common root canal irrigants and two new irrigants containing antibiotic. *J Endod*. 2006;32(11):1091-3.
50. Giardino L, Mohammadi Z, Beltrami R, Poggio C, Estrela C, Generali L. Influence of Temperature on the Antibacterial Activity of Sodium Hypochlorite. *Braz Dent J*. 2016;27(1):32-6.
51. Gambarini G. Shaping and cleaning the root canal system: a scanning electron microscopic evaluation of a new instrumentation and irrigation technique. *J Endod*. 1999;25(12):800-3.
52. Cameron JA. The effect of a fluorocarbon surfactant on the surface tension of the endodontic irrigant, sodium hypochlorite. *Aust Dent J*. 1986;31(5):364-8.
53. Bolfoni MR, Ferla MdS, Sposito OdS, Giardino L, Jacinto RdC, Pappen FG. Effect of a surfactant on the antimicrobial activity of sodium hypochlorite solutions. *Braz Dent J*. 2014;25(5):416-9.
54. Glantz P, Hansson L. Wetting of dentine by some root canal medicaments. *Odontologisk revy*. 1972;23(2):205.
55. Giardino L, Estrela C, Generali L, Mohammadi Z, Asgary S. The *in vitro* Effect of Irrigants with Low Surface Tension on *Enterococcus faecalis*. *Iran Endod J*. 2015;10(3):174.

56. Mohammadi Z, Mombeinipour A, Giardino L, Shahriari S. Residual antibacterial activity of a new modified sodium hypochlorite-based endodontic irrigation solution. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16(4):588-92.
57. Giardino L, Estrela C, Mohammadi Z, Palazzi F. Antibacterial power of sodium hypochlorite combined with surfactants and acetic acid. *Braz Dent J*. 2014;25(4):289-94.
58. Mohammadi Z, Mombeinipour A, Giardino L, Shahriari S. Residual antibacterial activity of a new modified sodium hypochlorite-based endodontic irrigation solution. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2011;16(4):e588-92.
59. Akcay I, Sen BH. The effect of surfactant addition to EDTA on microhardness of root dentin. *J Endod*. 2012;38(5):704-7.
60. Chen G, Chang Y-C. Effects of liquid-and paste-type EDTA on smear-layer removal during rotary root-canal instrumentation. *J Dent Sci*. 2011;6(1):41-7.
61. Östby NB. Chelation in root canal therapy. Ethylenediamine tetra-acetic acid for leasing and widening of root canals *Odont Tidskrift*. 1957;65:3-11.
62. Guerisoli D, Marchesan M, Walmsley A, Lumley P, Pecora J. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. *Int Endod J*. 2002;35(5):418-21.
63. Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *J Endod*. 2012;38(8):1110-3.
64. Vouzara T, Koulaouzidou E, Ziouti F, Economides N. Combined and independent cytotoxicity of sodium hypochlorite, ethylenediaminetetraacetic acid and chlorhexidine. *Int Endod J*. 2016;49(8):764-73.
65. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod*. 1975;1(7):238-42.
66. Şen BH, Ertürk Ö, Pişkin B. The effect of different concentrations of EDTA on instrumented root canal walls. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108(4):622-7.
67. Brannström M, Nordenvall K, Glantz P-O. The effect of EDTA-containing surface-active solutions on the morphology of prepared dentin: an in vivo study. *J Dent Res*. . 1980;59(7):1127-31.

68. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King G, Horner J. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol.* 1988;33(4):265-70.
69. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. *J Endod.* 1983;9(4):137-42.
70. Pashley D. Smear layer: overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc.* 1991;88:215-24.
71. Brännström M. Smear layer: pathological and treatment considerations. *Oper Dent Suppl.* 1983;3:35-42.
72. Şen BH, Chugal NM, Liu H, Fleischmann J. A new method for studying the adhesion of *Candida albicans* to dentin in the presence or absence of smear layer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(2):201-6.
73. Yoshida T, Shibata T, Shinohara T, Gomyo S, Sekine I. Clinical evaluation of the efficacy of EDTA solution as an endodontic irrigant. *J Endod.* 1995;21(12):592-3.
74. Byström A, Sunqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985;18(1):35-40.
75. Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of decalcifying effect of maleic acid and EDTA on root canal dentin using energy dispersive spectrometer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112(2):e78-e84.
76. Torabinejad M, Khademi AA, Babagoli J, Cho Y, Johnson WB, Bozhilov K, et al. A new solution for the removal of the smear layer. *J Endod.* 2003;29(3):170-5.
77. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31(11):817-20.
78. Doğan H, Çalt S. Effects of chelating agents and sodium hypochlorite on mineral content of root dentin. *J Endod.* 2001;27(9):578-80.
79. Rotstein I, Dankner E, Goldman A, Heling I, Stabholz A, Zalkind M. Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod.* 1996;22(1):23-6.
80. Perdigão J, Eiriksson S, Rosa BT, Lopes M, Gomes G. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int.* 2001;32(2):142-6.

81. Panighi M. Influence of calcium concentration on the dentin wettability by an adhesive. *J Biomed Mater Res.* 1992;26(8):1081-9.
82. Swift EJ, Hammel SA, Perdigao J, Wefel JS. Prevention of root surface caries using a dental adhesive. *J Am Dent Assoc.* 1994;125(5):571-6.
83. Di Lenarda R, Cadenaro M, Sbaizero O. Effectiveness of 1 mol L⁻¹ citric acid and 15% EDTA irrigation on smear layer removal. *Int Endod J.* 2000;33(1):46-52.
84. Garberoglio R, Becce C. Smear layer removal by root canal irrigants: a comparative scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1994;78(3):359-67.
85. Nakashima K, Terata R. Effect of pH modified EDTA solution to the properties of dentin. *J Endod.* 2005;31(1):47-9.
86. Perez F, Rouqueyrol-Pourcel N. Effect of a low-concentration EDTA solution on root canal walls: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99(3):383-7.
87. Teixeira C, Felipe M, Felipe W. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. *I Int Endod J.* 2005;38(5):285-90.
88. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod.* 1987;13(4):147-57.
89. Çalt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod.* 2000;26(8):459-61.
90. Serper A, Çalt S. The demineralizing effects of EDTA at different concentrations and pH. *J Endod.* 2002;28(7):501-2.
91. Pang N-S, Lee SJ, Kim E, Shin DM, Cho SW, Park W, et al. Effect of EDTA on attachment and differentiation of dental pulp stem cells. *J Endod.* 2014;40(6):811-7.
92. Ring KC, Murray PE, Namerow KN, Kuttler S, Garcia-Godoy F. The comparison of the effect of endodontic irrigation on cell adherence to root canal dentin. *J Endod.* 2008;34(12):1474-9.
93. Trevino EG, Patwardhan AN, Henry MA, Perry G, Dybdal-Hargreaves N, Hargreaves KM, et al. Effect of irrigants on the survival of human stem cells of the apical papilla in a platelet-rich plasma scaffold in human root tips. *J Endod.* 2011;37(8):1109-15.

94. Galler KM, D'Souza RN, Federlin M, Cavender AC, Hartgerink JD, Hecker S, et al. Dentin conditioning codetermines cell fate in regenerative endodontics. *J Endod*. 2011;37(11):1536-41.
95. Roach P, Farrar D, Perry CC. Interpretation of protein adsorption: surface-induced conformational changes. *Journal of the American Chemical Society*. 2005;127(22):8168-73.
96. Wei J, Igarashi T, Okumori N, Igarashi T, Maetani T, Liu B, et al. Influence of surface wettability on competitive protein adsorption and initial attachment of osteoblasts. *Biomedical Materials*. 2009;4(4):045002.
97. Begue-Kirn C, Smith AJ, Ruch JV, Wozney JM, Purchio A, Hartmann D, et al. Effects of dentin proteins, transforming growth factor beta 1 (TGF beta 1) and bone morphogenetic protein 2 (BMP2) on the differentiation of odontoblast *in vitro*. *International Journal of Developmental Biology*. 2004;36(4):491-503.
98. Roberts-Clark D, Smith A. Angiogenic growth factors in human dentine matrix. *Archives of Oral Biology*. 2000;45(11):1013-6.
99. Zhao S, Sloan A, Murray P, Lumley P, Smith A. Ultrastructural localisation of TGF- β exposure in dentine by chemical treatment. *The Histochemical Journal*. 2000;32(8):489-94.
100. Singla MG, Garg A, Gupta S. MTAD in endodontics: an update review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(3):e70-e6.
101. Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J*. 2003;36(6):411-5.
102. Torabinejad, Mahmoud, and William B. Johnson. Irrigation solution and methods for use. U.S. Patent No. 7,238,342. 3 Jul. 2007.
103. Davis JM, Maki J, Bahcall JK. An *in vitro* comparison of the antimicrobial effects of various endodontic medicaments on *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2007;33(5):567-9.
104. Portenier I, Waltimo T, Ørstavik D, Haapasalo M. Killing of *Enterococcus faecalis* by MTAD and chlorhexidine digluconate with or without cetrimide in the presence or absence of dentine powder or BSA. *J Endod*. 2006;32(2):138-41.

105. Shabahang S, Torabinejad M. Effect of MTAD on *Enterococcus faecalis*-contaminated root canals of extracted human teeth. J Endod. 2003;29(9):576-9.
106. Torabinejad M, Shabahang S, Apécio RM, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: an *in vitro* investigation. J Endod. 2003;29(6):400-3.
107. Mohammadi Z. Evaluation of the antifungal substantivity of sodium hypochlorite, chlorhexidine and MTAD. The Internet J Dental Sci. 2007;5(2).
108. Ruff ML, McClanahan SB, Babel BS. *In vitro* antifungal efficacy of four irrigants as a final rinse. J Endod. 2006;32(4):331-3.
109. De-Deus G, Reis C, Fidel S, Fidel R, Paciornik S. Dentin demineralization when subjected to BioPure MTAD: a longitudinal and quantitative assessment. J Endod. 2007;33(11):1364-8.
110. Ghoddusi J, Rohani A, Rashed T, Ghaziani P, Akbari M. An evaluation of microbial leakage after using MTAD as a final irrigation. J Endod. 2007;33(2):173-6.
111. Park DS, Torabinejad M, Shabahang S. The effect of MTAD on the coronal leakage of obturated root canals. J Endod. 2004;30(12):890-2.
112. De-Deus G, Soares J, Leal F, Luna AS, Fidel S, Fidel RAS. Similar Glucose Leakage Pattern on Smear-covered, EDTA-treated and BioPure MTAD-treated Dentin. J Endod. 2008;34(4):459-62.
113. Ertas H, Sagsen B. Comparison of the effect of MTAD and conventional irrigation agents on apical leakage and push-out bond strength of root canal filling. Scanning. 2015;37(6):393-8.
114. Zhang W, Torabinejad M, Li Y. Evaluation of cytotoxicity of MTAD using the MTT-tetrazolium method. J Endod. 2003;29(10):654-7.
115. Gutmann JL. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. Pathways of the pulp. 1998:258-361.
116. Marciano J, Michalesco P, Abadie MM. Stereochemical structure characterization of dental gutta-percha. J Endod. 1993;19(1):31-4.
117. Maniglia-Ferreira C, Silva Jr JBA, Paula RCMd, Feitosa JPA, Cortez DGN, Zaia AA, et al. Brazilian gutta-percha points: Part I: chemical composition and X-ray diffraction analysis. Braz Oral Res. 2005;19(3):193-7.

118. Goodman A, Schilder H, Aldrich W. The thermomechanical properties of gutta-percha: II. The history and molecular chemistry of gutta-percha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1974;37(6):954-61.
119. Zhang C, Huang W, Sun Z, Hou B. A comparison of two gutta-percha master points consisting of different phases in filling of artificial lateral canals and depressions in the apical region of root canals when using a warm vertical compaction technique. *Int Endod J.* 2011;44(11):1041-6.
120. Topçuoğlu HS, Demirbuga S, Pala K, Cayabatmaz M, Topçuoğlu G. The bond strength of adhesive resins to AH plus contaminated dentin cleaned by various gutta-percha solvents. *Scanning.* 2015;37(2):138-44.
121. Rehman K, Khan FR, Aman N. Comparison of orange oil and chloroform as gutta-percha solvents in endodontic retreatment. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(3):478-82.
122. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp: Elsevier Health Sciences; 2015.p:250-358
123. Short RD, Dorn SO, Kuttler S. The crystallization of sodium hypochlorite on gutta-percha cones after the rapid-sterilization technique: an SEM study. *J Endod.* 2003;29(10):670-3.
124. de Almeida Gomes BPF, Vianna ME, Matsumoto CU, Zaia AA, Ferraz CCR, de Souza Filho FJ. Disinfection of gutta-percha cones with chlorhexidine and sodium hypochlorite. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;100(4):512-7.
125. Gomes BP, Berber VB, Montagner F, Sena NT, Zaia AA, Ferraz CC, et al. Residual effects and surface alterations in disinfected gutta-percha and Resilon cones. *J Endod.* 2007;33(8):948-51.
126. Royal MJ, Williamson AE, Drake DR. Comparison of 5.25% sodium hypochlorite, MTAD, and 2% chlorhexidine in the rapid disinfection of polycaprolactone-based root canal filling material. *J Endod.* 2007;33(1):42-4.
127. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 2004;30(5):342-7.
128. Shanahan D, Duncan H. Root canal filling using Resilon: a review. *British dental journal.* 2011;211(2):81-8.

129. Gatewood RS. Endodontic materials. Dental Clinics of North America. 2007;51(3):695-712.
130. Teixeira FB, TEIXEIRA EC, THOMPSON JY, TROPE M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. The J Am Dent Assoc. 2004;135(5):646-52.
131. Alaçam T. Endodonti: 2. baskı. Ankara : Fakülteler Kitabevi Barış Yayınlar; 2012.p:257-325
132. Hülsmann M, Schäfer E. Problems in Endodontics: Etiology, Diagnosis and Treatment: London, UK. Quintessence Publishing Co. Ltd; 2013.p:156-178
133. Feilzer A, De Gee A, Davidson C. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. J Dent Res 1987;66(11):1636-9.
134. Yoshikawa T, Sano H, Burrow M, Tagami J, Pashley DH. Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. J Dent Res. 1999;78(4):898-905.
135. Morris MD, Lee K-W, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. J Endod. 2001;27(12):753-7.
136. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. J Endod. 2005;31(8):584-9.
137. Best S, Porter A, Thian E, Huang J. Bioceramics: past, present and for the future. Journal of the European Ceramic Society. 2008;28(7):1319-27.
138. Hench LL. Bioceramics: from concept to clinic. Journal Amer Ceram Soc. 1991;74(7):1487-510.
139. Jefferies SR. Bioactive and biomimetic restorative materials: a comprehensive review. Part I. J Esthet Restor Dent. 2014;26(1):14-26.
140. Trope M, Bunes A, Debelian G. Root filling materials and techniques: bioceramics a new hope? Endod Topics. 2015;32(1):86-96.
141. Nekoofar MH, Stone DF, Dummer PMH. The effect of blood contamination on the compressive strength and surface microstructure of mineral trioxide aggregate. Int Endod J. 2010;43(9):782-91.

142. Atmeh A, Chong E, Richard G, Festy F, Watson T. Dentin-cement Interfacial Interaction Calcium Silicates and Polyalkenoates. J Dent Res. 2012;91(5):454-9.
143. Wang Z. Bioceramic materials in endodontics. Endod Topics. 2015;32(1):3-30.
144. Koch K, Brave D. Bioceramic technology-the game changer in endodontics. Endodontic Practice US. 2009;12:7-11.
145. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. J Endod. 2009;35(7):1051-5.
146. Zhang W, Li Z, Peng B. Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate-based canal filling material. Int Endod J. 2010;43(9):769-74.
147. Shen Y, Peng B, Yang Y, Ma J, Haapasalo M. What do different tests tell about the mechanical and biological properties of bioceramic materials? Endod Topics. 2015;32(1):47-85.
148. Richardson I. The calcium silicate hydrates. Cement and concrete research. 2008;38(2):137-58.
149. Tran X, Gorin C, Willig C, Baroukh B, Pellat B, Decup F, et al. Effect of a calcium-silicate-based restorative cement on pulp repair. J Dent Res. 2012;91(12):1166-1171
150. de Miranda Candeiro GT, Correia FC, Duarte MAH, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. J Endod. 2012;38(6):842-5.
151. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. J Endod. 2011;37(5):673-7.
152. Xu HH, Carey LE, Simon CG, Takagi S, Chow LC. Premixed calcium phosphate cements: synthesis, physical properties, and cell cytotoxicity. Dent Mater. 2007;23(4):433-41.
153. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. J Endod. 2011;37(11):1547-9.
154. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. J Endod. 2015;41(3):385-8.

155. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod.* 2012;38(2):240-4.
156. Jainan A, Palamara J, Messer H. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J.* 2007;40(11):882-90.
157. Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. *J Endod.* 2010;36(12):2000-2.
158. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J.* 2013;39(3):102-6.
159. Sagsen B, Ustün Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J.* 2011;44(12):1088-91.
160. Güven E, Taşlı P, Yalvac M, Sofiev N, Kayahan M, Sahin F. *In vitro* comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *Int Endod J.* 2013;46(12):1173-82.
161. Zhang W, Li Z, Peng B. Effects of iRoot SP on mineralization-related genes expression in MG63 cells. *J Endod.* 2010;36(12):1978-82.
162. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Dentin extends the antibacterial effect of endodontic sealers against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod.* 2014;40(4):505-8.
163. Assmann E, Scarparo RK, Böttcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod.* 2012;38(2):219-21.
164. Borges R, Sousa-Neto M, Versiani M, Rached-Júnior F, De-Deus G, Miranda C, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. *Int Endod J.* 2012;45(5):419-28.
165. Faria-Júnior N, Tanomaru-Filho M, Berbert FLCV, Guerreiro-Tanomaru J. Antibiofilm activity, pH and solubility of endodontic sealers. *Int Endod J.* 2013;46(8):755-62.

166. Evans M, Davies J, Sundqvist G, Figdor D. Mechanisms involved in the resistance of *Enterococcus faecalis* to calcium hydroxide. *Int Endod J*. 2002;35(3):221-8.
167. Camilleri J, Formosa L, Damidot D. The setting characteristics of MTA Plus in different environmental conditions. *Int Endod J*. 2013;46(9):831-40.
168. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S. Retreatability of 2 Mineral Trioxide Aggregate-based Root Canal Sealers: A Cone-beam Computed Tomography Analysis. *J Endod*. 2013;39(7):893-6.
169. Gandolfi MG, Siboni F, Primus CM, Prati C. Ion release, porosity, solubility, and bioactivity of MTA Plus tricalcium silicate. *J Endod*. 2014;40(10):1632-7.
170. Gomes-Cornélio A, Rodrigues E, Salles L, Mestieri L, Faria G, Guerreiro-Tanomaru J, et al. Bioactivity of MTA Plus, Biodentine and an experimental calcium silicate-based cement on human osteoblast-like cells. *Int Endod J*. 2017; 50(1):39-47.
171. Rodrigues E, Cornélio A, Mestieri L, Fuentes A, Salles L, Rossa-Junior C, et al. Human dental pulp cells response to mineral trioxide aggregate (MTA) and MTA Plus: cytotoxicity and gene expression analysis. *Int Endod J*. 2016 Aug 13. doi: 10.1111/iej.12683
172. Eid AA, Gosier JL, Primus CM, Hammond BD, Susin LF, Pashley DH, et al. *In vitro* biocompatibility and oxidative stress profiles of different hydraulic calcium silicate cements. *J Endod*. 2014;40(2):255-60.
173. Kramer PR, Woodmansey KF, White R, Primus CM, Opperman LA. Capping a pulpotomy with calcium aluminosilicate cement: comparison to mineral trioxide aggregates. *J Endod*. 2014;40(9):1429-34.
174. Vollenweider M, Brunner TJ, Knecht S, Grass RN, Zehnder M, Imfeld T, et al. Remineralization of human dentin using ultrafine bioactive glass particles. *Acta Biomater*. 2007;3(6):936-43.
175. Wang Z, Jiang T, Sauro S, Wang Y, Thompson I, Watson TF, et al. Dentine remineralization induced by two bioactive glasses developed for air abrasion purposes. *J Dent*. 2011;39(11):746-56.
176. Banerjee A, Thompson I, Watson T. Minimally invasive caries removal using bio-active glass air-abrasion. *J Dent*. 2011;39(1):2-7.

177. Mohn D, Bruhin C, Luechinger N, Stark W, Imfeld T, Zehnder M. Composites made of flame-sprayed bioactive glass 45S5 and polymers: bioactivity and immediate sealing properties. *Int Endod J*. 2010;43(11):1037-46.
178. Zehnder M, Söderling E, Salonen J, Waltimo T. Preliminary evaluation of bioactive glass S53P4 as an endodontic medication *in vitro*. *J Endod*. 2004;30(4):220-4.
179. Carvalho CN, Freire LG, Carvalho APLd, Duarte MAH, Bauer J, Gavini G. Ions Release and pH of Calcium Hydroxide-, Chlorhexidine- and Bioactive Glass-Based Endodontic Medicaments. *Braz Dent J*. 2016;27(3):325-31.
180. Gubler M, Brunner T, Zehnder M, Waltimo T, Sener B, Stark W. Do bioactive glasses convey a disinfecting mechanism beyond a mere increase in pH? *Int Endod J*. 2008;41(8):670-8.
181. Carvalho C, Wang Z, Shen Y, Gavini G, Martinelli J, Manso A, et al. Comparative analyses of ion release, pH and multispecies biofilm formation between conventional and bioactive gutta-percha. *Int Endod J*. 2016;49(11):1048-1056.
182. Reszka P, Nowicka A, Lipski M, Dura W, Drożdżik A, Woźniak K. A Comparative Chemical Study of Calcium Silicate-Containing and Epoxy Resin-Based Root Canal Sealers. *Biomed Res Int*. 2016;2016:9808432.
183. McCabe JF, Walls AW. *Applied dental materials*: John Wiley & Sons; 2013.
184. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' Science of Dental Materials*. 12th ed. Elsevier/Saunders, St. Louis; 2013.
185. Dickens S, Milos M. Relationship of dentin shear bond strengths to different laboratory test designs. *Am J Dent*. 2002;15(3):185-92.
186. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater*. 2008;24(10):1405-11.
187. Drummond J, Sakaguchi R, Racean D, Wozny J, Steinberg A. Testing mode and surface treatment effects on dentin bonding. *J Biomed Mater Res*. 1996;32(4):533-41.
188. Ungor M, Onay E, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. *Int Endod J*. 2006;39(8):643-7.

189. Sousa-Neto M, Silva Coelho F, Marchesan M, Alfredo E, Silva-Sousa Y. Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er: YAG and Nd: YAG lasers. *Int Endod J*. 2005;38(12):866-70.
190. Patierno J, Rueggeberg F, Anderson R, Weller R, Pashley DH. Push-out strength and SEM evaluation of resin composite bonded to internal cervical dentin. *Endod Dent Traumatol*. 1996;12(5):227-36.
191. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. *J Endod*. 2005;31(11):809-13.
192. Huffman B, Mai S, Pinna L, Weller R, Primus C, Gutmann J, et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J*. 2009;42(1):34-46.
193. Babb BR, Loushine RJ, Bryan TE, Ames JM, Causey MS, Kim J, et al. Bonding of self-adhesive (self-etching) root canal sealers to radicular dentin. *J Endod*. 2009;35(4):578-82.
194. Stiegemeier D, Baumgartner JC, Ferracane J. Comparison of push-out bond strengths of Resilon with three different sealers. *J Endod*. 2010;36(2):318-21.
195. Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *J Dent*. 2007;35(11):827-35.
196. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An *in vitro* comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. *J Endod*. 2006;32(10):963-6.
197. Hashem AAR, Ghoneim AG, Lutfy RA, Fouda MY. The effect of different irrigating solutions on bond strength of two root canal-filling systems. *J Endod*. 2009;35(4):537-40.
198. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;85(1):86-93.
199. Kamra AI, Tank JM, Banga KS. Effect of maintaining apical patency and passive ultrasonic irrigation on irrigant penetration into the apical third of root canals: An in vivo study. *Endodontology*. 2016;28(2):127.

200. Usman N, Baumgartner JC, Marshall JG. Influence of instrument size on root canal debridement. *J Endod.* 2004;30(2):110-2.
201. Goldman LB, Goldman M, Kronman JH, Lin PS. The efficacy of several irrigating solutions for endodontics: a scanning electron microscopic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1981;52(2):197-204.
202. Cergneux M, Ciucchi B, Dietschi J, Holz J. The influence of the smear layer on the sealing ability of canal obturation. *Int Endod J.* 1987;20(5):228-32.
203. Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *Journal of Endodontics.* 1991;17(1):15-20.
204. Van Meerbeek B, Lambrechts P, Inokoshi S, Braem M, Vanherle G. Factors affecting adhesion to mineralized tissues. *Oper Dent.* 1992:111-124.
205. Erickson R. Surface interactions of dentin adhesive materials. *Oper Dent.* 1992(5):81-94.
206. Guneser MB, Arslan D, Dincer AN, Er G. Effect of sodium hypochlorite irrigation with or without surfactants on the bond strength of an epoxy-based sealer to dentin. *Clin Oral Investig.* 2016:1-7.
207. Palazzi F, Blasi A, Mohammadi Z, Fabbro MD, Estrela C. Penetration of Sodium Hypochlorite Modified with Surfactants into Root Canal Dentin. *Braz Dent J.* 2016;27(2):208-16.
208. Fahmy S-H, Abeer-Abdel-Hakim El Gendy S, El Ashry H. Dentin wettability enhancement for three irrigating solutions and their effect on push out bond strength of gutta percha/AH Plus. *J Clin Exp Dent.* 2015;7(2):e237.
209. Mozayeni MA, Mohammad Zadeh Y, Paymanpour P, Ashraf H, Mozayani M. Evaluation of push-out bond strength of AH26 sealer using MTAD and combination of NaOCl and EDTA as final irrigation. *Dent Res J .* 2013;10(3).
210. Shokouhinejad N, Sharifian MR, Jafari M, Sabeti MA. Push-out bond strength of Resilon/Epiphany self-etch and gutta-percha/AH26 after different irrigation protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;110(5):88-92.
211. Machnick TK, Torabinejad M, Munoz CA, Shabahang S. Effect of MTAD on flexural strength and modulus of elasticity of dentin. *J Endod.* 2003;29(11):747-50.

212. Akyol M. Yeni Geliştirilen Biyoseramik Yapıdaki Kök Kanal Patının Dentin Adezyonunda Bazı İrrigasyon Maddelerinin Etkisinin Araştırılması. Ankara Üniv Sağlık Bilimleri Enstitüsü. 2010;Doktora Tezi.
213. Gopikrishna V, Venkateshbabu N, Krithikadatta J, Kandaswamy D. Evaluation of the effect of MTAD in comparison with EDTA when employed as the final rinse on the shear bond strength of three endodontic sealers to dentine. Aust Endod J. 2011;37(1):12-7.
214. Uyanik MO, Nagas E, Sahin C, Dagli F, Cehreli ZC. Effects of different irrigation regimens on the sealing properties of repaired furcal perforations. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;107(3):91-5.
215. Grossman LI. Physical properties of root canal cements. J Endod. 1976;2(6):166-75.
216. Han L, Okiji T. Uptake of calcium and silicon released from calcium silicate-based endodontic materials into root canal dentine. Int Endod J. 2011;44(12):1081-7.
217. Tay FR, Pashley DH, Rueggeberg FA, Loushine RJ, Weller RN. Calcium phosphate phase transformation produced by the interaction of the Portland cement component of white mineral trioxide aggregate with a phosphate-containing fluid. J Endod. 2007;33(11):1347-51.
218. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. J Endod. 2009;35(5):731-6.
219. Reyes-Carmona JF, Felipe MS, Felipe WT. The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. J Endod. 2010;36(2):286-91.
220. Gandolfi MG, Taddei P, Modena E, Siboni F, Prati C. Biointeractivity-related versus chemi/physisorption-related apatite precursor-forming ability of current root end filling materials. J Biomed Mater Res. Part B: Applied Biomaterials. 2013;101(7):1107-23.
221. Nagas E, Cehreli Z, Uyanik MO, Durmaz V. Bond strength of a calcium silicate-based sealer tested in bulk or with different main core materials. Braz Oral Res. 2014;28(1):1-7.

222. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(6):79-82.
223. Gilbert S, Witherspoon D, Berry C. Coronal leakage following three obturation techniques. *Int Endod J.* 2001;34(4):293-9.
224. Koch K, Brave D. The increased use of bioceramics in endodontics. *Dentaltown.* 2009:33-43.
225. Peters DD. Two-year *in vitro* solubility evaluation of four gutta-percha sealer obturation techniques. *J Endod.* 1986;12(4):139-45.
226. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med.* 2016;48(1):70-6.
227. Pane ES, Palamara JE, Messer HH. Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *J Endod.* 2013;39(5):669-73.
228. Meyer-Lueckel H, Paris S. Improved resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res.* 2008;87(12):1112-6.
229. Shemesh H, Wu MK, Wesselink P. Leakage along apical root fillings with and without smear layer using two different leakage models: a two-month longitudinal ex vivo study. *Int Endod J.* 2006;39(12):968-76.
230. Neelakantan P, Subbarao C, Subbarao C, De-Deus G, Zehnder M. The impact of root dentine conditioning on sealing ability and push-out bond strength of an epoxy resin root canal sealer. *Int Endod J.* 2011;44(6):491-8.
231. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör I. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent.* 2000;13(5):255-60.
232. Scotti N, Forniglia A, Bergantin E, Paolino DS, Pasqualini D, Berutti E. Fibre post adaptation and bond strength in oval canals. *Int Endod J.* 2014;47(4):366-72.
233. Oliveira D, Cardoso M, Queiroz T, Silva E, Souza E, De-Deus G. Suboptimal push-out bond strengths of calcium silicate-based sealers. *Int Endod J.* 2016 Aug;49(8):796-801.
234. Taşdemir T, Er K, Çelik D, Tahan E, Serper A, Ceyhanli KT, et al. Bond strength of calcium silicate-based sealers to dentine dried with different techniques. *Med Princ Pract.* 2014;23(4):373-6.

235. Tuncel B, Nagas E, Cehreli Z, Uyanik O, Vallittu P, Lassila L. Effect of endodontic chelating solutions on the bond strength of endodontic sealers. *Braz Oral Res.* 2015;29(1):1-6.

236. Castellan CS, Santos-Filho P, Soares PV, Soares CJ, Cardoso P. Measuring bond strength between fiber post and root dentin: a comparison of different tests. *J Adhes Dent.* 2010;12(6):477-85.



8. ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İzmir’de doğdu. 2004 yılında Bornova Anadolu Lisesi (İzmir-Bornova) İngilizce Bölümü’nde orta öğretimini tamamladı.

2004-2009 yılları arasında Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde yüksek lisansını tamamladı.

2009-2013 yılları arasında İzmir’de serbest diş hekimi olarak çalıştı.

2014 yılında Bahar Dönemi DUS (Diş Hekimliği Uzmanlık Sınavı)’unu kazanarak Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimini almaya başladı.

9. EKLER



**T.C.
BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı**

TOPLANTI TARİHİ : 13/01/2016
TOPLANTI NO : 2016/01

KARARLAR :

- 4- B.E.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Başkanlığı'nın 2016-03-13/01 Protokol no'lu "Modifiye NaOCl İriganın Bioseramik Esaslı Pat-Dentin Bağlantısı Üzerine Etkisi" konulu çalışmasının Etik Kurul İlkelerine uygun olduğuna,

Oy birliği ile karar verilmiştir.

A S L I G İ B İ D İ R

Doç. Dr. Günnur ÖZBAKİŞ DENGİZ
B.E.Ü. Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanı





