



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
DICLE ÜNİVERSİTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**PERFORASYON TAMİRİNDE KULLANILAN İKİ FARKLI
MATERYALİN ASİT ve NÖTR ORTAMDA
SIZDIRMAZLIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Güney Mustafa Yüzer

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Sadullah KAYA

DİYARBAKIR-2020



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**PERFORASYON TAMİRİNDE KULLANILAN İKİ FARKLI
MATERYALİN ASİT ve NÖTR ORTAMDA
SIZDIRMAZLIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Güney Mustafa Yüzer

UZMANLIK TEZİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Sadullah KAYA

DİYARBAKIR

2020

Bu tez Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğünce desteklenmektedir.

Proje No: 19.012



T.C.
DICLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
DEKANLIĞI



ONAY

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı Uzmanlık öğrencisi **Dt. Güney Mustafa YÜZER**'in hazırladığı “Perforasyon Tamirinde Kullanılan İki Farklı Materyalin Asit ve Nötr Ortamda Sızdırmazlıklarının Karşılaştırılması” başlıklı Uzmanlık Tezi 13/08/2020 tarihinde “Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin” ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden tarafımızdan değerlendirilerek **Başarılı** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Sadullah KAYA

Jüri Üyesinin

Ünvanı	Adı ve Soyadı	Kurumu	İmza
Başkan	Prof. Dr. Sadullah KAYA	Dicle Üni.	
Üye	Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL	Dicle Üni.	
Üye	Doç. Dr. Melihan SİMŞEK	İnönü Üni.	

Yukarıdaki imzalar tasdik olunur.

13..108/2020..

Prof. Dr. Tahsin KILIÇOĞLU
Dicle Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı V.

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve tezimi Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu standartlarına uygun bir şekilde hazırladığımı beyan ederim.

13.08.2020

Güney Mustafa Yüzer

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca hem klinik tecrübesiyle hem de akademik bilgisiyle bana yol gösterici olan ve tez çalışmam süresince her konuda benden yardımını esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Sadullah KAYA'ya,

Eğitimim süresince emeği geçen ve her daim bilgi ve tecrübesine ihtiyaç duyduğum Prof. Dr. Özkan ADIGÜZEL'e,

Tezimin baştan sona her aşamasında yanımda olan, desteğini ve emeklerini esirgemeyen Dt. Merve Ece UYSAL'a,

Tezimin hazırlık aşamasında karşılaştığım engelleri aşmamda büyük desteği olan kıymetli eniştem Doç. Dr. Bahattin AYDOĞDU'ya

Tezimin laboratuvar çalışmaları sırasında bilgi ve desteğini benden esirgemeyen kuzenim Doç. Dr. Selçuk TUNİK'e

Tez çalışmalarımı tamamlamamda yardımları için DÜBAP' a,

Bölümdeki tüm mesai arkadaşlarıma,

Bugünlere gelmemde emekleri büyük olan değerli babam Mahmut YÜZER, annem Nesrin YÜZER, kardeşim Ömer Ersin YÜZER'e

sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum...

İÇİNDEKİLER

BEYAN	i
TEŞEKKÜR	ii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	v
RESİMLER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLolar DİZİNİ	viii
ÖZET	1
ABSTRACT	3
1. GİRİŞ ve AMAÇ	5
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Endodontik Perforasyonlar	7
2.2. Endodontik Perforasyonların Sınıflandırılması	8
2.3. Endodontik Perforasyonların Tamirinde Güncel Yaklaşımlar	10
2.4. Endodontik perforasyonlarda kullanılan tamir materyalleri.....	11
2.4.1. Amalgam	12
2.4.2. Çinko Oksit Ojenol	13
2.4.3. Super EBA (Super Etoksi Benzoik Asit)	13
2.4.4. Cam İyonomer Siman.....	13
2.4.5. Hidroksiapatit.....	14
2.4.6. Mineral Trioksit Aggregate (MTA)	14
2.4.7. Biodentin	17
2.5. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri	22
2.6. Boya Penetrasyon Yöntemi	22
2.6.1. Radyoizotop Testleri	23
2.6.2. Bakteriyel Sızıntı Yöntemi	24
2.6.3. Elektrokimyasal Yöntem	24
2.6.4. Sıvı Filtrasyon Yöntemi	24
3. GEREÇ ve YÖNTEM	26
3.1. Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması	26
3.2. Materyallerin ve Deney Gruplarının Hazırlanması.....	28

3.2.1. MTA Angelus	28
3.2.2. Biodentine	29
3.3. Saklama Koşullarının Hazırlanması	30
3.3.1. Fosfat tamponlu salin çözeltisinin hazırlanması.....	30
3.3.2. Asetik asit çözeltisinin hazırlanması.....	31
3.4. Örneklerin deney öncesi solüsyonda bekletilmesi	32
3.5. Mikrosızıntı Testi İçin Örneklerin Hazırlanması	33
3.6. Örneklerin Mikrosızıntı Açısından İncelenmesi	34
3.7. İstatistiksel Yöntem	37
4. BULGULAR	38
4.1. Saklama Ortamlarına Göre Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması	38
4.2. Kullanılan Tamir Materyallerine Göre Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması	40
4.3. Saklama Ortamlarında Bekletilme Sürelerine Göre Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması	44
5. TARTIŞMA	48
6. SONUÇLAR	55
7. KAYNAKLAR.....	56
8. EKLER.....	67
9. ORJİNALLİK RAPORU	68
10. ÖZGEÇMİŞ.....	69

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

°: Derece

%: Yüzde

ml: Mililitre

gr: Gram

cm: Santimetre

mm: Milimetre

sn: Saniye

pH: Power of Hydrogen

rpm: Dakikadaki tur sayısı

PDL: Periodontal ligament

ZOE: Çinko Oksit Ojenol

IRM: Intermediate Restorative Material

Super EBA: Super Etoksi Benzoik Asit

MTA: Mineral Trioksit Aggregate

GMTA: Gri Mineral Trioksit Aggregate

WMTA: Beyaz Mineral Trioksit Aggregate

FTS: Fosfat Tamponlu Salin

SEM: Scanning electron microscopy

UV: Ultraviole

p: İstatistiksel anlamlılık

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Seçilen örnek dişlerin ilk grubu.....	26
Resim 2. Kronu indirilip kavitesi açılmış örnek diş.	26
Resim 3. Perforasyonların oluşturulmasında kullanılan 1.4 mm çapındaki round frez.	27
Resim 4. Perforasyon alanı oluşturulan örnek dişlerin koronalden ve apikalden görüntüsü.....	27
Resim 5. Grup A perforasyonlarının kapatılmasında kullanılan MTA materyali.....	29
Resim 6. MTA'nın perforasyon alanına taşınmasında kullanılan taşıyıcı sistem.	29
Resim 7. Çalışmada kullanılan dişlerin sabitlendiği strafor.	29
Resim 8. Grup B perforasyonlarının kapatılmasında kullanılan Biodentine materyali.	30
Resim 9. Perforasyon alanı tamir materyali ile kapatılmış örnek dişin koronalden ve apikalden görüntüleri.	30
Resim 10. Solüsyonların hazırlanma aşamasında kullanılan manyetik karıştırıcı.	31
Resim 11. Solüsyonların hazırlanma aşamasında kullanılan pHmetre.	31
Resim 12. UV sterilizasyon sistemi.....	32
Resim 13. Örneklerin bekletildiği falkon tüp.....	32
Resim 14. Metilen mavisinde bekletilen gruplar.	33
Resim 15. Isomet cihazı.....	34
Resim 16. Nötr ortamda kısa dönem bekletilen MTA.	35
Resim 17. Asit ortamda kısa dönem bekletilen Biodentine.....	35
Resim 18. Nötr ortamda kısa dönem bekletilen Biodentine.	36
Resim 19. Asit ortamda uzun dönem bekletilen MTA.....	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Mikrosızıntı değerleri bakımından gruplara göre dağılımı.43

Şekil 2. Gruplarda mikrosızıntı değerleri bakımından dönemlere göre dağılımı.47



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu.....	38
Tablo 2. Nötr ortamda mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu	39
Tablo 3. Asit ortamında mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu	40
Tablo 4. Mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu.....	41
Tablo 5. MTA materyalinde mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu.	42
Tablo 6. Biodentine materyalinde mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu.	43
Tablo 7. Gruplarda mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu	45
Tablo 8. Materyal ve ortamlara göre mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasındaki farklılığına ilişkin analiz sonucu	47

ÖZET

Perforasyon Tamirinde Kullanılan İki Farklı Materyalin Asit ve Nötr Ortamda Sızdırmazlıklarının Karşılaştırılması

Güney Mustafa YÜZER

Danışman: Sadullah KAYA

Endodonti Anabilim Dalı

Amaç:

Endodontik tedavi sırasında anatomik farklılıklar veya iyatrojenik nedenlerle çeşitli komplikasyonlar meydana gelebilmektedir. Furkasyon perforasyonları da bu komplikasyonlardan birisidir. Bu tür istenmeyen durumlarda doğru müdahale prognozu olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bu da perforasyon alanının gingival sulkusla arasındaki bağlantıyı kesecek biyouyumlu bir materyalle hemen tamir edilmesine bağlıdır.

Bu çalışma, asidik ve nötr ortamlarda furkasyon perforasyonlarının tamirinde kullanılan Mineral Trioksit Agregate (MTA) ve Biodentine materyallerinin sızdırmazlık kabiliyetlerinin karşılaştırılmasını amaçlamaktadır.

Gereç ve Yöntem:

Çalışmada periodontal nedenlerle çekilmiş 96 adet mandibular molar diş kullanıldı. Dişler çalışmaya başlamadan önce en az 48 saat %10'luk formalin ile tamponlanmış suda bekletilip temizlendi. Endodontik giriş kavitesi her molar diş için açıldı ve pulpa odalarındaki pulpa dokusu bir ekskavatör yardımıyla temizlendi. Kuronlar koronal seviyeden mine-sement birleşim seviyesine 5 mm'ye kadar kısaltıldı. Standartizasyonu sağlamak için perforasyonlar, furkasyon bölgesinde 1.4 mm çapındaki round frezlerle oluşturuldu. Örnekler rastgele iki eşit gruba ayrıldı(n=48), perforasyonlar MTA ve Biodentine materyalleriyle onarıldıktan sonra her grup kendi içinde dört alt gruba (n=12) ayrıldı. Bu alt gruplar fosfat tamponlu salin (FTS) ve asetik asit solüsyonlarında bekletildi ve sonrasında tüm gruplar metilen mavisi çözeltisine daldırıldı. Fazla boyayı uzaklaştırmak için örnekler 15 dakika distile su ile durulandı. Her bir örnek İsomat cihazıyla perforasyon alanını ortalayacak şekilde iki kesite

ayrıldı. Alınan kesitler stereomikroskop altında boya penetrasyonu için incelendi ve tüm gruplarla ilişkili mikrosızıntı verileri değerlendirildi.

Bulgular:

Değişkenlerin normal dağılımdan gelme durumları araştırılırken birim sayılarına göre KolmogorovSmirnov veya ShapiroWilk's' den yararlanılarak normallik testi sonuçları incelendi. Gruplar arasındaki farklılıklar incelenirken değişkenlerin normal dağılımdan gelmemesi durumunda Mann Whitney U Testinden yararlanıldı. Sonuçlar yorumlanırken anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olması durumunda anlamlı bir farklılığın olduğu belirtildi.

Asit ortamında Biodentine materyalinin kısa dönem mikrosızıntı değeri MTA materyaline göre anlamlı derecede düşüktür. Asit ortamında uzun dönem mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Biodentine materyalinde nötr ortamın uzun dönem mikrosızıntı değeri ise asit ortamına göre anlamlı derecede düşüktür ($p < 0,05$).

Sonuç: Nötr ortamda hem MTA hem de Biodentine her iki bekletilme süresinde de asit ortama göre daha düşük mikrosızıntı değerleri göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mineral trioksit aggregate (MTA), Biodentine, mikrosızıntı, asetik asit, fosfat tamponlu salin.

ABSTRACT

Comparison of Sealing Efficiency of Two Different Materials Used In Perforation Repair In Acidic and Neutral Environments

Güney Mustafa YÜZER

Adviser of Thesis: Sadullah KAYA

Department of Endodontics

Aim:

During endodontic treatment, a variety of complications may occur due to anatomical variations or iatrogenic events. One of these major complications is furcation perforations. In such undesirable situations, correct intervention can positively affect the prognosis. This mainly depends on the immediate repair of the perforation area with a biocompatible material that would cut the connection between the gingival sulcus and perforation area.

This study aims to compare the sealing abilities of materials Biodentine and Mineral Trioxide Aggregates (MTA) when they are used in the repair of furcation perforations in acidic and neutral environments.

Material and Method:

In the study, 96 mandibular molar teeth extracted for periodontal reasons were used. Before starting work, the teeth were kept in buffered water with 10% formalin for at least 48 hours so as to be cleaned. The endodontic access cavity was opened for each molar tooth, and pulp tissue in the pulp chambers was removed carefully with the help of an excavator. Crowns were shortened from coronal level up to 5 mm. In order to ensure standardization, perforations were created through 1.4 mm-diameter round burs in the furcation area. The samples were randomly divided into two equal groups (n=48); after the perforations were repaired with MTA and Biodentine materials, each group was divided into four subgroups (n:12). These subgroups were kept in phosphate-buffered saline (PBS) and acetic acid solutions, and then all groups were immersed in methylene blue solution. The samples were rinsed with distilled

water for 15 minutes to remove excess stain. Each sample was divided into two sections with the isomet device to center the perforation area. The sections taken were examined for dye penetration under a stereomicroscope, and the microleakage data associated with all groups were evaluated.

Results:

While investigating the states of variables coming out of normal distribution, the results of normality tests were examined by making use of Kolmogorov Smirnov or Shaoirowilk according to the number of units. When examining the differences between the groups, if the variables did not come from the normal distribution, Mann Whitney U test was used. When the results were interpreted, it was expressed that there was a significant difference if the level of significance was $p < 0.05$.

The short-term microleakage value of Biodentine in the acidic environment was significantly less than that of MTA. Statistically, there was no significant difference between the materials in terms of long-term microleakage values in the acidic environment ($p > 0,05$). The long-term microleakage value of Biodentine in the neutral medium was significantly less than that in the acidic environment ($p < 0,05$).

Conclusions:

Both MTA and Biodentine showed less microleakage values in neutral environment with respect to the acidic environment in both holding times.

Keywords: Mineral Trioxide Aggregate (MTA), Biodentine, Microleakage, Acetic Acid, Phosphate Buffered Saline

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Endodontik tedavinin temel amacı kuron ve kök pulpasının veya bunların artıklarının uzaklaştırılması, kök kanallarında anatomik forma uygun bir genişletme yapılması ve kök kanallarının sızdırmaz bir şekilde doldurulmasıdır. Öncelikle kanal ağzılarını ortaya çıkarmak için kuron bölgesinde preparasyon yapılarak kanal giriş kavitesi hazırlanır. Bazı durumlarda endodontik giriş kavitesinin açılması sırasında iyatrojenik veya patolojik sebeplerle komplikasyonlar meydana gelebilir. Sıklıkla karşılaşılan komplikasyonlardan biri de furkasyon perforasyonlarıdır (1).

Furkasyon perforasyonu, dişin pulpa odasının tabanından periodontal ligament (PDL) boşluğuna açılması olarak ifade edilebilir. Perforasyon nedeniyle ilgili bölgede enflamasyon, diş eti büyümesi veya kemik yapısında rezorpsiyon meydana gelebilir. Perforasyon cerrahi veya cerrahi olmayan bir şekilde tedavi edilebilir. Biyouyumlu ve sızdırmaz bir materyal ile herhangi bir gecikme olmadan onarım yapılırsa prognozu genellikle mükemmeldir (2).

Günümüze kadar furkal perforasyonların tamiri için farklı malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemelere örnek olarak amalgam, IRM, SuperEBA, cavit, cam iyonomer siman, kompozitler verilebilir (3). Her ne kadar yukarıda listelenen malzemeler makul ölçüde biyouyumlu olup ve perforasyonun başarılı bir şekilde onarılmasını sağlasa da, kayıp periodonsiyumun eş zamanlı rejenerasyonu günümüz diş hekimliğinin temel hedefidir.

Mineral trioksit aggregate (MTA), mükemmel biyouyumluluğu, sızdırmazlık özelliği ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen materyallerden biridir (4). Başlangıçta perforasyonların onarımı için kullanılan bir malzeme olmasına rağmen, günümüzde vital pulpa tedavisinde, kök ucu dolgu malzemesi olarak, devital açık apeksli dişlerde apikal bir tıkaç olarak, dentinin aşırı duyarlılığı tedavisinde ve rejeneratif endodontik tedavide kullanılır (5-7). Bununla birlikte, uzun sertleşme süresi, manipülasyonunun zor olması, diş yapısının renklenmesine sebep olabilmesi ve yüksek maliyeti de dahil olmak üzere MTA kullanımı ile ilişkili bazı dezavantajlar da vardır (8). Son zamanlarda yeni bir kalsiyum silikat bazlı restoratif siman olan Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses,

Fransa) piyasaya sürülmüştür. MTA ile aynı uygulamalarda kullanılabilen, hızlı sertleşen bir restoratif materyaldir (9).

Bir materyalin bulunduğu ortam, dentin ile marjinal adaptasyonunu, mikrosızıntıyı ve ayrıca materyalin mikroyapısını ve yüzey morfolojisini etkileyebilir (10). Materyalin kullanımı sırasında önceden var olan enflamasyon nedeniyle diş çevresi dokulardaki pH değişikliklerinin, bu malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyebileceği bildirilmiştir (11).

Bu çalışmanın amacı, asidik ve nötr ortama maruz kaldıktan sonra mikrosızıntının kantitatif analizi için bir boya penetrasyon modeli kullanılarak, Biodentine ve MTA'nın sızdırmazlık özelliklerini karşılaştırmaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Endodontik Perforasyonlar

Endodontik tedavi esnasında bazen istenmeyen komplikasyonlar ortaya çıkabilmektedir. Perforasyonlar bu komplikasyonların başında gelir ve endodontik tedavide başarısızlığın en sık sebeplerinden biridir (12, 13).

Perforasyon, kök kanal tedavisi sırasında pulpa boşluğu ve periodonsiyum arasında devamlı bir ilişkiye neden olan yapay bir açıklığın oluşmasıdır. Sebebi çürük gibi patolojik durumlar, rezortif defektler ve iyatrojenik hatalar olabilir. Sebebi ne olursa olsun çevre dokularla bağlantı iltihabı artırır ve ataçman kaybına neden olur. Bu da dişin prognozunu düşüren bir durumdur (14). Furkal perforasyonların başarılı bir şekilde tamir edilmesi klinisyenler için önem teşkil etmektedir. Perforasyonların tespit edilir edilmez hemen tamir edilmesi önerilmektedir. Herhangi bir gecikme bakterilerin girişine izin verip komplike endodontik periodontal lezyon oluşumuna sebep olabilmektedir (15). Seltzer ve ark. maymunlar üzerinde yaptığı in vivo histolojik çalışmada perforasyon tamirinde başarının, defekt bölgesinin lokalizasyonuna ve defekti kapatmadan önce geçen süreye bağlı olduğunu bildirmişlerdir (16). Furkasyon bölgesinde oluşan perforasyonların tamiri bu bölgenin epitelyal ataçmana ve dişeti oluşuna yakınlığından ve oluşan büyük mekanik yaralanmadan dolayı oldukça zordur (17).

Perforasyon nedeniyle kavitenin içinde diş eti büyümesi, enflamasyon, kemik rezorpsiyonu veya nekroza yol açan bakteriyel enfeksiyon meydana gelebilir. Bu da endodontik tedavide başarısızlığa yol açar. Hülsmann ve Schäfer perforasyon tamirinin amacının, mikroorganizmaların eliminasyonunun yanı sıra, kökün bütünlüğünü sızdırmaz bir şekilde biyouyumlu bir materyal ile yeniden sağlayarak hasarlı periodontal dokuların rejenerasyonunu gerçekleştirmek olduğunu belirtmiştir (18).

İyatrojenik perforasyonlar; giriş kavitesi açılması esnasında hekimin yeteri kadar pulpa odasının anatomisine dikkat etmemesinden, pulpa odasının anatomik varyasyonları hakkında bilgi ve deneyim eksikliğinden kaynaklanabileceği gibi kök

kanal sisteminin mekanik preparasyon işleminde veya post yuvasının hazırlanması sırasında da oluşabilir. Yaşın artmasıyla birlikte kök kanallarında sklerozis görülmesi ya da dişin travma veya iritanlara maruz kalması sonucu kalsifiye doku miktarında artış pulpa boşluğunun perforasyon riskini artırır. Pulpa odasının tavanı ile tabanı arasındaki mesafenin kısa olduğu ve frezin dikkatsizce kullanıldığı durumlarda iyatrojenik furkasyon perforasyonları görülebilmektedir (19). Protetik diş tedavisi gören kron restorasyonlu dişlerde, kron sökülmeden başlanılan kanal tedavilerinde dişin önceki aksının tam olarak bilinmemesinden dolayı perforasyon oluşturma riski daha fazladır.

Literatürlerde perforasyonların görülme oranının yaklaşık %3-10 arasında olduğu bildirilmiştir (20). İyatrojenik perforasyonlar endodontik tedavi görmüş dişlerin yaklaşık %2-12 kısmını oluşturmaktadır. Kanal yenileme tedavilerinin başarı insidansının değerlendirildiği araştırmalarda, başarısızlık nedeni olarak önceden yapılmış endodontik tedavilerin %7-12'sinde perforasyon varlığı belirlenmiştir (21).

Perforasyonların doğru belirlenmesi ve yerinin tespiti tedavinin prognozu açısından oldukça önemlidir (17). Teşhisinde klinik durumu radyografilerle destekleyerek değerlendirmek önemlidir. Genellikle tedavi sırasındaki ilk belirti perforasyon bölgesinde çok fazla kanamanın görülmesidir (22). Perforasyon teşhisinde uygulanan yöntemlerden biri de elektronik apeks bulucu cihazların kullanımınıdır. Apeks bulucunun ucundaki eğe perforasyon alanına temas ettiğinde apeks bulucu eğeyi kök kanalından çıkmış gibi algılayarak erken cevap vermiş olur (23). Perforasyonların yerini tespit etmede elektronik apeks bulucular radyografilerden daha güvenilir sonuçlar verir (24). Dental volumetrik bilgisayarlı tomografi taramalarından elde edilen üç boyutlu görüntüler daha kesin ve ek bilgiler sağlayarak perforasyon teşhisinin koyulmasını kolaylaştırır (25). Kanal tedavisi sırasında dental operasyon mikroskopu ya da loop kullanımı perforasyon alanının tespit edilmesinde oldukça etkilidir.

2.2. Endodontik Perforasyonların Sınıflandırılması

Perforasyonların sınıflandırılmasında araştırmacılar farklı kriterleri (perforasyonun konumu, oluşum zamanı, prognozu vb) göz önüne almışlardır.

Fuss & Trope perforasyonların sınıflandırmasını perforasyonun konumuna göre yapmışlardır (12):

1. Lateral perforasyonlar

- Koronal perforasyonlar
- Krestal perforasyonlar
- Apikal perforasyonlar

2. Furkasyon perforasyonları

Clauder & Shin perforasyonları oluşum zamanına göre üç grupta sınıflandırmışlardır (26):

1. Endodontik işlemlerden önce gerçekleşmiş olan patolojik tip perforasyonlar

- Rezorpsiyona bağlı oluşan perforasyonlar
- Çürüğe bağlı oluşan perforasyonlar

2. Endodontik işlemler esnasında meydana gelen perforasyonlar

- Giriş kavitesi açılması esnasında oluşan perforasyonlar
- Kanal preparasyonu esnasında oluşan perforasyonlar

3. Endodontik tedavi sonrasında meydana gelen perforasyonlar

- Post yuvası hazırlanması esnasında oluşan perforasyonlar

Nichols perforasyonların sınıflandırmasını şu şekilde yapmıştır (27):

1. Patolojik Perforasyonlar

2. İyatrojenik Perforasyonlar

- Furkasyon perforasyonları
- Kökün koronal 1/3 ünde görülen,
- Kökün orta 1/3 ünde görülen,
- Kökün apikal 1/3 ünde görülen perforasyonlar

Endodontik olarak tedavi edilen dişlerin yaklaşık % 2-12' sinde ciddi etkileri olabilecek kök perforasyonları meydana gelir (28). Bu perforasyonlar, kök kanalından veya periodontal dokularda fistülle sonuçlanabilecek enflamatuvar yanıtı ortaya çıkaran bakteriyel girişi teşvik eden açık bir kanal olarak işlev görür. Perforasyon lateral olarak veya furkasyon alanında meydana geldiğinde ilgili bölgeye doğru dişeti epitelinde aşırı

büyüme olabilir (17) ve bu durum dişin prognozunu olumsuz etkiler. Furkasyon perforasyonları lateral perforasyonlardan daha zayıf prognoza sahiptir (12).

2.3. Endodontik Perforasyonların Tamirinde Güncel Yaklaşımlar

Perforasyonun tamiri ortograd veya cerrahi girişim yoluyla olmak üzere iki şekilde yapılabilir (29). Molar dişlerin furkasyon bölgelerinde oluşan perforasyonların tamiri, oldukça büyük mekanik yaralanma alanına sahip olması ve sıklıkla sulkusla bağlantılı olmasından dolayı genellikle zordur. Perforasyon küçük bir alana sahip ise bu alan hızlı sertleşen bir materyalle hermetik olarak kapatıldığında prognoz iyidir. Bununla birlikte geniş furkasyon perforasyonlarında tamir materyali yerleştirilirken materyalin kontrolü güçtür ve periodontal ligament (PDL) boşluğuna taşması yaygındır (28). Bu durum periodontal dokularda hasara sebep olabilir. Perforasyon alanının oral kavitenin bakteriyel kontaminasyonuna maruz kalması kemik bütünlüğünün bozulmasına ve hatta diş kaybına sebebiyet verebilir (16, 27).

Perforasyon tamiri sırasında asıl hedeflenen enflamatuvar süreci durdurmak ve bölgedeki sağlıklı dokuları koruyarak doku ataçman kaybını engellemektir (30). Eğer perforasyon öncesi mevcut durum herhangi bir lezyonu içermekteyse dokunun yeniden ataçmanını sağlamak daha da zorlaşacaktır. Bu durumda rejeneratif süreci başlatabilecek uygun materyalin seçilmesi son derece önemlidir.

Furkasyon perforasyonlarının tamirinde cerrahi tedaviler cep oluşumuna neden olabilir. Bundan dolayı genellikle cerrahi olmayan tedaviler (ortograd) önerilmektedir (22).

Perforasyon tamirinde prognozu etkileyen önemli faktörler (27):

- Perforasyon alanının boyutu
- Lokalizasyonu
- Perforasyonun oluşumundan tamirine kadar geçen süre
- Kullanılan tamir materyalinin perforasyon alanını kapatabilme yeteneği
- Materyalinin doku ile biyolojik uyumu

Yapılan birçok çalışmada perforasyonun diş eti oluşuna olan mesafesinin prognoz üzerinde önemli bir etkisinin olduğu, furkasyon perforasyonlarının diş eti oluşuna yakın olması sebebiyle prognozunun daha zayıf olduğu belirtilmiştir.

Perforasyonun oluşumundan tamirine kadar geçen sürenin artmasının prognozu olumsuz etkileyebileceğine dair çalışmalar olmasının yanında, Benenati ve ark. (31) ise perforasyon ve tamir arasındaki geçen sürenin prognozu etkilemediğini savunmuştur. Perforasyonun endodontik tedaviden önce tamir edilmesi, bir sonraki seansta endodontik tedavi için daha iyi bir izolasyon imkanıyla tedavinin bitirilmesine olanak sağlar (32). Birçok çalışma perforasyonun olduğu seans beklenmeden tamir edildiği durumlarda bakteri kontaminasyonunun mümkün olduğunca engellenebileceğini bildirmiştir (16, 33).

2.4. Endodontik Perforasyonlarda Kullanılan Tamir Materyalleri

İdeal bir perforasyon tamir materyalinde bulunması gereken özellikler (34):

- Yeterli sızdırmazlık sağlamalıdır.
- Biyoyumlu olmalıdır.
- Osteogenezis ve sementogenezisi indükleyebilmelidir.
- Bakteriyostatik ve radyopak olmalıdır.
- Kapatma esnasında dolgu maddesine karşı bir matriks olarak görev yapabilmelidir.
- Nispeten ucuz olmalıdır.
- Toksik ve karsinojenik olmamalıdır.
- Yerleştirilmesi kolay olmalıdır.
- Boyutsal stabilite göstermelidir.
- Perforasyon duvarlarına iyi adaptasyon göstermelidir.

Şimdiye kadar pek çok tamir materyali kullanılmış fakat hiçbir tamir materyali bu özelliklerin hepsini sunamamıştır.

Perforasyon tamiri için kullanılan çeşitli materyaller ;

- 1) Amalgam
- 2) Paris alçısı
- 3) Çinko oksit ojenol (ZOE)
- 4) Super EBA
- 5) Intermediate Restorative Material (IRM)
- 6) Gutta perka
- 7) Cavit
- 8) Cam iyonomer siman
- 9) Kompozit
- 10) Dentin bağlayıcı ajan
- 11) Dekalsifiye dondurulmuş kemik parçacıkları
- 12) Kalsiyum fosfat siman
- 13) Trikalsiyum fosfat siman
- 14) Hidroksiapatit
- 15) Kalsiyum hidroksit
- 16) MTA
- 17) Biodentine
- 18) Endosequence
- 19) Bioaggregate
- 20) New endodontic cement (NEC)

2.4.1. Amalgam

Amalgam günümüze kadar birçok amaç için kullanılmıştır. Sıklıkla restoratif materyal olarak kullanılmasına rağmen endodontik perforasyonların tamirinde de yer almıştır. Amalgam; manipülasyonunun kolay olması, iyi bir radyoopasiteye sahip olması ve rezorbe olmamasından dolayı perforasyon tamir materyali olarak tercih edilir. Amalgamın ilerleyen süreçte korozyona bağlı olarak marjinal adaptasyonu artar ve sızdırmazlık özellikleri gelişir.

Amalgamın dezavantajları ise; başlangıç marjinal sızıntısının iyi olmaması, civa içeriğinden dolayı başlangıç sitotoksitesinin yüksek olması, sert ve yumuşak dokuları boyamasıdır (35).

2.4.2. Çinko Oksit Ojenol

Diş hekimliği alanında çeşitli amaçlar için kullanılan terapötik simanlardan biri çinko oksit öjenoldür. Bramante ve ark. ZOE ile tamir edilen perforasyonların kötü prognoz gösterdiğini bildirmiştir. ZOE'nin furkasyon perforasyonu tamirinde kullanıldığında apse oluşumu ve alveolar kemikte rezorpsiyona sebep olan enflamatuvar reaksiyonlara neden olabileceğini göstermişlerdir (36).

2.4.3. Super EBA (Super Etoksi Benzoik Asit)

Super EBA, alümina ile güçlendirilmiş çinko oksit öjenol simandır. Pulpa tabanı veya kök kanalındaki perforasyonların kapatılmasında kullanılmıştır. Manipülasyon kolaylığı ve periapikal dokularla olağanüstü biyolojik uyumluluğu gibi avantajlı özelliklere sahiptir ve yüksek adeziv özelliğiyle dentin duvarlarına adaptasyonu ek bir avantajdır (37).

J.Kenneth Weldon ve arkadaşlarının yaptığı bir araştırmaya göre Super EBA ilk 24 saatte MTA'dan önemli ölçüde daha az mikrosızıntı göstermiş, MTA ve Super EBA kombinasyonu tek başına MTA'dan daha hızlı bir sızdırmazlık sağlamıştır (38).

2.4.4. Cam İyonomer Siman

Toz ve sıvıdan oluşan bir sistemdir. Toz kısmı silika, alümina, alüminyum florür, kalsiyum florür, sodyum florür, alüminyum fosfattan oluşurken sıvı kısmı poliakrilik asit, tartarik asit ve sudan oluşur. Işıkla sertleşen cam iyonomer simanın perforasyon tamir malzemesi olarak kullanıldığı durumlarda, amalgam veya Cavit'ten daha iyi bir sızdırmazlık sergilediği gösterilmiştir (39). Yapılan bir çalışmada, ışıkla sertleşen cam iyonomer simanın kimyasal olarak sertleşen cam iyonomer simandan daha üstün sızdırmazlık özelliğine sahip olduğu görülmüştür (3).

2.4.5. Hidroksiapatit

Hem internal matris hem de doğrudan perforasyon tamir malzemesi olarak kullanılabilir. Furkasyon perforasyonu tamir malzemesi olarak kullanıldığında, iyatrojenik kök perforasyonuna bağlı furkasyon kemik kaybını yeniden yapılandırdığı görülmüştür (40). Amalgam veya cam iyonmer siman gibi malzemelerin ekstrüzyonunu önlemek için dahili bir matris olarak kullanıldığında, daha sonra yerleştirilecek olan tamir malzemesini destekleyen kararlı bir matris olarak işlev görür (41).

2.4.6. Mineral Trioksit Aggregate (MTA)

Mineral trioksit aggregate (MTA), 1990'ların başından beri endodontik uygulamalar için araştırılan biyoyumlu bir materyaldir. MTA ilk kez 1993 yılında dental literatürde tanımlanmıştır (5) ve 1998 yılında ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından endodontik kullanım için onay verilmiştir (42).

MTA materyalleri, rafine edilmiş bir Portland çimentosu ve bizmut oksidin karışımıdır ve eser miktarda SiO_2 , CaO , MgO , K_2SO_4 ve Na_2SO_4 içerdiği bildirilmektedir (43, 44). Ana bileşen olan Portland çimentosu, dikalsiyum silikat, trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, alçı ve tetrakalsiyum alüminoferritin bir karışımıdır. Alçı taşı, tetracalcium aluminoferrite göre daha az ölçüde etkili olsa da sertleşme süresinin ayarlanmasında önemli bir belirleyicidir (44).

Portland çimentosunun MTA yerine kullanılabileceği düşünülse de, Portland çimentosunun ve MTA'nın aynı malzemeler olmadığını vurgulamak önemlidir. MTA ürünlerinin daha küçük bir ortalama partikül büyüklüğüne sahip olduğu, daha az toksik ağır metal içerdiği, daha uzun çalışma süresine sahip olduğu ve normal Portland çimentolarından daha fazla işleme maruz kaldığı bildirilmiştir (45, 46).

İlk MTA malzemesi, ağırlıklı olarak kalsiyum ve fosfor iyonlarından oluşan ince bir hidrofilik toz olarak tarif edilmiş ve dentinden daha büyük radyoopasite sağlamak için bizmut oksit ilave edilmiştir (47).

MTA ürün tozu, verilen steril su ile 3:1 toz / sıvı oranında karıştırılır ve nemli bir pamuk peletin geçici olarak malzeme ile doğrudan temas ettirilmesi ve takip randevusuna kadar bırakılması önerilir. Hidrasyon sonrası MTA'da yaklaşık 3-4 saat içinde sert bir yapıya dönüşen bir koloidal jel oluşur ve çevre dokulardan gelen nem sertleşme reaksiyonuna yardımcı olur (5). MTA karıştırıldıktan sonra başlangıç pH'ı 10.2'ye sahipken üç saat sonra 12.5'e yükselir (47, 48). Sertleşme işlemi, trikalsiyum silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ve dikalsilik silikatın ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) hidrasyon reaksiyonu olarak tanımlanır; dikalsilik silikatın materyalin mukavemetinin gelişmesinden sorumlu olduğu söylenir (44). Benzer amaçlar için kullanılan diğer malzemelerden daha zayıf olmasına rağmen, MTA basınç dayanımının nem mevcudiyetinde 21 güne kadar arttığı bildirilirken, MTA ürün mikro sertliği ve hidrasyon davranışının, fizyolojik koşullara kıyasla (pH 7) enflamatuar pH (pH 5) aralığına maruz kalmasından olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (49).

MTA tozunun farklı sıvılar ve katkı maddeleri ile karıştırılmasının, sertleşme süresi ve basınç dayanımı üzerinde etkili olabileceği gösterilmiştir (50). %3 ve %5 kalsiyum klorür çözeltisi, su bazlı bir kayganlaştırıcı ve sodyum hipoklorit jelleri sertleşme süresini azaltır; bununla birlikte nihai basınç mukavemeti, steril su ile hazırlanandan önemli ölçüde daha düşüktür. MTA'nın salin ve %2'lik lidokain anestezi çözeltisi ile hazırlanması sertleşme süresini uzatır; ancak basınç dayanımını önemli ölçüde etkilememiştir. Klorheksidin glukonat jeli ile hazırlanan bir MTA ürünü ise sertleşmemiştir (50). Klinisyenler MTA materyallerinin hazırlanmasında steril su yerine farklı çözeltiler düşünebilir; ancak klinisyenler bu durumlarda MTA'nın fiziksel özelliklerinin kaybına karşı potansiyel terapötik kazancını göz önünde bulundurmalıdır.

2002 yılına kadar, gri renkli tozdan oluşan sadece bir MTA materyali (GMTA) mevcuttu ve o yıl estetik kaygılardan dolayı ProRoot MTA (Dentsply Endodontics, Tulsa, OK, ABD) adıyla beyaz mineral trioksit aggregate (WMTA) tanıtıldı (44).

Furkasyon onarımları için gri MTA (GMTA) retansiyonunun 24 saat ile karşılaştırıldığında 72 saatte önemli ölçüde daha fazla direnç gösterdiği bildirilmiştir (51).

GMTA apikal rezeksiyondan sonra kök ucu dolgu maddesi olarak kullanıldığında amalgam, çinko oksit öjenol (ZOE) preparatlarından ve geleneksel bir cam iyonmer siman materyalinden daha az mikrosızıntıya sahiptir (52). Bununla birlikte, diğer çalışmalar MTA materyalleri ile çinko oksit öjenol preparatları ve geleneksel cam iyonmer restoratif materyalleri arasında sızıntıda hiçbir fark olmadığını bildirmiştir. MTA'nın apikal alanı sızdırmaz bir şekilde kapatabilmesi için MTA en az 3 mm'lik bir kalınlığa sahip olmalıdır (53).

Furkasyon perforasyon tamirinde kullanılan GMTA ve beyaz MTA (WMTA)'nın mikrosızıntısı hem ortograd hem de retrograd yönde karşılaştırılmıştır (14). Sonuçlara göre iki MTA materyali arasındaki sızıntıda hiçbir fark bulunmamıştır. Ancak ortograd yönden mikrosızıntı önemli ölçüde daha fazla bulunmuştur. Bu, koronal mikrosızıntıya karşı yeterince koruma sağlamak için MTA furkasyon onarımları üzerinde yeterli bir koronal bariyer materyaline ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Yapılan bir çalışmada GMTA'nın insan periodontal ligament fibroblast mitokondriyal dehidrojenaz aktivitesini olumsuz etkilemediği gösterilmiştir (54). Periodontal ligament fibroblastlarının SEM analizinin normal bir morfolojiye sahip olduğu ve 24 saatlik MTA yüzeylerine büyüme ve bağlanma sergilediği bulunmuştur (55). Rezeke edilmiş kök yüzeyleri içeren karşılaştırılabilir bir çalışmada, GMTA'da PDL hücresi ataçmanları gözlenmiştir ancak gütta perkada böyle bir oluşum gözlenmemiştir (56). Benzer şekilde PDL fibroblastlarının, hücrel metabolik aktivitesini analiz eden bir çalışmada, WMTA üzerinde gelişmiş proliferasyon gösterdiği bildirilmiştir (57).

MTA ve kalsiyum hidroksit direkt pulpa kaplamasında kullanıldığında, MTA ile tedavi edilmiş pulpada çok az bir iltahabi yanıt, kalın ve sürekli bir dentin köprüsü gözükürken buna karşılık kalsiyum hidroksit ile tedavi edilen örneklerin sadece 1/3'ünde dentin köprüsü gözlenmiştir. Hepsinde ciddi doku iltihabı görülmüştür (58). Başka bir çalışmada MTA direk pulpa kaplamasında kullanıldığında 3 haftada tipik olarak reperatif dentinde gözlemlenen osteodentin matriksini indüklediği belirtilmiştir (59). Pulpal dokular ve MTA kristalleri arasında 2 haftada neodentinal köprü oluşumu izlenmiştir (60). Pulpa kaplayıcı ajan olarak kullanılan WMTA ve GMTA

materyallerinin çoğunun, 2 haftada hafif enflamatuar reaksiyonlarla tam kalsifiye köprü oluşumu sergilediği bildirilmiştir (61).

WMTA apeksifikasyonda kullanıldığında hafif doku enflamasyonu ile eksik bariyer oluşturabileceği gibi tam bariyer oluşturabileceği de bildirilmiştir. Yalnızca WMTA ile işleme tabi tutulan örneklerin kök sınırları içinde bariyerler ürettiği bulunmuştur. Buna karşılık ilk olarak kalsiyum hidroksit ile işleme tabi tutulan örneklerin daha önceki apikal alanın ötesinde, çoğunlukla kanal dışında olan eksik bariyer oluşumu gözlenmiştir (62).

Pulpotomide kullanılan MTA ve kalsiyum hidroksitin histolojik pulpal yanıtını karşılaştıran bir çalışmada, MTA'nın tedaviden 4 ve 8 hafta sonra kalsiyum hidroksitten daha az pulpal enflamasyonla daha homojen ve sürekli bir dentin köprüsü oluşturduğu bildirilmiştir (60). Geri dönüşümsüz pulpitisin klinik bulgularını sergileyen 23 daimi dişin pulpotomisinde MTA kullanan bir çalışmada ise dişlerin endodontik değerlendirmesinde de olumlu bir sonuç bildirilmiştir (63).

2.4.7. Biodentine

Kalsiyum silikat esaslı malzemeler mineral trioksit agregatına (MTA) benzerlikleri ve MTA'nın belirtildiği durumlarda uygulanabilirlikleri nedeniyle son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Son zamanlarda çeşitli kalsiyum silikat bazlı ürünler piyasaya sürülmesine rağmen, bunlardan özellikle birisi odak noktası ve çeşitli araştırmaların konusu olmuştur. Kalsiyum silikat esaslı bu ürün 2009 yılında Biodentine ticari adıyla piyasaya sürülmüş ve özellikle “dentin replasmanı” malzemesi olarak tasarlanmıştır. Biodentine, endodontik tedavilerde (kök perforasyonları, apeksifikasyon, rezorptif lezyonlar ve endodontik cerrahide retrograd dolgu malzemesi) ve restoratif diş hekimliğinde dentin replasman materyali olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Malzeme aslında MTA bazlı siman teknolojisi ve bu tip simanların fiziksel nitelikleri ve manipülasyon yeteneği gibi bazı özelliklerinin iyileştirilmesiyle formüle edilmiştir (64).

Biodentine ürün içeriği incelendiğinde malzemenin toz bileşeninin trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat ve oksit dolgu maddesi, demir oksit ve zirkonyum oksitten oluştuğu görülür. Trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikat

sırasıyla ana ve ikinci çekirdek malzemeler olarak belirtilirken, zirkonyum oksit ise radyopasitesini sağlar. Diğer yandan likit kısmı, hızlandırıcı olarak kalsiyum klorür ve su azaltıcı bir ajan olarak görev yapan suda çözünür bir polimer içerir. Partikül büyüklüğünün artırılması, sıvı bileşene kalsiyum klorür eklenmesi ve sıvı içeriğinin azaltılmasıyla ürünün benzersiz bir özelliği olan hızlı çalışma süresinin elde edildiği de belirtilmiştir. Malzemenin çalışma süresi 9–12 dakika kadar kısadır. Bu daha kısa çalışma süresi, diğer kalsiyum silikat malzemelerine kıyasla olumlu bir gelişmedir. Malzeme, çözelti halindeyken kalsiyum salınımı ile karakterizedir (65). Trikalsiyum silikat esaslı malzemeler, sentetik doku sıvısıyla temas ettiklerinde hidroksiapatit kaynağı olarak da tanımlanır (66). Biodentine'deki trikalsiyum silikat tanelerinin daha ince olduğu bildirilmiştir (67).

Biodentine tozu ayrıca siman partiküllerine kıyasla nispeten büyük olan kalsiyum karbonat kalıntılarında sahiptir. Kalsiyum karbonat partiküllerinin çevresinde hidrasyon ürünleri vardır. Kalsiyum karbonatın bir çekirdeklenme alanı olarak hareket ettiği ve mikro yapıyı güçlendirdiği gösterilmiştir (66). Kalsiyum karbonat katkı maddesinin önemli bir özelliği, C – S – H için bir çekirdeklenme merkezi olarak işlev görmek, böylece indüksiyon periyodunun süresini azaltmak ve daha hızlı bir sertleşme süresi sağlamaktır (67).

Karışımın sertleşme süresi, karıştırma başlangıcından malzemenin karıştırma yüzeyinde bir iz bırakmayacak şekilde sertleşmesine kadar geçen süre olarak hesaplanır. Biodentine'nin başlangıç sertleşme süresi ürün açıklamasında 9 ila 12 dakika olarak belirtilir. Grech ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada ürünün tam sertleşme süresi 45 dakika olarak belirlenmiştir (68).

Biodentine gibi ürünlerin önemli bir kullanım alanının vital pulpa tedavileri olduğu göz önüne alındığında, simanın çigneme kuvvetlerine, diğer bir deyişle dış etkilere karşı koymak için yeterli basınç dayanımı kapasitesine sahip olması önemlidir (69). Biodentine'nin ürün açıklamasında, Biodentine'nin belirli bir özelliğinin, doğal dentin ile benzer bir aralığa ulaşana kadar zamanla basınç dayanımı açısından gelişmeye devam etme kapasitesi olduğu belirtilmektedir. Grech ve ark. yaptığı çalışmada, Biodentine'nin test edilen diğer materyallerden IRM ve Bioaggregate'e kıyasla en yüksek basınç dayanımını gösteren materyal olduğunu belirtmiştir (68). Bu sonuç

Biodentine'de kullanılan düşük su / toz oranından dolayı artan mukavemete bağlanmaktadır. Kayahan ve ark. basınç dayanımını başka bir perspektiften değerlendirmiş ve özellikle klinik kullanımla ilgili sonuçlar çıkarmışlardır. Asitle aşındırmanın mekanik adezyonu sağlamak için Biodentine uygulamasını izleyen adımlardan biri olduğu düşünüldüğünde, araştırmacılar aşındırma prosedürünü takiben basınç dayanımı açısından herhangi bir değişiklik olup olmadığını değerlendirmeyi amaçlamıştır. 7 gün sonra asitle aşındırma prosedürlerinin ProRoot MTA ve Biodentine'nin basınç dayanımını azaltmadığı sonucuna varmışlardır (69). Ayrıca Koubi ve ark. Biodentine posterior restorasyon olarak kullanmışlar ve Biodentine'nin 6 aya kadar iyi marjinal adaptasyon gibi uygun yüzey özellikleri gösterdiğini rapor etmişlerdir (70).

Grech ve ark. Biodentine'nin mikro sertliğini değerlendirmiştir ve Biodentine'nin Bioaggregate ve IRM'ye kıyasla daha üstün değerler gösterdiğini belirtmişlerdir (68). Biodentine'nin fiziksel özelliklerini geleneksel bir cam iyonomer (Fuji IX) ve bir rezin modifiye cam iyonomer (Vitrebond) ile karşılaştıran bir çalışmada, Biodentine'nin diğer malzemelere kıyasla daha yüksek yüzey mikro sertliği sergilediği gösterilmiştir (71).

Kalıcı restorasyonlar altında Biodentine'nin bir dentin kaidesi olarak kullanıldığı durumlarda, farklı bağlanma sistemlerine sahip malzemelerin bağlanma mukavemetini değerlendiren çalışmalar yapılmıştır. Odabaşı ve ark. 2 aşamalı total-etch, 2 aşamalı self-etch ve tek aşamalı self-etch sistemlerinin farklı aralıklarla Biodentine için kesme bağı mukavemetini değerlendirmiştir. Tüm adeziv sistemler arasında aynı zaman aralıklarının da (12 dakika ve 24 saat) anlamlı bir fark bulunamamıştır (72). Farklı zaman aralıkları karşılaştırıldığında, total-etch sistemler için 12 dakikalık bir sürede en düşük bağlanma değeri elde edilirken, en yüksek bağlanma 24 saatlik dönemde 2-aşamalı self-etch sistemler için elde edilmiştir (72).

Biodentine'nin, özellikle endodontik açıdan bir başka kullanım alanı ise klinik uygulamada karşılaşılabilecek muhtemel perforasyonların tamiridir. Bir perforasyon tamir malzemesinin, onarım alanında yerinden çıkmasını önlemek için dentinal duvarlarla yeterli miktarda push-out bağlanımına sahip olması önemlidir. Aggarwal ve ark. furkal perforasyon tamirinde Biodentine, ProRoot MTA ve MTA Plus'ın push-out bağlanma

kuvvetlerini incelemiştir (15). Push-out bağlanma gücü zamanla artmıştır. Çalışmanın sonuçları, MTA'nın 24 saatlik push-out bağlanma gücünün Biodentine'den daha az olduğunu ve kan kontaminasyonunun, sertleşme süresine bakılmaksızın MTA Plus'ın push-out bağlanma gücünü etkilediğini göstermiştir. Araştırmacılar tarafından saptanan Biodentine'nin olumlu özelliği, kan kontaminasyonunun sertleşme süresi uzamasına bakılmaksızın, push-out bağlanma kuvveti üzerinde hiçbir etkisinin olmamasıydı.

El-Ma'aite ve ark. smear tabakasının kalsiyum silikat içeren simanların push-out bağlanım kuvvetleri üzerindeki etkisini ve bu tabakanın kaldırılmasının, bu malzemelerin bağlanma özellikleri üzerinde herhangi bir genel etkisi olup olmadığını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Araştırmacılar kök dolguları olarak Biodentine, ProRoot MTA ve Harvard MTA kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, smear tabakasının kaldırılması kalsiyum silikat simanların erken bağlanım kuvvetlerini önemli ölçüde azaltmıştır. Smear tabakasının, dentin ve Biodentine gibi kalsiyum silikat içerikli simanlar arasındaki bağlantı kuvvetini belirleyen kritik bir konu olduğu çalışmada gösterilmiştir. Bu sonucu kalsiyum silikat siman partiküllerinin partikül boyutlarından dolayı dentin tübüllerine nüfuz edememesine bağlamışlardır (73).

Güneşer ve ark. Biodentine'nin; NaOCl, klorheksidin ve salin gibi çeşitli endodontik irrigasyon ajanına maruz kaldıktan sonra bile tamir malzemesi olarak önemli bir performans sergilediğini, MTA'nın ise kök dentinine karşı en düşük bağlantı kuvvetine sahip olduğunu belirtmiştir (74).

Trikalsiyum silikat esaslı malzemeler, hermetik sızdırmazlığın zorunlu olduğu perforasyon tamiri, vital pulpa tedavileri ve retrograd dolgu gibi tedavilerde özellikle tercih edilir. Bu nedenle, gözeneklilik derecesi, bu malzemeler kullanılarak yapılan tedavilerin genel başarısında çok önemli bir rol oynar çünkü bu sızıntı miktarını belirleyen kritik bir faktördür (75).

Radyoopasite retrograd veya tamir malzemesi olarak kullanılan ürünlerde beklenen önemli bir özelliktir. Biodentine'de radyoopasiteyi sağlayan içerik zirkonyum oksit iken diğer materyallerde ise bizmut oksit radyoopasiteyi sağlar. Böyle bir tercihin nedeni, zirkonyum oksidin biyoyumlu özelliklere sahip olması ve uygun mekanik

özelliklere ve korozyona karşı dirençli bir biyoinert malzeme olarak gösterilmesidir (76).

Bir dental materyalin biyouyumluluğu, özellikle pulpa kaplama, perforasyon tamiri veya retrograd dolgu olarak kullanıldığında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Yukarıda belirtilen prosedürler sırasında, malzeme bağ dokusu ile doğrudan temas halindedir ve periradiküler ve pulpal hücrelerin canlılığını etkileme potansiyeline sahiptir. Bu koşullar altında hücre ölümü apoptoz veya nekroz nedeniyle oluşur (77). Bu nedenle, malzemenin doğrudan çevre doku ile temas halinde olduğu prosedürler sırasında toksik maddelerden kaçınılmalı ve onarımı teşvik eden veya biyolojik olarak nötr olan malzemeler tercih edilmelidir. Biodentine'nin biyouyumluluğu ile ilgili şu ana kadar toplanan bilgiler oldukça sınırlı olmasına rağmen, mevcut veriler genellikle sitotoksikite ve doku kabul edilebilirliği bakımından materyal lehinedir. Yakın zamanda yayınlanan bir makale, Biodentine'nin başka bir perspektiften etkisine odaklanmış ve etkilenen üçüncü azı dişlerinden elde edilen farklı konsantrasyonlarda, materyalin pulpa kök hücreleri (hDPSC'ler) üzerindeki proliferatif, migrasyon ve adezyon etkisini değerlendirmiştir. Çalışmada Biodentine'nin insan diş pulpası kök hücrelerinin proliferasyonunu, migrasyonunu ve adezyonunu artırarak malzemenin biyoaktif ve biyouyumlu özelliklerini doğrulayarak doğrudan pulpa ile temas ettiğinde iyileşmeyi olumlu etkilediği gösterilmiştir (78).

Pulpotomi, Biodentine'nin kullanılmasının önerildiği bir başka vital pulpa tedavi yöntemidir. Bu yöntem pediatrik diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır ve pulpa odasının amputasyonunu ve radiküler pulpa dokusunun canlılığının korunması için bir bariyer materyalin yerleştirilmesini içerir. Bu metodoloji, koronal pulpa dokusu iltihaplandığında ve direk pulpa kaplaması uygun bir seçenek olmadığında özellikle yararlıdır ve tercih edilir. Shayegan ve ark. Biodentine'nin hem pulpa kaplaması hem de pulpotomi materyali olarak kullanıldığı domuz dişlerinin 7, 28 ve 90 gün sonra pulpal cevabı değerlendiren çalışmalarının sonuçlarında, Biodentine'nin biyoaktif özelliklere sahip olduğunu, sert doku rejenerasyonunu teşvik ettiğini ve orta veya şiddetli pulpal enflamasyon yanıtı belirtisi göstermediğini bildirmişlerdir. Ayrıca malzemenin yüzeyde hidroksiapatit kristallerinin oluşması nedeniyle sızdırmazlık kabiliyetini arttıran başarılı bir marjinal bütünlüğü koruyabildiğini belirtmişlerdir. Üstün sızdırmazlık potansiyeli nedeniyle pulpanın enfekte olmasına veya nekrotik hale

gelmesine ve vital tedavi prosedürlerinin başarısını tehlikeye sokmasına neden olabilecek mikrosızıntı riski yoktur. Bir başka önemli yorum, kalsiyum hidroksite bağlı sert doku oluşumu pulpada materyalin irritasyonuna karşı bir savunma tepkisi olduğu ancak kalsiyum silikat bazlı malzemelerin hücre alımıyla uyumlu olduğu yönündeydi. Ayrıca, kalsiyum hidroksitin neden olduğu nekrotik tabakanın diğerlerine göre çok daha büyük olduğu görülmüştür (79).

2.5. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri

Mikrosızıntı, diş ile restorasyon materyali arasında bakteri, iyon, molekül veya sıvıların makroskopik olarak görülmeyen geçisi olarak ifade edilir (80). Mikrosızıntının en önemli sebeplerinden biri kullanılan dental materyalin diş dokusuyla uyumunun yetersiz oluşudur. Diğer bir sebebi ise uygulamadan sonra materyalin geçirdiği fiziksel ve kimyasal değişimlere bağlı olarak materyalde büzülme gerçekleşmesidir (81).

Endodontik tedavinin başarısında kullanılan materyalin sızdırmazlığı önemli bir yer kaplamaktadır. Bu nedenle kullanılan materyallerin mikrosızıntısını değerlendirmek için literatürde birçok yöntem kullanılmıştır. Mikrosızıntının değerlendirilmesinde genellikle in vitro yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler:

- Boya penetrasyon yöntemi
- Radyoizotop testleri
- Bakteriyel sızıntı yöntemi
- Elektrokimyasal yöntem
- Sıvı filtrasyon yöntemi

2.6. Boya Penetrasyon Yöntemi

İn vitro yöntemlerde kullanılan boya penetrasyon yöntemi en eski yöntemlerden olup kolay ve basit uygulama prosedürleri nedeniyle hala yaygın olarak tercih edilmektedir (81). Bu yöntemde çekilmiş dişlere restoratif uygulamalar yapıldıktan sonra diş yüzeyinin geri kalan bütün yüzeylerine tırnak cilası sürülür. Hazırlanan örnekler belirli oranlardaki boya solüsyonu içerisine bırakılarak belirli süre zarfında

bekletilir. Daha sonra boya solusyonundan çıkarılıp aktif bir şekilde yıkanarak durulanır. Örneklerin boya penetrasyonu miktarının mikroskopta incelenmesi için uygun şekilde kesitler alınır (82). Mikrosızıntının tespitinde sıklıkla kullanılan boyalar; bazik fuksin (%0,5-2), floresan (%2-20), eritrosin (%2), Rodamin B (%0,2), fosforik asit (%37), kristal viyole (%0,05), anilin mavisi (%2), gümüş nitrat (%50), toluidin mavisi olup en çok tercih edilen boya solüsyonu metilen mavisi (%0,2-2)'dir (83).

Boya penetrasyon yöntemi hızlı ve direkt ölçüm yapılabilmesi, maliyetinin ucuz olması ve kantitatif olmasından dolayı tercih edilmektedir. Bununla birlikte alınan kesitlerden dolayı diş örneklerinin zarar görmesi ve tekrar inceleme yapılamaz duruma gelmesi, sızıntıyı 2 boyutta inceleyebilmeye imkan vermesi, diş yapısı ile restorasyon materyali arasındaki havanın boya penetrasyonunu engelleyebilmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır (84, 85).

2.6.1. Radyoizotop Testleri

Radyoizotop yöntemiyle çok az miktardaki sızıntının tespiti yapılabilmektedir. İzotop molekülleri en küçük boya partikülleriyle karşılaştırıldığında yaklaşık 3 kat daha küçük boyutlara sahip olduğundan çok ince detayları verebilmektedir. Bu yöntemde kullanılan izotoplar Ca45, Na22, I131, S35, C14, Rb86 ve P32'dir (86). Bu yöntemde mikrosızıntının değerlendirileceği dişler birkaç saatliğine izotop moleküllerinin olduğu solusyona batırılır ve beklenir. Bu işlemden sonra incelenek dişler iyi bir şekilde yıkanıp durulandıktan sonra incelenmesi istenen bölgelerden kesitler alınır. Kesit alınan bölgeler bir fotoğraf filmine aktarılır. Çekilen radyograflarda, izotop moleküllerinin restorasyon materyaliyle diş arasındaki lokalizasyonuna bakılarak mikrosızıntı miktarı tespit edilir (85).

Bu yöntemin sonuçların subjektif olması, tekniğin karışık ve hassas olması, radyoaktif maddeler kullanıldığından dolayı bazı güvenlik önlemlerinin alınması gerekliliği ve izotopların pahalı olması gibi dezavantajları vardır (85).

2.6.2. Bakteriyel Sızıntı Yöntemi

Restorasyon kenarlarından sızan bakteri toksinleri ve diğer bakteri ürünlerinin incelenmesine dayanan mikrosızıntı değerlendirme yöntemidir (81). Dişler belirli bakteri cinsi (gram pozitif ve gram negatif) içeren belirli kültürlerle konularak, inkübasyon sürecinin sonunda özel işaretleyici solüsyonun renk değişiklik durumuna göre sızıntı değerlendirilir (87).

Bu yöntemin sonuçlarının kalitatif olması, çalışma sırasında steril olmayan aletlerin kullanılmasıyla ya da hekimin elinden bulaşabilecek mikroorganizmaların çalışmanın sonucunu hatalı bir şekilde etkilemesi gibi dezavantajları vardır (87).

2.6.3. Elektrokimyasal Yöntem

Bu yöntem 1976 yılında Jacobson ve Fraunhofer tarafından geliştirilmiştir (88). Çalışma mantığı diş örneğiyle birlikte bir elektrik devresi oluşturmaktır. İki metal parçası bir elektrolitin içerisine daldırılarak dışarıdan bir güç kaynağına bağlanır. Kök kanal dolgusunun içine yerleştirilen çelik parça anot (-), dışın daldırıldığı potasyum klorür solüsyonu “elektrolit” ve paslanmaz çelik tel katot (+) görevi yapar. Kök kanallarının içinden potasyum ve klor iyonlarının geçmesiyle elektrik akımı meydana gelir. Akımın büyüklüğü penetrasyon miktarını gösterir (89).

Elektrokimyasal yöntemde kullanılan bakır anotlar, kullanıma bağlı olarak zamanla korozyona uğrayarak iyon akışının azalmasına sebep olur. Bu durumda elektrik akımı oluşumunda gözlenen azalmaya bağlı olarak sızıntı miktarının doğru tespit edilememesi gibi bir dezavantaj ortaya çıkmaktadır (90).

2.6.4. Sıvı Filtrasyon Yöntemi

Sıvı filtrasyon yöntemi 1986 yılında Derkson ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (91). Bu yöntemde bir taraftan basınçla verilen sıvının diğer taraftan çıkışı gözlenerek sızıntı miktarının değerlendirilmesi yapılır.

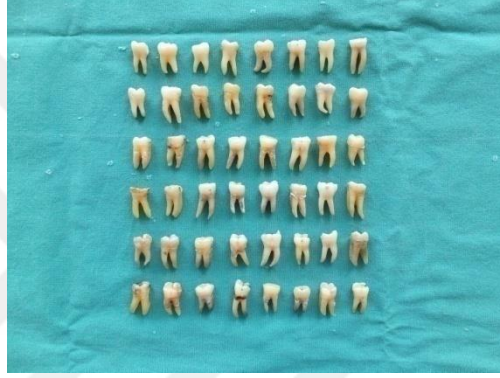
Bu yöntemde kantitatif ve objektif sonuçlar elde edilebilmekte, örneklere zarar vermeden üç boyutlu sızıntı analizi yapılabilmekte, uzun dönemde tekrarlanılabilir ölçümler yapılabilmektedir (92).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

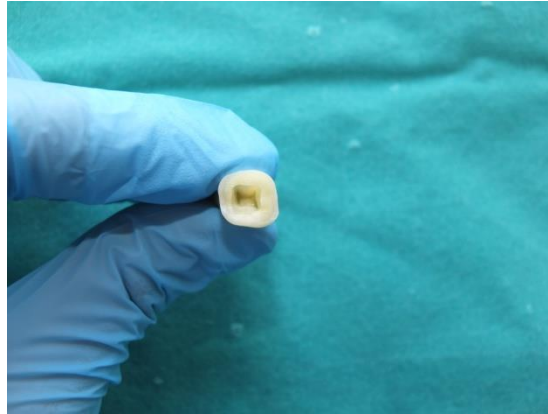
3.1. Dişlerin Seçimi ve Hazırlanması

Çalışmamızda 96 adet periodontal nedenlerle çekilmiş 2 köklü alt çene molar dişler kullanıldı (Resim 1). Dişlerin köklerinin birbirinden ayrık ve furkasyon alanlarının aynı seviyede olmasına dikkat edildi. Dişler çekildiği günden itibaren serum fizyolojik içerisinde bekletildi. Çalışmamızda kullanılacak dişlerin üzerindeki eklentiler fırça ve periodontal küret yardımıyla uzaklaştırıldı.



Resim 1. Seçilen örnek dişlerin ilk grubu.

Bir fissur frez yardımıyla dişlerin kronları mine-sement sınırının 5 mm koronaline kadar indirildikten sonra dişlerin endodontik giriş kaviteleri açıldı (Resim 2).

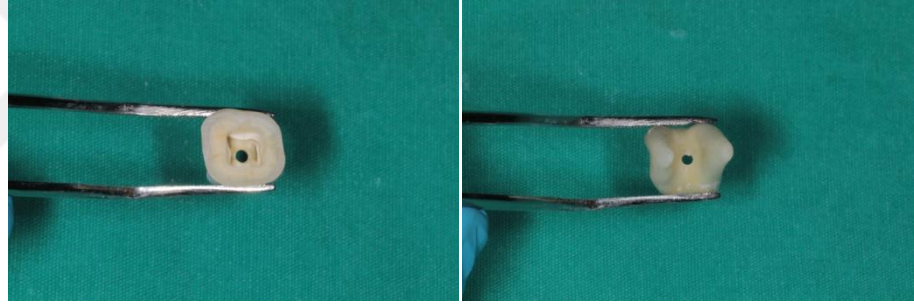


Resim 2. Kronu indirilip kavitesi açılmış örnek diş.

Açılan kavitelerden sonra dişlerin furkasyon bölgelerinde 1.4 mm çapındaki rond frezlerle perforasyonlar oluşturuldu (Resim 3,4).



Resim 3. Perforasyonların oluşturulmasında kullanılan 1.4 mm çapındaki round frez.



Resim 4. Perforasyon alanı oluşturulan örnek dişlerin korondan ve apikalden görüntüsü.

Örnekler tamir malzemesine göre rastgele 2 gruba ayrıldı:

Grup A: MTA

Grup B: Biodentine.

Her gruptaki örnekler ayrıca saklama ortamına ve tamir malzemelerinin maruz kaldığı süreye göre 4 eşit alt gruba (n = 12) ayrıldı.

Alt gruplar şu şekilde oluşturuldu:

Grup A1: Örnekler MTA ile kapatıldıktan sonra 4 gün süreyle nötr ortamı (pH 7.4) taklit eden fosfat tamponlu salin çözeltisi ile temas ettirildi.

Grup B1: Örnekler Biodentine ile kapatıldıktan sonra 4 gün süreyle nötr ortamı (pH 7.4) taklit eden fosfat tamponlu salin çözeltisi ile temas ettirildi.

Grup A2: Örnekler MTA ile kapatıldıktan sonra 4 gün süreyle pH 4.5'e tamponlanmış bir asetik asit çözeltisi ile temas ettirildi.

Grup B2: Örnekler Biodentine ile kapatıldıktan sonra 4 gün süreyle pH 4.5'e tamponlanmış bir asetik asit çözeltisi ile temas ettirildi.

Grup A3: Örnekler MTA ile kapatıldıktan sonra 34 gün süreyle fosfat tamponlu salin (nötr ortam) ile temas ettirildi.

Grup B3: Örnekler Biodentine ile kapatıldıktan sonra 34 gün süreyle fosfat tamponlu salin (nötr ortam) ile temas ettirildi.

Grup A4: Örnekler MTA ile kapatılıp 4 gün boyunca asit ortamında (AA) daha sonra 30 gün süreyle nötr ortamda (FTS) bekletildi.

Grup B4: Örnekler Biodentine ile kapatıldıktan sonra 4 gün boyunca asit ortamında (AA) daha sonra 30 gün süreyle nötr ortamda (FTS) bekletildi.

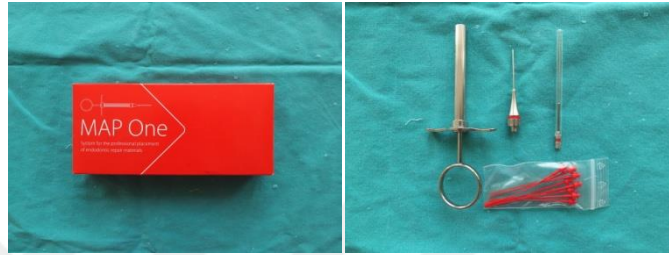
3.2. Materyallerin ve Deney Gruplarının Hazırlanması

3.2.1. MTA Angelus

Üretici firma talimatlarına göre, 1.4 gr MTA Angelus tozu 0.33 ml distile su ile karıştırıldı (Resim 5). Oluşan materyal örneklerdeki perforasyon alanına microapical placement system (MAP; Produits Dentaires SA, Vevey, Switzerland) ve pluggerlar yardımıyla kondanse edildi (Resim 6). Ağız içini taklit etmek amacıyla dişlerin köklerinin arasında grup çalışmalarında hangi solüsyonlar kullanılmışsa pamuk peletler o solüsyonlara emdirilerek furkasyon bölgesinde ki perforasyon alanına bırakıldı. Son olarak örnekler strafor köpüklere yerleştirilerek perforasyon alanları kapatıldı (Resim 7).



Resim 5. Grup A perforasyonlarının kapatılmasında kullanılan MTA materyali.



Resim 6. MTA'nın perforasyon alanına taşınmasında kullanılan taşıyıcı sistem.



Resim 7. Çalışmada kullanılan dişlerin sabitlendiği strafor.

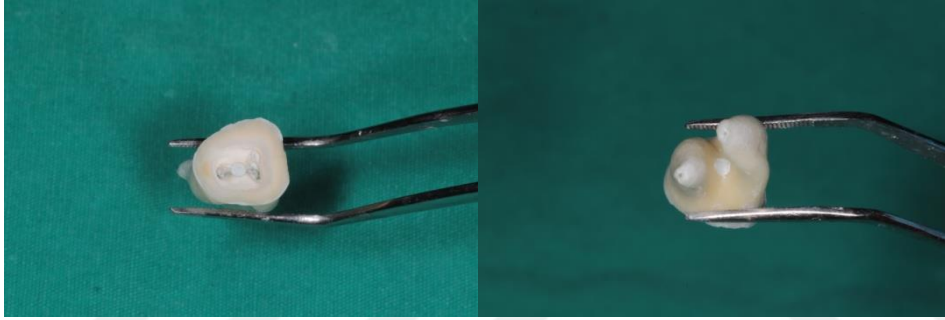
3.2.2. Biodentine

Üretici firma talimatlarına göre, biodentine'nin tek dozluk kapsülüne 5 damla likid damlatılarak, amalgamatörde 30 sn karıştırıldı (Resim 8). Materyal örneklerdeki perforasyon alanına pluggerlar yardımıyla yerleştirildi (Resim 9). Perforasyon

bölgesinin kapatılması ve örneklerin strafor köpüklere yerleştirilmesi MTA grubundaki işlemlerle benzer şekilde yapıldı.



Resim 8. Grup B perforasyonlarının kapatılmasında kullanılan Biodentine materyali.



Resim 9. Perforasyon alanı tamir materyali ile kapatılmış örnek dişin korondan ve apikalden görüntüleri.

3.3. Saklama Koşullarının Hazırlanması

3.3.1. Fosfat Tamponlu Salin Çözeltisinin Hazırlanması

1600 ml distile su, ısıtıcılı manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirildikten sonra içerisine sırasıyla 0.34 g KH_2PO_4 , 2.36g Na_2HPO_4 , 16.0 g NaCl ve 0.4 g KCl çözdürülerek eklendi (Resim 10). Solüsyonun pH değeri pHmetre (Isolab) ile ölçüldü ve tamponlama için bazik çözelti (NaOH) kullanıldı. Daha sonra 400 ml distile su eklenerek solüsyon hacmi 2 litreye tamamlandı.



Resim 10. Solüsyonların hazırlanma aşamasında kullanılan manyetik karıştırıcı.

3.3.2. Asetik Asit Çözeltisinin Hazırlanması

1000 ml distile su, ısıtıcılı manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirildikten sonra içerisine %99.9 saflıkta asetik asit sıvısından 4 µlitre eklendi. Çözeltinin pH'ı pHmetre (Isolab) ölçülerek pH 4.5'e sabitlendi (Resim 11). Hazırlanan solüsyonlar UV sterilizasyon sistemi (Qualitec) ile sterilize edildi (Resim 12).



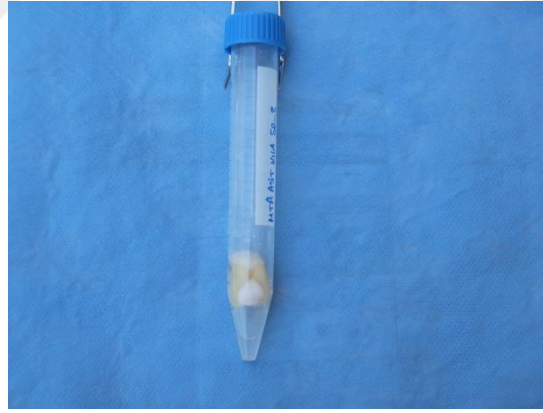
Resim 11. Solüsyonların hazırlanma aşamasında kullanılan pHmetre.



Resim 12. UV sterilizasyon sistemi.

3.4. Örneklerin Deney Öncesi Solüsyonda Bekletilmesi

Gruplarına göre eşleşen solüsyonların emdirildiği gaz tamponlar, strafordan çıkarılan dişlerin furkasyon bölgelerine temas edecek şekilde köklerin arasına konuldu. Daha sonra bütün gruptaki örnekler sırasıyla tüplere yerleştirilerek nemli ortamın devamlılığı sağlanmaya çalışıldı (Resim 13).



Resim 13. Örneklerin bekletildiği falkon tüp.

Bu amaçla uzun dönem takip edilecek örneklerden ilgili gruplar fosfat tamponlu salin çözeltisinde 34 gün süreyle bekletildi ve 5'er gün aralıklarla solüsyonlar yenilendi. Asetik asit çözeltisinde bekletilecek gruplar ise 4 gün süreyle asetik asit solüsyonunda bekletilip asetik asit emdirilmiş tamponlar uzaklaştırıldı. Aynı örnekler 30 gün boyunca 5'er gün aralıklarla solüsyon yenilerek fosfat tamponlu salin solüsyonunda bekletildi. Kısa dönem takip edilecek örnekler 4 gün süreyle fosfat tamponlu salin ve asetik asit çözeltisinde bekletildi. Tüm örnekler bekleme sürecinde

inkübatörde (Nüve İnkubator EN 055, Ankara, Turkey) 37 derece sıcaklıkta sabit tutuldu.

3.5. Mikrosızıntı Testi İçin Örneklerin Hazırlanması

Yukarıda belirtilen süreler boyunca inkübatörde bekletilen tüm deney grupları tüplerden çıkartılarak solüsyonlardan arındırıldı. Kurulanan örnek dişler, apikal foramenden veya diş yüzeyindeki mikroçatlaklardan olası bir boya sızıntısı ihtimalinin önüne geçilmesi için perforasyon alanının 2 mm çevresi haricindeki tüm yüzeyleri içerecek şekilde iki kat tırnak cilası ile boyandı. Tüm örnekler kendi grupları ile %1'lik 50 ml metilen mavisini çözeltisine daldırıldı ve 24 saat süreyle bekletildi (Resim 14).



Resim 14. Metilen mavisinde bekletilen gruplar.

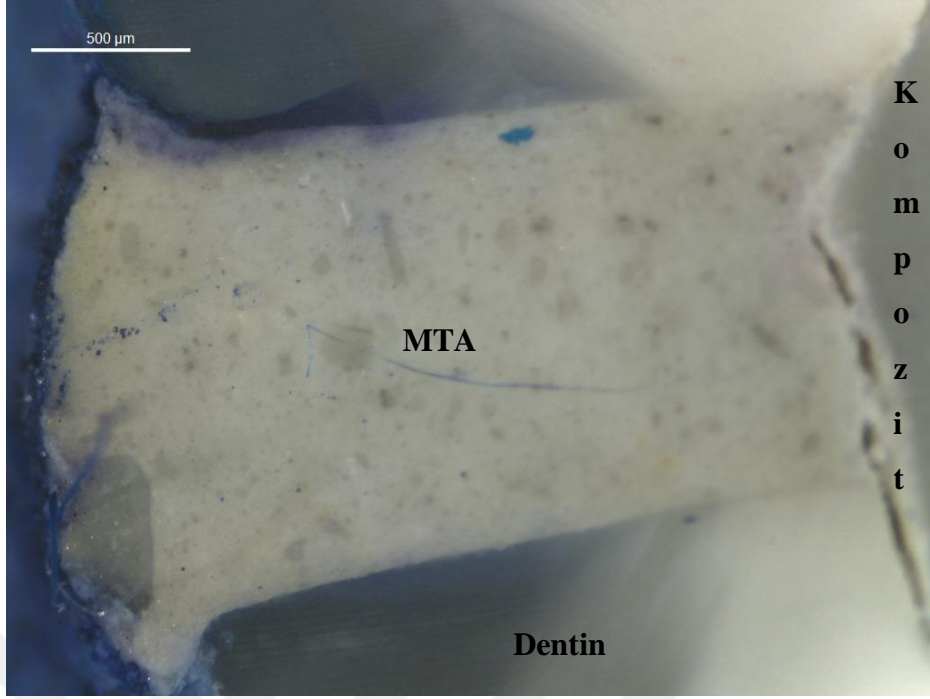
Örnekler daha sonra akan su altında yıkanarak fazla boyadan arındırıldı. Dişler 2x4 cm'lik tahta bloklara yapıştırılarak sabitlendikten sonra Isomet (Iso-Met® 1000 Precision Saw, Buehler Ltd., Illinois, EUA) cihazıyla furkasyon bölgesini içerecek şekilde bukkolingual yönde iki kesite ayrıldı (Resim 15).



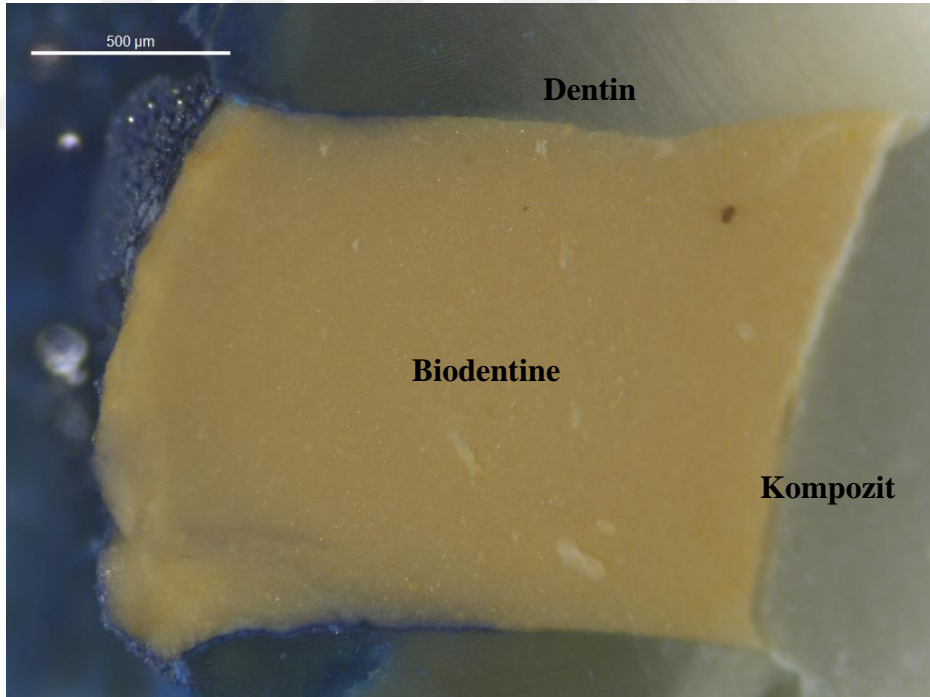
Resim 15. Isomet cihazı.

3.6. Örneklerin Mikrosızıntı Açısından İncelenmesi

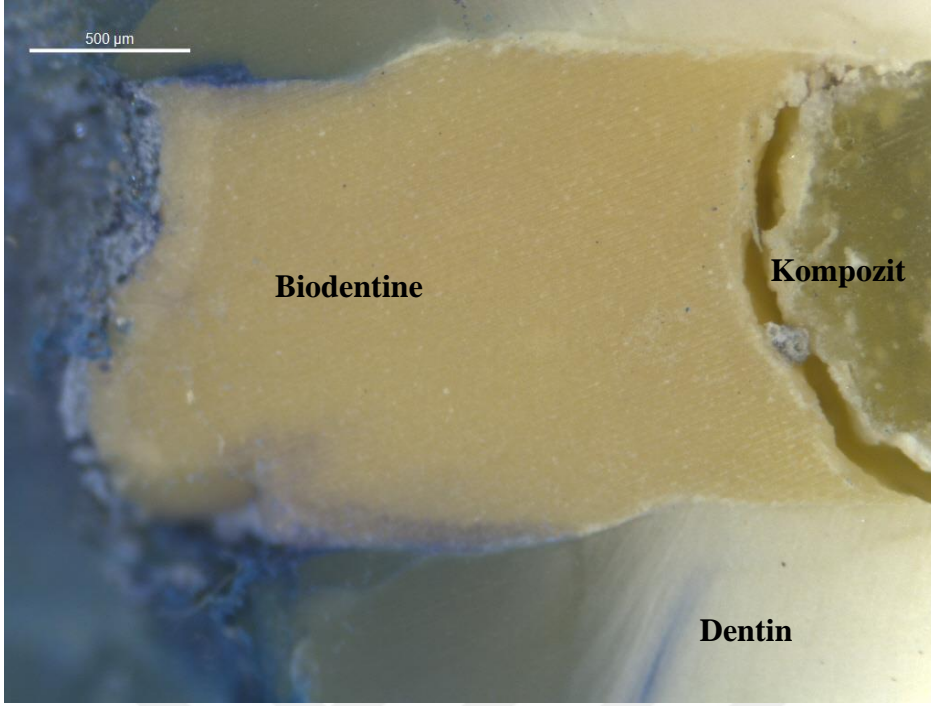
Örneklerden alınan kesitlerin stereomikroskopta (Leica, Wetzlar, Almanya) x20 büyütme altında görüntüleri kaydedildi (Resim 16-19). Kaydedilen görüntülerdeki boya penetrasyon miktarı Motic Images Plus 3.0(x64) programı kullanılarak mm cinsinden ölçüldü. Ölçüm sırasında perforasyon alanının tabanından örnek dışın koronaline kadar olan mesafedeki boya penetrasyonu miktarı her iki duvarda da mm cinsinden belirlenerek bu değerlerin ortalaması alındı.



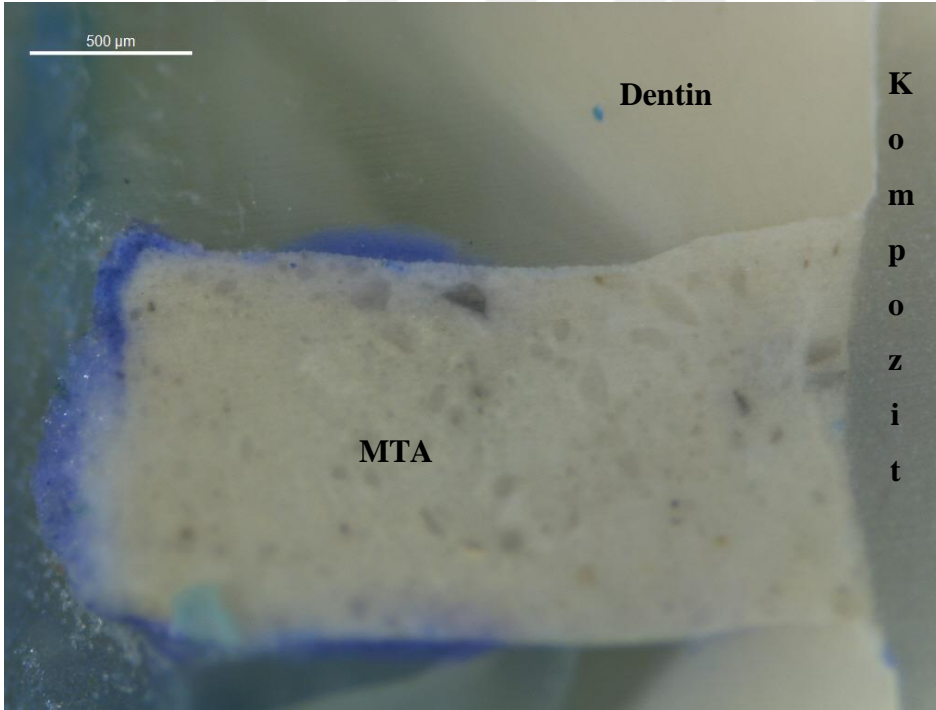
Resim 16. Nötr ortamda kısa dönem bekletilen MTA.



Resim 17. Asit ortamda kısa dönem bekletilen Biodentine.



Resim 18. Nötr ortamda kısa dönem bekletilen Biodentine.



Resim 19. Asit ortamda uzun dönem bekletilen MTA.

3.7. İstatistiksel Yöntem

Bu çalışmada elde edilen veriler IBM SPSS 21 paket programı ile analiz edilmiştir.

Değişkenlerin normal dağılımdan gelme durumları araştırılırken birim sayılarına göre KolmogorovSmirnov veya ShapiroWilk's' den yararlanılarak normallik testi sonuçları incelenmiştir. Sonuçlar yorumlanırken anlamlılık düzeyi olarak 0,05 kullanılmış olup; $p < 0,05$ olması durumunda değişkenlerin normal dağılımdan gelmediği belirtilmiştir.

Gruplar arasındaki farklılıklar incelenirken değişkenlerin normal dağılımdan gelmemesi durumunda Mann Whitney U Testinden yararlanılmıştır.

İki bağımlı değişken arasındaki farklılık incelenirken değişkenlerin normal dağılımdan gelmemesi nedeniyle Wilcoxon Testi kullanılmıştır.

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

4. BULGULAR

4.1. Saklama Ortamlarına Göre Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması

Kısa dönem mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Nötr ortamının kısa dönem mikrosızıntı değeri asit ortamına göre anlamlı derecede düşüktür.

Uzun dönem mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Nötr ortamının uzun dönem mikrosızıntı değeri asit ortamına göre anlamlı derecede düşüktür.

Tablo 1. Mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

		Ortam							Analiz Sonucu	
		n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	z	p
Kısa Dönem Mikrosızıntı	Nötr	24	0,357	0,36	0,18	0,48	0,07	20,29	-2,086	0,037
	Asit	24	0,409	0,43	0,19	0,58	0,11	28,71		
	Toplam	48	0,383	0,38	0,18	0,58	0,09			
Uzun Dönem Mikrosızıntı	Nötr	24	0,306	0,32	0,06	0,5	0,09	15,35	-4,53	0,001
	Asit	24	0,427	0,43	0,32	0,55	0,06	33,65		
	Toplam	48	0,366	0,37	0,06	0,55	0,1			

Nötr ortamda kısa dönem mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Nötr ortamda uzun dönem mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Tablo 2. Nötr ortamda mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

		Nötr							Analiz Sonucu	
		n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	Z	P
Kısa Dönem Mikrosızıntı	MTA	12	0,335	0,33	0,18	0,44	0,07	10,38	-1,477	0,14
	Biodentine	12	0,378	0,36	0,3	0,48	0,06	14,63		
	Toplam	24	0,357	0,36	0,18	0,48	0,07			
Uzun Dönem Mikrosızıntı	MTA	12	0,289	0,31	0,06	0,5	0,12	11,21	-0,896	0,37
	Biodentine	12	0,323	0,34	0,22	0,4	0,06	13,79		
	Toplam	24	0,306	0,32	0,06	0,5	0,09			

Asit ortamında kısa dönem mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p < 0,05$). Asit ortamında Biodentine materyalinin kısa dönem mikrosızıntı değeri MTA materyaline göre anlamlı derecede düşüktür.

Asit ortamında uzun dönem mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p > 0,05$).

Tablo 3. Asit ortamında mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

		Asit							Analiz Sonucu	
		n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	Z	P
Kısa Dönem Mikrosızıntı	MTA	12	0,476	0,48	0,32	0,58	0,07	16,58	-2,833	0,005
	Biodentine	12	0,342	0,33	0,19	0,5	0,1	8,42		
	Toplam	24	0,409	0,43	0,19	0,58	0,11			
Uzun Dönem Mikrosızıntı	MTA	12	0,432	0,44	0,37	0,48	0,03	13,29	-0,55	0,582
	Biodentine	12	0,423	0,39	0,32	0,55	0,08	11,71		
	Toplam	24	0,427	0,43	0,32	0,55	0,06			

4.2. Kullanılan Tamir Materyallerine Göre Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması

Kısa dönem mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Uzun dönem mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Tablo 4. Mikrosızıntı değerleri bakımından materyaller arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

		Materyal							Analiz Sonucu	
		n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	Z	P
Kısa Dönem Mikrosızıntı	MTA	24	0,405	0,41	0,18	0,58	0,1	27,46	-1,466	0,143
	Biodentine	24	0,36	0,36	0,19	0,5	0,08	21,54		
	Toplam	48	0,383	0,38	0,18	0,58	0,09			
Uzun Dönem Mikrosızıntı	MTA	24	0,36	0,41	0,06	0,5	0,11	25	-0,248	0,804
	Biodentine	24	0,372	0,36	0,22	0,55	0,09	24		
	Toplam	48	0,366	0,37	0,06	0,55	0,1			

MTA materyalinde kısa dönem mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p < 0,05$). MTA materyalinde nötr ortamın kısa dönem mikrosızıntı değeri asit ortamına göre anlamlı derecede düşüktür.

MTA materyalinde uzun dönem mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p < 0,05$). MTA materyalinde nötr ortamın uzun dönem mikrosızıntı değeri asit ortamına göre anlamlı derecede düşüktür.

Tablo 5. MTA materyalinde mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu.

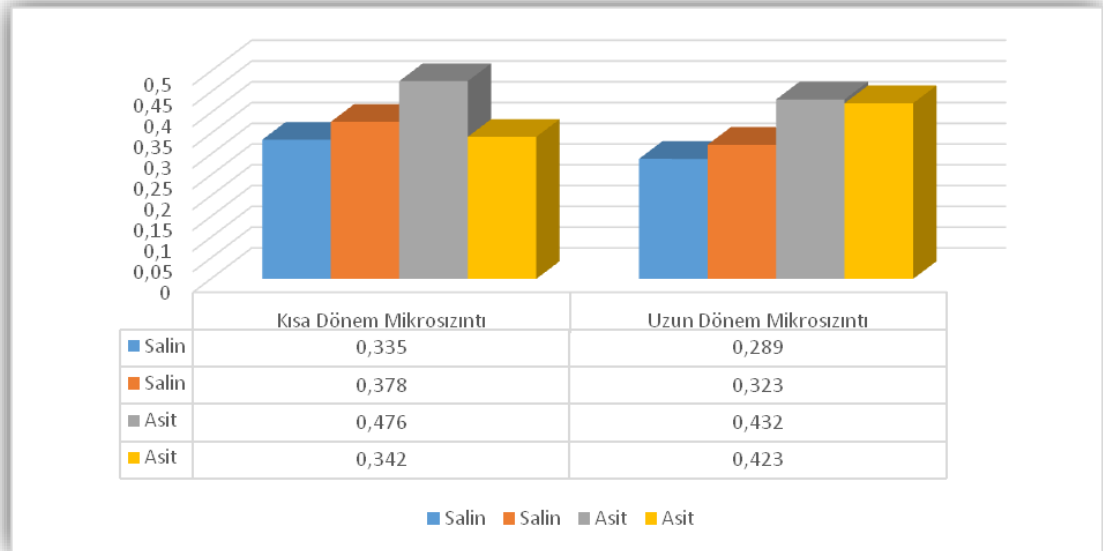
		MTA							Analiz Sonucu	
		n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	Z	P
Kısa Dönem Mikrosızıntı	Nötr	12	0,335	0,33	0,18	0,44	0,07	7,33	-3,587	0,001
	Asit	12	0,476	0,48	0,32	0,58	0,07	17,67		
	Toplam	24	0,405	0,41	0,18	0,58	0,1			
Uzun Dönem Mikrosızıntı	Nötr	12	0,289	0,31	0,06	0,5	0,12	7,96	-3,154	0,002
	Asit	12	0,432	0,44	0,37	0,48	0,03	17,04		
	Toplam	24	0,36	0,41	0,06	0,5	0,11			

Biodentine materyalinde kısa dönem mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Biodentine materyalinde uzun dönem mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Biodentine materyalinde nötr ortamın uzun dönem mikrosızıntı değeri asit ortamına göre anlamlı derecede düşüktür.

Tablo 6. Biodentine materyalinde mikrosızıntı değerleri bakımından ortamlar arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu.

		Biodentine							Analiz Sonucu	
		n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	Z	P
Kısa Dönem Mikrosızıntı	Nötr	12	0,378	0,36	0,3	0,48	0,06	13,88	-0,955	0,34
	Asit	12	0,342	0,33	0,19	0,5	0,1	11,13		
	Toplam	24	0,36	0,36	0,19	0,5	0,08			
Uzun Dönem Mikrosızıntı	Nötr	12	0,323	0,34	0,22	0,4	0,06	8,67	-2,661	0,008
	Asit	12	0,423	0,39	0,32	0,55	0,08	16,33		
	Toplam	24	0,372	0,36	0,22	0,55	0,09			



Şekil 1. Mikrosızıntı değerleri bakımından gruplara göre dağılımı.

4.3. Saklama Ortamlarında Bekletilme Sürelerine Göre Mikrosızıntı Değerlerinin Karşılaştırılması

Nötr ortamda mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Asit ortamında mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

MTA materyalinde mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

BIODENTINE materyalinde mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Grup ayrımı yapmaksızın incelendiğinde de; mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Tablo 7. Gruplarda mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasındaki farklılığa ilişkin analiz sonucu

										Analiz Sonucu								
										z	p							
										n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank		
Ortam	Nötr	Kısa Dönem Mikrosızıntı	24	0,357	0,36	0,18	0,48	0,07	11,75	-1,706	0,088							
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	24	0,306	0,32	0,06	0,5	0,09	9,5									
	Asit	Kısa Dönem Mikrosızıntı	24	0,409	0,43	0,19	0,58	0,11	10,42	-0,415	0,678							
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	24	0,427	0,43	0,32	0,55	0,06	14,95									
Materyal	MTA	Kısa Dönem Mikrosızıntı	24	0,405	0,41	0,18	0,58	0,1	10,44	-1,792	0,073							
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	24	0,36	0,41	0,06	0,5	0,11	12,8									
	Biodentine	Kısa Dönem Mikrosızıntı	24	0,36	0,36	0,19	0,5	0,08	12,05	-0,501	0,617							
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	24	0,372	0,36	0,22	0,55	0,09	12,88									
Toplam	Kısa Dönem Mikrosızıntı	48	0,383	0,38	0,18	0,58	0,09	22,35	-0,971	0,331								
	Uzun Dönem Mikrosızıntı	48	0,366	0,37	0,06	0,55	0,1	23,97										

MTA materyalinde nötr ortamda mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

MTA materyalinde asit ortamında mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

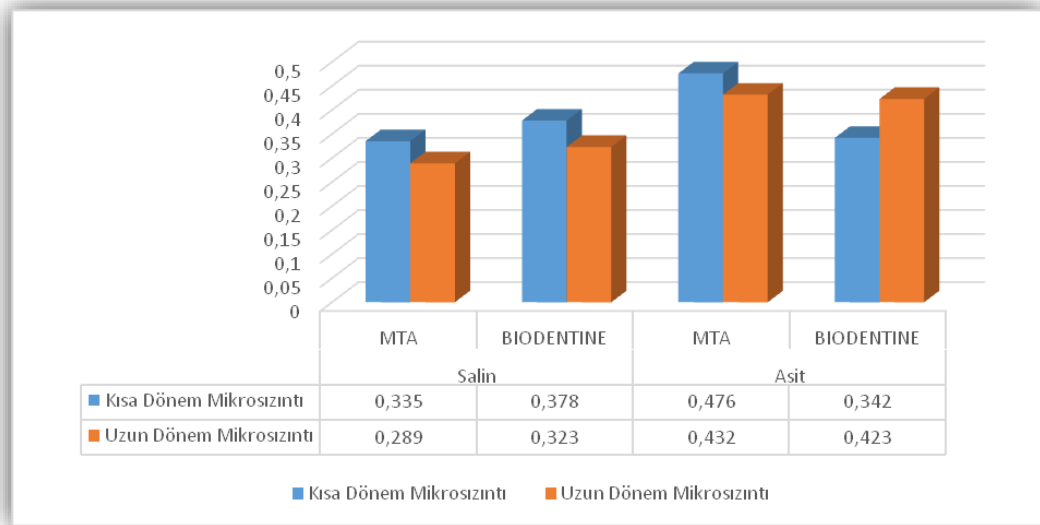
Biodentine materyalinde nötr ortamda mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Biodentine materyalinde asit ortamında mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$). Biodentine materyalinde asit ortamında kısa dönem mikrosızıntı değeri uzun dönem mikrosızıntı değerine göre anlamlı derecede düşüktür.



Tablo 8. Materyal ve ortamlara göre mikrosızıntı değerleri bakımından dönemler arasındaki farklılığına ilişkin analiz sonucu

									Analiz Sonucu		
			n	Mean	Median	Min	Max	ss	Mean Rank	Z	P
MTA	Nötr	Kısa Dönem Mikrosızıntı	12	0,335	0,33	0,18	0,44	0,07	4,92	-0,83	0,407
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	12	0,289	0,31	0,06	0,5	0,12	5,17		
	Asit	Kısa Dönem Mikrosızıntı	12	0,476	0,48	0,32	0,58	0,07	6,35	-1,926	0,054
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	12	0,432	0,44	0,37	0,48	0,03	7,25		
	Nötr	Kısa Dönem Mikrosızıntı	12	0,378	0,36	0,3	0,48	0,06	7,19	-1,457	0,145
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	12	0,323	0,34	0,22	0,4	0,06	5,13		
Biodentine	Asit	Kısa Dönem Mikrosızıntı	12	0,342	0,33	0,19	0,5	0,1	4,5	-2,002	0,045
		Uzun Dönem Mikrosızıntı	12	0,423	0,39	0,32	0,55	0,08	7,17		



Şekil 2. Gruplarda mikrosızıntı değerleri bakımından dönemlere göre dağılımı.

5. TARTIŞMA

Perforasyon, kök kanal sistemi ile çevresindeki periodontal dokular arasında oluşan patolojik bir bağlantıdır. Çürük, iç/dış rezorpsiyon gibi patolojik bir süreç sırasında ortaya çıkabileceği gibi endodontik tedavi, kanal içi post uygulamaları sırasında da meydana gelebilir. Endodontik tedavideki başarısızlığın en büyük nedenlerinden biri de perforasyonlardır. Oluşan bu patolojik bağlantı temas ettiği dokuda enflamatuvar reaksiyona neden olur ve dişin uzun süreli prognozunu önemli ölçüde etkiler (49, 93).

Furkasyon alanlarında perforasyon oluşumu sıklıkla kök kanal ağızlarının yerini belirlemek amacıyla giriş kavitesi açılması sırasında görülür. Bu komplikasyonun uzun süreli prognozu perforasyonun boyutu, onarımından önce geçen zaman, mikroorganizmalar tarafından önceki kontaminasyon, restoratif materyalin sızdırmazlık yeteneği ve dişin periodontal durumu gibi birçok faktöre bağlıdır (93).

Perforasyonların sızdırmaz bir şekilde tamiri için çeşitli materyaller önerilmiştir. Bu materyaller arasında çinko oksit ojenol siman, cam iyonomer siman, amalgam, rezin simanlar, rezin modifiye cam iyonomer simanlar bulunur. Bu materyallerin hiçbiri ideal bir malzemenin gereksinimlerini karşılayamamıştır (94).

Günümüzde en çok tercih edilen furkasyon onarım malzemeleri MTA ve Biodentine gibi biyoaktif maddelerdir. MTA, geleneksel materyallere potansiyel bir alternatiftir ve kök kanal sistemi ve periodonsiyum arasındaki bağlantıyı kapatmak için tasarlanmıştır. Birçok in vitro ve in vivo çalışma MTA'nın sızdırmazlık kabiliyetinin ve biyoyumluluğunun geleneksel materyallerden daha üstün olduğunu göstermiştir (5). Hem furkal perforasyon onarımı hem de retrograd dolgu ile ilgili hayvan çalışmaları sonucunda MTA biyoaktif potansiyele sahip bir malzeme olarak kabul edilmiştir. Ek olarak, MTA yüksek pH ve radyoopasite değerlerine sahiptir (47). Bununla birlikte, MTA'nın başlangıç sertleşme süresinin uzunluğu (3-4 saat), kullanım zorluğu (su / toz oranına bağlı olarak) ve yüksek maliyeti gibi dezavantajları bulunur (95). Son zamanlarda yeni bir kalsiyum silikat bazlı restoratif siman olan

Biodentine (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) piyasaya sürülmüştür. MTA ile aynı uygulamalarda kullanılabilen, hızlı sertleşen bir restoratif materyaldir (9).

Perforasyonların tamirinde başarıya etki eden önemli bir faktör kullanılan materyallerin sızdırmazlık özelliğidir (96). İdeal bir materyal tam bir sızdırmazlık sağlamalıdır. MTA'nın sızdırmazlık kabiliyeti, boya penetrasyon veya sıvı filtrasyon yöntemleri kullanılarak farklı in vitro çalışmalarla araştırılmıştır (97, 98). Bununla birlikte, Biodentine ile ilgili yeteri kadar mikrosızıntı çalışmaları yapılmamıştır. Çalışmamızda bu durum gözetilerek Biodentine kullanılmıştır ve Biodentine'nin sızdırmazlığı, yapılan literatür taraması sonucunda diğer geleneksel materyallere kıyasla daha iyi sızdırmazlık özelliği gösteren MTA ile karşılaştırılmıştır.

Endodontideki materyallerin sızdırmazlık kabiliyetini değerlendirmek için standart bir mikrosızıntı testi yoktur. Mikrosızıntı çalışmaları, uygun test yöntemlerinin bulunamayışı nedeniyle her zaman zorlu bir iştir (99). Boya penetrasyon yöntemi kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bu yöntemin boya moleküllerinin emilen gerçek hacminin ölçülemeyip sadece boyanın ulaştığı en derin noktanın ölçülmesi, bakterilerden daha küçük moleküler boyuta sahip olması gibi çeşitli dezavantajları vardır (100). Bunun yanında mikrosızıntıyı tespit etmek için en kolay ve en uygun maliyetli yöntem olarak kabul edilir (99). Mikrosızıntıyı değerlendiren çeşitli endodontik çalışmalarda önemli olduğu kanıtlanmış ve yaygın olarak kullanılan bir boya olması nedeniyle çalışmamız metilen mavisi kullanılarak boya penetrasyon metodolojisine dayanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bir materyalin bulunduğu ortam; dentin ile marjinal adaptasyonunu, mikrosızıntısını ve ayrıca materyalin mikroyapısını ve yüzey morfolojisini değiştirebilir (101). Yerleştirme sırasında önceden var olan enflamasyon nedeniyle ilgili dokuların pH'ındaki değişiklikler, bu materyallerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyebilir (11). Furkasyon perforasyonlarını tamir etmek amacıyla bölgeye yerleştirilen sertleşmemiş tamir materyalinin yüzeyi düşük bir pH'a maruz kalabilir. Torabinejad ve Chivian, MTA'nın yüksek derecede enflamasyon bulunan perforasyon alanına yerleştirildiğinde sertleşmeden kalabileceğini ve ilgili dişi çevreleyen enflamasyon alanının 5.5-5.6 kadar düşük bir asidik pH'a sahip olabileceğini belirtmiştir (102). Ayrıca Nilforoushan ve Sharp, sodyum klorür de dahil

olmak üzere ortamdaki lityum tuzlarının kalsiyum silikat esaslı materyallerin kimyasal reaksiyonları üzerinde özellikle dikkate değer bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir (103). Bu araştırmalardan, asidik pH veya çevre iyon türleri gibi çevresel faktörlerin MTA'nın sertleşme reaksiyonlarını etkileyebileceği varsayılabilir. Ayrıca MTA'nın yüzey sertliğinin asidik bir ortamda bozulduğu da belirtilmiştir (104). Başka bir çalışmada, MTA yüzeylerinin asidik bir ortam varlığında daha yüksek yüzey pürüzlülüğü sergilediği bildirilmiştir (105). Ancak hem çevresel asitliğin hem de iyonların varlığının MTA özellikleri üzerindeki etkileri belirsizliğini korumaktadır. Elnaghy yaptığı bir çalışmada farklı pH değerlerine maruz kalan Biodentine ve MTA'nın mikroyapısında önemli bir değişiklik meydana geldiğini görmüş, yüzey mikro sertliği, basınç dayanımı, tamir materyali ile dentinin bağlanma dayanımının değiştiğini belirtmiştir. Asitlerin aşındırma etkisi Biodentine'de büyük olasılıkla MTA'dan farklı bir şekilde morfolojik değişikliklere yol açar. Elnaghy'nin çalışmasının sonuçları ile ortaya konulduğu üzere MTA, asidik pH ortamlarına Biodentine'den daha duyarlı olabilir (106). MTA'nın mikroyapıları, farklı pH değerlerine maruz kaldıktan sonra çapraz tabakalaşmış yapılar ve gözenek oluşumu ile daha aşınmış görülmüştür. Bu bulgu Namazikhah ve ark. ve Kayahan ve ark. çalışmaları ile uyumludur (104, 107). Bu sonuçlara göre, Biodentine materyali MTA ile karşılaştırıldığında asidik bir ortama maruz kaldığında kullanım için daha uygun gibi görünmektedir. Düşük pH'nın Biodentine üzerindeki etkisi hakkında hala sınırlı veri vardır. Çalışmamızda bu bilgiler ışığında asit ortamda fiziksel ve kimyasal özellikleri değişen tamir materyalleri mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca çalışmamızda asidik pH'a sahip ortamın materyal üzerinde oluşturduğu zararın nötr pH'ta hazırlanan vücut sıvısında geri döndürülebilir bir etkisinin olup olmadığı da araştırılmıştır.

Ağız içi ortamların laboratuvar koşullarına taşınması oldukça güçtür. Tamir materyallerinin değişen doku pH'larındaki davranışlarını doğru bir şekilde belirleyebilmek için dişi çevreleyen destek dokuların taklit edilmesi son derece önemlidir. Çalışmamızda bu amaçla perforasyon alanlarını kapatırken ağız içerisini birebir taklit etmek için dişlerin furkasyon alanına ilgili ortamın çözeltisine emdirilmiş pamuk peletler yerleştirilerek dişler strafor köpüklere gömülmüştür. Perforasyon alanları bu şekilde kapatıldıktan sonra ilgili ortamın pH'ını sabit tutmak amacıyla

dişler straforlardan çıkartılıp çözeltilere emdirilimiş gaz tamponlar dişlerin kökleri arasına yerleştirilerek perforasyon alanına teması sağlanmıştır. Örneklerin her biri içinde solusyon bulunan falkon tüplere yerleştirilmiştir.

Perforasyon alanlarının tamiri sırasında her zaman ilgili alanlarda ve çevre dokularında ideal şartlar sağlanamayıp farklı klinik koşullarla karşılaşabilmektedir. Hashem ve ark. asidik ortamın MTA ve Bioaggregate'in yer değiştirme direnci üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında 4 farklı saklama koşulu belirlemişlerdir. Birinci grup pH 7.4 olan FTS ile temas halinde 4 gün boyunca, ikinci grup pH 5.4'e tamponlanmış asetik asit çözeltisi ile temas halinde 4 gün boyunca, üçüncü grup FTS ile temas halinde 34 gün boyunca ve dördüncü grup 4 gün boyunca asetik asit ile temasta ve ardından 30 gün FTS ile temas halinde bekletilmiştir. Böylece mümkün olduğunca farklı klinik koşulların sağlandığını belirtmişlerdir. İlk ve ikinci gruplar sırasıyla simüle edilmiş normal ve enflamatuar koşulların erken dönemini temsil ederken, üçüncü grup normal şartlar altında uzun dönemi temsil etmiştir. Dördüncü grup ise asit ile simüle edilmiş enflamatuar ortamdan 4 gün sonra enflamasyonun durgunlaşarak doku iyileşme sürecinin takibini temsil etmiştir (108). Çalışmamızdaki materyallerin saklanma koşulları Hashem ve ark.'ın çalışması rehber alınarak gerçekleştirilmiştir.

Boya penetrasyon yöntemi kullanılarak yapılan mikrosızıntı testlerinin stereomikroskop analizlerinde sızıntı miktarı değerlendirilirken farklı yöntemler kullanılmıştır. Yapılan mevcut literatür taramalarında sıklıkla tercih edilen yöntemin gözlemci tarafından belirlenen skorlama şeklinde olduğu görülmüştür. Bu yöntemin dezavantajı kalitatif veriler elde edilmesidir. İncelenmek üzere örneklerden alınan kesitler iki boyuta sahiptir ve tek bir yüzeyden sızıntı gerçekleşmemiştir. Bu durum skorlama ile sızıntı miktarını belirlemeyi daha da güçleştirmiş ve sonucu tamamen gözlemciye bırakmıştır. Tüm bu olumsuzlukların önüne geçebilmek amacıyla perforasyon alanlarına yerleştirilen tamir materyallerinin kalınlığı belli bir aralıkta sabit tutulmuş ve incelenen kesitlerde her iki sızıntı yüzeyinde doğrusal boya sızıntısı Motic Images Plus 3.0 programı ile mm cinsinden ölçülerek elde edilen değerlerin ortalamaları alınmıştır. Yapılan ölçümlerde sızıntı miktarlarının başlangıç ve bitiş noktaları iki gözlemci tarafından ayrı ayrı belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

MTA yaklaşık 3-4 saat içinde sert bir yapıya katılan bir koloidal jel oluşturur ve çevre dokulardan gelen nem sertleşme reaksiyonuna yardımcı olur (5). MTA karıştırıldıktan sonra başlangıç pH'ı 10.2' ye sahipken üç saat sonra 12.5'e yükselir (47, 48). Sertleşme işlemi, trikalsiyum silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ve dikalsilik silikatın ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) hidrasyon reaksiyonu olarak tanımlanır; dikalsilik silikatın malzeme mukavemetinin gelişmesinden sorumlu olduğu söylenir (44). MTA basınç dayanımının nem mevcudiyetinde 21 güne kadar arttığı bildirilirken, MTA ürün mikro sertliği ve hidrasyon davranışının, fizyolojik koşullara kıyasla (pH 7) enflamatuvar pH (pH 5) aralığına maruz kalmadan olumsuz etkilendiği bildirilmiştir (49). Giuliani ve ark. MTA'yı iki farklı ortamda (pH 4.4 ve pH 7.4) mikroyapısı ve yüzey sertliği açısından değerlendirmişlerdir. Asidik pH değerinin materyalin mikroyapısında değişikliğe sebep olduğunu ve MTA'nın pH 7.4'te yüksek mikro sertlik değeri gösterdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak materyaller ile materyallerin sertleştiği ortamlar arasında önemli bir etkileşim olduğunu belirtmişlerdir (109). Elnaghy ve ark. yaptıkları bir çalışmada MTA'nın farklı pH değerlerine sahip ortamlardaki mikroyapısını taramalı elektron mikroskobu ile incelemiş ve elde ettikleri görüntülerde asidik pH değerlerine doğru mikroyapının değiştiğini ve küresel parçacıkları ve mikrokanallar içeren amorf zayıf kristalize yüzeysel jel yapısından, lamine çapraz tabakalı yapılara sahip gözeneklere doğru bir değişim olduğunu belirtmişlerdir (106). Saghiri ve ark. yaptıkları bir çalışmada retrograd kaviteyi MTA ile kapatmış ve deney gruplarını 3 gün boyunca 4.4, 5.4, 6.4 ve 7.4 pH değerlerine sahip ortamlara maruz bıraktıktan sonra mikrosızıntıyı sığır serum albümini kullanarak değerlendirmişlerdir. Mikrosızıntı pH 4.4 değerinde en fazla gözlenirken, bunu sırasıyla 5.4, 6.4 ve 7.4'lük pH değerleri takip etmiştir. Daha yüksek pH değerlerinde saklanan numunelerde sızıntının oluşması için önemli ölçüde daha uzun bir süre geçmesi gerektiğini belirtmişlerdir (110). Çalışmamızda nötr ortamı taklit eden pH 7.4 salin çözeltisiyle temasta olan MTA, pH 4.5 asetik asit çözeltisiyle temasta bulunan MTA örneklerine göre daha fazla sızdırmazlık kabiliyeti göstermiştir. Mevcut çalışmamız Saghiri ve ark. elde ettiği sonuçlarla paralellik göstermiştir.

Çalışmamızın sonuçları Roy tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçlarından farklıdır. Roy ve ark. retrograd dolgu materyallerinin sızdırmazlıklarını karşılaştırdıkları bir çalışmada MTA'nın asit ortamla temasının sızdırmazlığını

etkilenmediğini, CPC matris kullanıldığında ise MTA'nın asidik ortamda sızdırmazlık özelliğinin arttığını bildirmişlerdir (111). CPC matrisi, tamponlanmamış asidik çözeltiler, MTA'nın asidik çözeltilere kısa süreli maruz kalma süresi (24 saat) ve Roy tarafından çalışmada kullanılan asit tipinin farklı olmasının çalışmalar arasındaki farklı sonuçların sebebi olabileceği düşünülmektedir.

Pushpa ve ark. MTA ve Biodentine materyallerinin farklı pH seviyelerindeki ortamlarda çözünürlüklerini karşılaştırdıkları bir çalışmalarında, asidik pH seviyesinin (pH 4.4) her iki materyalin de çözünürlüğünü artırdığını bildirmişlerdir. Bir endodontik tamir materyalinin sızdırmazlık potansiyelini ve boyutsal değişikliklerini, bakteri kolonizasyonunu ve periapikal dokulara geçişini destekleyebilecek boşluklar bırakan çözünürlüğü ile doğrudan ilişkilendirmişlerdir (112). Bu doğrultuda asidik pH seviyesinin MTA ve Biodentine'nin sızdırmazlık özelliğini olumsuz etkilediğini söyleyebiliriz. Çalışmamızın sonuçları bu çıkarımla paralellik gösterecek şekilde olmuştur. MTA'nın hem uzun dönem hem de kısa dönem salinle teması, asetik asitle temasına kıyasla daha iyi sızdırmazlık özelliği göstermiştir. Biodentine'de ise kısa dönem saklanma ortamlarının temasında herhangi bir farklılık bulunmazken, uzun dönemde salin ile temas eden örnekler daha iyi sızdırmazlık özelliği göstermiştir.

Elnaghy ve ark. farklı pH değerlerine maruz kaldıktan sonra Biodentine ve MTA'nın basınç dayanımının sonuçlarını mikro sertlik değerlerinin bulgularına uygun bulmuşlardır. Test edilen materyallerin basınç dayanımı, düşük pH değerlerine maruz kaldıktan sonra önemli ölçüde azalmıştır. Bu bulgu Watts ve ark. çalışması ile uyumludur (106). Sonuç olarak mikro sertlikte olduğu gibi Biodentine, MTA'ya kıyasla yüksek basınç dayanımı ve asidik ortama daha fazla direnç göstermiştir. Biz de çalışmamızda bu verilere paralel olarak kısa dönem asit ortamında tutulan Biodentine'nin sızdırmazlık özelliğinin MTA'ya kıyasla daha iyi olduğu sonucuna ulaştık.

Biodentine ve MTA'nın intraradiküler dentine ortalama mikro push-out gücünün en yüksek ve en düşük bağlanma kuvveti değerleri sırasıyla 7.4 ve 4.4 pH seviyelerinde bulunmuştur (106). Bu bulgu Shokouhinejad ve ark. ile uyumludur (113). Bu sonuçlar, böyle düşük bir pH ortamında Biodentine ve MTA'nın fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişikliklere bağlanabilir. Doku sıvısı varlığında, kalsiyum silikat

esaslı materyallerin hidrasyonu hidroksiapatit kristallerinin oluşması ve dentin ve kalsiyum silikat esaslı materyaller arasında hibrid bir katmanın gelişmesi ile sonuçlanır. Hidroksiapatit kristallerinin ve sonuç olarak kalsiyum silikat esaslı materyaller-dentin ara yüzey boşluğunda bir hibrid tabakanın geliştirilmesi asidik bir ortamda bozulabilir (43, 104). Mevcut çalışmamızın sonuçlarına göre asidik ortamda bekletilen tamir materyallerinin sızdırmazlık özelliklerinin nötr ortama göre düşük olması, asidik bir ortamın bu hibrid tabakanın gelişmesindeki bozukluklara yol açmasıyla ilişkilendirilebilir.

Agrafioti ve ark. asidik bir ortamda saklama sonrasında MTA ile karşılaştırıldığında Biodentine'nin sızdırmazlık kabiliyetini ve morfolojik mikro yapısını dentin disklerinde değerlendirmişlerdir. 3. ay ölçümlerinde, salin çözeltisi içinde bekletilen MTA, aynı koşullarda bekletilen Biodentine'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha büyük bir sızdırmazlık göstermiştir. Bununla birlikte, malzemeler asidik bir ortamda saklandığında, 3. ay ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca, Biodentine'nin asidik ortama maruz kalmasının, zaman içinde sızdırmazlık yeteneğini arttırdığını bildirmişlerdir (114). Çalışmamızda uzun dönem saklama koşulu olarak 34 gün belirlenmiş ve bu süre boyunca materyallerin her ikisinde de asit ortamla temasın sızdırmazlık özelliğini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Her iki ortamda da uzun dönem bekletilen iki materyalin sızdırmazlık özelliği arasında ise anlamlı bir fark bulunamamıştır. Çalışmalar arasındaki bu farklılığın oluşmasında kullanılan asit çeşitlerinin ve pH değerlerinin farklı olması, hazırlanan solüsyonların tamponlanmamış çözeltiler olması, solüsyonlarla temas sürelerinin değişiklik göstermesi, mikrosızıntı inceleme yöntemlerindeki tekniklerin benzer olmaması etkili olabilir.

6. SONUÇLAR

1. Solüsyonlarla temasta kısa dönem bekletilen tüm örnekler karşılaştırıldığında salin çözeltisiyle temasta bulunan grupların asetik asit çözeltisiyle temasta bulunanlardan daha iyi bir sızdırmazlık özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

2. Uzun dönem solüsyonla temasın örnekler üzerindeki etkisi incelendiğinde salin çözeltisinde bekletilen grupların asetik asit çözeltisinde bekletilenlere oranla daha az mikrosızıntı gösterdiği tespit edilmiştir.

3. Salin çözeltisinde kısa dönem bekletilen ve salin çözeltisinde uzun dönem bekletilen MTA ve Biodentine örneklerinin mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4. Asit çözeltisinde kısa dönem bekletilen gruplar içerisinde Biodentine MTA'ya kıyasla daha iyi bir sızdırmazlık özelliği göstermiştir. Aynı şekilde asit çözeltisinde fakat uzun dönemde bekletilen örneklerde ise iki materyalin mikrosızıntı değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

5. MTA materyali solüsyonlarla her iki temas süresinde de salin çözeltisiyle temas halinde asetik asit çözeltisi temasına kıyasla daha iyi bir sızdırmazlık özelliği sergilemiştir.

6. Biodentine materyalinin kısa dönem solüsyonlarla temasında solüsyonların etkisi incelendiğinde nötr ve asit ortamının materyalin sızdırmazlığına etkileri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Uzun dönem temasta ise salin çözeltisiyle temasta olan Biodentine örnekleri daha düşük bir mikrosızıntı değeri göstermiştir.

7. Bu bulgular ışığında enflamasyon nedeniye pH'ın asidik özellik gösterdiği perforasyon bölgelerinde kullanılacak en ideal tamir materyali açısından kesin bir sonuca varılamayacağı kanaatindeyiz. Bu nedenle her iki tamir materyalinin de karşılaştırıldığı daha çok çalışma yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Eldeeb ME, Eldeeb M, Tabibi A, Jensen JR. An evaluation of the use of amalgam, cavit, and calcium hydroxide in the repair of furcation perforations. *J Endod* 1982;8(10):459-66.
2. da Silva EJNL, Andrade CV, Tay LY, Herrera DR. Furcal-perforation repair with mineral trioxide aggregate: Two years follow-up. *Indian J Dent Res* 2012;23(4):542.
3. Alhadainy HA, Himel VT. Comparative study of the sealing ability of light-cured versus chemically cured materials placed into furcation perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1993;76(3):338-42.
4. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod* 2010;36(1):16-27.
5. Lee S-J, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993;19(11):541-4.
6. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar A. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J*. 2003;36(3):225-31.
7. Gandolfi M, Iacono F, Pirani C, Prati C. The use of calcium-silicate cements to reduce dentine permeability. *Arch Oral Biol* 2012;57(8):1054-61.
8. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater J* 2015;31(4):351-70.
9. Laurent P, Camps J, De Méo M, Déjou J, About I. Induction of specific cell responses to a Ca₃SiO₅-based posterior restorative material. *Dent Mater J* 2008;24(11):1486-94.
10. Francisconi L, Honório H, Rios D, Magalhães A, Machado MdA, Buzalaf M. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *J Conserv Dent* 2008;33(2):203-8.

11. Camilleri J, Pitt Ford T. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 2006;39(10):747-54.
12. Fuss Z, Trope M. Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Dent Traumatol* 1996;12(6):255-64.
13. Ingle JJ, Bakland LK, Baumgartner JC. *Ingle's endodontics* 6th ed. United States of America: BC Decker. 2008:342-5.
14. Hamad HA, Tordik PA, McClanahan SB. Furcation perforation repair comparing gray and white MTA: a dye extraction study. *J Endod* 2006;32(4):337-40.
15. Aggarwal V, Singla M, Miglani S, Kohli S. Comparative evaluation of push-out bond strength of ProRoot MTA, Biodentine, and MTA Plus in furcation perforation repair. *J Conserv Dent JCD*. 2013;16(5):462.
16. Seltzer S, Sinai I, August D. Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures. *Indian J Dent Res* 1970;49(2):332-9.
17. Tsesis I, Fuss Z. Diagnosis and treatment of accidental root perforations. *Endod Topics* 2006;13(1):95-107.
18. Hülsmann M. *Problems in Endodontics Etiology, Diagnosis and Treatment*: Quintessenz Verlags-GmbH; 2009.
19. Grossman L. The management of accidents encountered in endodontic practice. *Dent Clin North Am* 1957;11:903-12.
20. Eleftheriadis G, Lambrianidis T. Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic. *Int Endod J* 2005;38(10):725-34.
21. Gorni FG, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 2004;30(1):1-4.
22. Bryan EB, Woollard G, Mitchell W. Nonsurgical repair of furcal perforations: a literature review. *Gen Dent* 1999;47(3):274-8; quiz 9-80.
23. Kaufman AY, Keila S. Conservative treatment of root perforations using apex locator and thermatic compactor—case study of a new method. *J Endod* 1989;15(6):267-72.

24. Fuss Z, Assooline LS, Kaufman AY. Determination of location of root perforations by electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;82(3):324-9.
25. Tsurumachi T, Honda K. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *Int Endod J* 2007;40(3):224-32.
26. Clauder T, SHIN SJ. Repair of perforations with MTA: clinical applications and mechanisms of action. *Endod Topics* 2006;15(1):32-55.
27. Nicholls E. Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1962;15(5):603-12.
28. Kvinnslund I, Oswald R, Halse A, Grønningsaeter A. A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *Int Endod J* 1989;22(2):75-84.
29. Bogaerts P. Treatment of root perforations with calcium hydroxide and SuperEBA cement: a clinical report. *Int Endod J* 1997;30(3):210-9.
30. Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod* 2004;30(2):80-3.
31. Benenati FW, Roane JB, Biggs JT, Simon JH. Recall evaluation of iatrogenic root perforations repaired with amalgam and gutta-percha. *J Endod* 1986;12(4):161-6.
32. Unal GC, Maden M, Isidan T. Repair of furcal iatrogenic perforation with mineral trioxide aggregate: two years follow-up of two cases. *Eur J Dent* 2010;4(04):475-81.
33. Sinai IH. Endodontic perforations: their prognosis and treatment. *J Am Dent Assoc* 1977;95(1):90-5.
34. Hartwell GR, England MC. Healing of furcation perforations in primate teeth after repair with decalcified freeze-dried bone: a longitudinal study. *J Endod* 1993;19(7):357-61.
35. Gartner A, Dorn S. Advances in endodontic surgery. *Dent Clin North Am* 1992;36(2):357-78.
36. Bramante CM, Berbert A. Root perforations dressed with calcium hydroxide or zinc oxide and eugenol. *J Endod* 1987;13(8):392-5.

37. Oynick J, Oynick T. Treatment of endodontic perforations. *J Endod* 1985;11(4):191-2.
38. Weldon Jr JK, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Sealing ability of mineral trioxide aggregate and super-EBA when used as furcation repair materials: a longitudinal study. *J Endod* 2002;28(6):467-70.
39. Alhadainy HA, Himel VT. Evaluation of the sealing ability of amalgam, Cavit, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1993;75(3):362-6.
40. Roane JB, Benenati FW. Successful management of a perforated mandibular molar using amalgam and hydroxylapatite. *J Endod* 1987;13(8):400-4.
41. Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. *Dent Clin North Am* 1992;36(2):439-57.
42. Lee D, Bogen G. Multifaceted use of ProRoot™ MTA root canal repair material. *Pediatr Dent* 2001;23(4):326-30.
43. Sarkar N, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005;31(2):97-100.
44. Dammaschke T, Gerth HU, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater J* 2005;21(8):731-8.
45. Abdullah D, Ford TP, Papaioannou S, Nicholson J, McDonald F. An evaluation of accelerated Portland cement as a restorative material. *Biomaterials* 2002;23(19):4001-10.
46. Islam I, Chng HK, Yap AUJ. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland cement. *J Endod* 2006;32(3):193-7.
47. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Ford TP. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21(7):349-53.
48. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Ford TRP. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater J* 2005;21(4):297-303.

49. Lee Y-L, Lee B-S, Lin F-H, Lin AY, Lan W-H, Lin C-P. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 2004;25(5):787-93.
50. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod* 2006;32(6):569-72.
51. Sluyk S, Moon P, Hartwell G. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. *J Endod* 1998;24(11):768-71.
52. De Bruyne M, De Bruyne RJ, Rosiers L, De Moor R. Longitudinal study on microleakage of three root-end filling materials by the fluid transport method and by capillary flow porometry. *Int Endod J* 2005;38(2):129-36.
53. Lamb EL, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH. Effect of root resection on the apical sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;95(6):732-5.
54. Lin CP, Chen YJ, Lee YL, Wang JS, Chang MC, Lan WH, et al. Effects of root-end filling materials and eugenol on mitochondrial dehydrogenase activity and cytotoxicity to human periodontal ligament fibroblasts. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials.* 2004;71(2):429-40.
55. Balto HA. Attachment and morphological behavior of human periodontal ligament fibroblasts to mineral trioxide aggregate: a scanning electron microscope study. *J Endod* 2004;30(1):25-9.
56. Fayad MI, Hawkinson R, Daniel J, Hao J. The effect of CO₂ laser irradiation on PDL cell attachment to resected root surfaces. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97(4):518-23.
57. Bonson S, Jeansonne B, Lallier T. Root-end filling materials alter fibroblast differentiation. *Saudi J Dent Res.* 2004;83(5):408-13.

58. Ford Trp, Torabinejad M, Abedi Hr, Bakland Lk, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996;127(10):1491-4.
59. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 2002;35(3):245-54.
60. Chacko DV, Kurikose DS. Human pulpal response to mineral trioxide aggregate (MTA): a histologic study. *J Clin Pediatr Dent* 2006;30(3):203-9.
61. Parirokh M, Asgary S, Eghbal MJ, Stowe S, Eslami B, Eskandarizade A, et al. A comparative study of white and grey mineral trioxide aggregate as pulp capping agents in dog's teeth. *Dent Traumatol* 2005;21(3):150-4.
62. Felipe W, Felipe M, Rocha M. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006;39(1):2-9.
63. Witherspoon DE, Small JC, Harris GZ. Mineral trioxide aggregate pulpotomies: a case series outcomes assessment. *J Am Dent Assoc* 2006;137(5):610-8.
64. Malkondu Ö, Kazandağ MK, Kazazoğlu E. A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int* 2014;2014.
65. Camilleri J. Characterization of hydration products of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2008;41(5):408-17.
66. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Characterization of set Intermediate Restorative Material, Biodentine, Bioaggregate and a prototype calcium silicate cement for use as root-end filling materials. *Int Endod J* 2013;46(7):632-41.
67. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. *Dent Mater J* 2013;29(5):580-93.

68. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dent Mater J* 2013;29(2):e20-e8.
69. Kayahan MB, Nekoofar MH, McCann A, Sunay H, Kaptan RF, Meraji N, et al. Effect of acid etching procedures on the compressive strength of 4 calcium silicate-based endodontic cements. *J Endod* 2013;39(12):1646-8.
70. Koubi G, Colon P, Franquin J-C, Hartmann A, Richard G, Faure M-O, et al. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth—a prospective study. *Clin Oral Investig* 2013;17(1):243-9.
71. Camilleri J. Investigation of Biodentine as dentine replacement material. *Am J Dent*. 2013;41(7):600-10.
72. Odabaş ME, Bani M, Tirali RE. Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *ScientificWorldJournal* 2013;2013.
73. El-Ma'aita AM, Qualtrough AJ, Watts DC. The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements. *Dent Mater J* 2013;29(7):797-803.
74. Guneser MB, Akbulut MB, Eldeniz AU. Effect of various endodontic irrigants on the push-out bond strength of biodentine and conventional root perforation repair materials. *Journal of endodontics*. 2013;39(3):380-4.
75. De Bruyne MA, De Bruyne RJ, De Moor RJ. Capillary flow porometry to assess the seal provided by root-end filling materials in a standardized and reproducible way. *J Endod* 2006;32(3):206-9.
76. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20(1):1-25.
77. Zhou H-m, Shen Y, Wang Z-j, Li L, Zheng Y-f, Häkkinen L, et al. In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. *J Endod* 2013;39(4):478-83.

78. Luo Z, Li D, Kohli MR, Yu Q, Kim S, He W-x. Effect of Biodentine™ on the proliferation, migration and adhesion of human dental pulp stem cells. *Am J Dent* 2014;42(4):490-7.
79. Shayegan A, Jurysta C, Atash R, Petein M, Abbeele AV. Biodentine used as a pulp-capping agent in primary pig teeth. *Pediatr Dent* 2012;34(7):202E-8E.
80. Kidd EA. Microleakage: a review. *Am J Dent* 1976;4(5):199-206.
81. Taylor M, Lynch E. Microleakage. *Am J Dent* 1992;20(1):3-10.
82. Heintze SD. Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. *J Adhes Dent* 2007;9(1).
83. Williams PT, Schramke D, Stockton L. Comparison of two methods of measuring dye penetration in restoration microleakage studies. *J Conserv Dent* 2002;27(6):628-35.
84. Rosales J, Vallecillo M, Osorio R, Bravo M, Toledano M. An in vitro comparison of micro leakage in three glass ionomer cements used as retrograde filling materials. *Int Endod J* 1996;46(1):15.
85. Ayyıldız S, Uyar A, Yüzügüllü B. Diş Hekimliğinde Mikrosızıntı ve İnceleme Yöntemleri, Atatürk Üniv. Dis Hek Fak Derg. 2009;19(3):219-26.
86. Erdemir U, Yaman B. Diş hekimliğinde mikrosızıntı ve mikrosızıntı araştırma yöntemleri. *J Istanbul Univ Fac Dent* 2011;45(1):25-35.
87. Zivkovi S, Bojovi S, Pavlica D. Bacterial penetration of restored cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91(3):353-8.
88. Jacobson S, Von Fraunhofer J. The investigation of microleakage in root canal therapy: an electrochemical technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1976;42(6):817-23.
89. Mattison GD, von Fraunhofer JA. Electrochemical microleakage study of endodontic sealer/cements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1983;55(4):402-7.

90. Wu MK, Wesselink P, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J* 1995;28(4):185-9.
91. Derkson GD, Pashley DH, Derkson ME. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. *J Prosthet Dent* 1986;56(4):435-40.
92. Wu MK, De Gee A, Wesselink P. Fluid transport and dye penetration along root canal fillings. *Int Endod J* 1994;27(5):233-8.
93. Jew RC, Weine FS, Keene Jr JJ, Smulson MH. A histologic evaluation of periodontal tissues adjacent to root perforations filled with Cavit. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1982;54(1):124-35.
94. El Tawil SB, El Dokkyl N, El Hamid D. Sealing ability of MTA versus Portland cement in the repair of furcal perforations of primary molars: A dye extraction leakage model. *J Am Sci.* 2011;7:1037-43.
95. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Ford TRP. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995;21(6):295-9.
96. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J* 2008;41(1):6-31.
97. Torabinejad M, Watson T, Ford TP. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993;19(12):591-5.
98. Ahlberg K, Assavanop P, Tay W. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and India ink in root-filled teeth. *Int Endod J* 1995;28(1):30-4.
99. Pashley D, Thompson S, Stewart F. Dentin permeability: effects of temperature on hydraulic conductance. *Indian J Dent Res* 1983;62(9):956-9.
100. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod* 2003;29(9):592-4.

101. Francisoni LF, Honório HM, Rios D, Magalhães AC, Machado MdA, Buzalaf MAR. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *Restor Dent Endod* 2008;33(2):203-8.
102. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999;25(3):197-205.
103. Nilforoushan M, Sharp J. The effect of additions of alkaline-earth metal chlorides on the setting behavior of a refractory calcium aluminate cement. *Cem Concr Res* 1995;25(7):1523-34.
104. Namazikhah M, Nekoofar MH, Sheykhrezae M, Salariyeh S, Hayes SJ, Bryant ST, et al. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2008;41(2):108-16.
105. Smith JB, Loushine RJ, Weller RN, Rueggeberg FA, Whitford GM, Pashley DH, et al. Metrologic evaluation of the surface of white MTA after the use of two endodontic irrigants. *J Endod* 2007;33(4):463-7.
106. Elnaghy AM. Influence of acidic environment on properties of biodentine and white mineral trioxide aggregate: a comparative study. *J Endod* 2014;40(7):953-7.
107. Kayahan M, Nekoofar MH, Kazandağ M, Canpolat C, Malkondu O, Kaptan F, et al. Effect of acid-etching procedure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2009;42(11):1004-14.
108. Hashem AAR, Amin SAW. The effect of acidity on dislodgment resistance of mineral trioxide aggregate and bioaggregate in furcation perforations: an in vitro comparative study. *J Endod* 2012;38(2):245-9.
109. Giuliani V, Nieri M, Pace R, Pagavino G. Effects of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate and Aureoseal: an in vitro study. *J Endod* 2010;36(11):1883-6.
110. Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, Vosoughhosseini S, Fatemi A, Shiezadeh V, et al. Effect of pH on sealing ability of white mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 2008;34(10):1226-9.

111.Roy CO, Jeansonne BG, Gerrets TF. Effect of an acid environment on leakage of root-end filling materials. *J Endod* 2001;27(1):7-8.

112.Pushpa S, Maheshwari C, Maheshwari G, Sridevi N, Duggal P, Ahuja P. Effect of pH on solubility of white Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine: An in vitro study. *J. Dent. Res. Dent. Clin. Dent. Prospects* 2018;12(3):201.

113.Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Iravani A, Kharrazifard MJ, Dummer PM. Effect of acidic environment on the push-out bond strength of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2010;36(5):871-4.

114.Agrafioti A, Tzimpoulas N, Chatzitheodoridis E, Kontakiotis EG. Comparative evaluation of sealing ability and microstructure of MTA and Biodentine after exposure to different environments. *Clin Oral Investig* 2016;20(7):1535-40.

8. EKLER

Ek-1. Etik Kurul Belgesi



T.C.
DICLE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
YEREL ETİK KURUL KARARLARI



ETİK KURUL KARARI

TOPLANTI TARİHİ	TOPLANTI SAYISI	KARAR NO	ARAŞTIRMA YÜRÜTÜCÜSÜ
19.07.2019	8	1	Prof.Dr.Sadullah KAYA Endodonti A.D.

KARAR

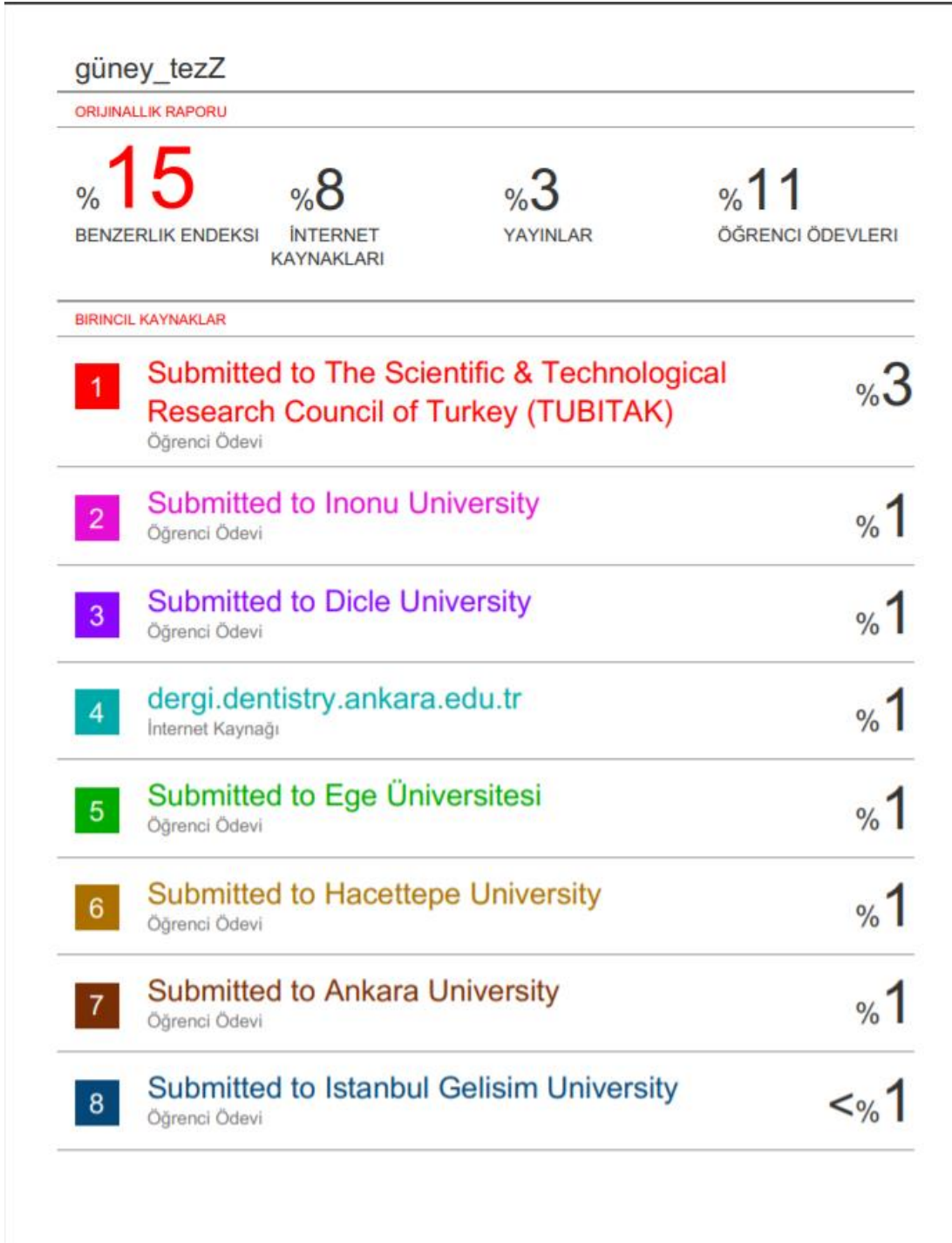
Yürütücülüğünü Prof.Dr.Sadullah KAYA'nın yaptığı 'Perforasyon Tamirinde Kullanılan İki Farklı Materyalin Asit ve Nötr Ortamda Sızdırmazlıklarının Karşılaştırılması' başlıklı, 2019/31 protokol no.lu çalışma Etik Kurulumuz tarafından incelenmiş olup, etik kurallara **UYGUN OLDUĞUNA**, katılanların **Oy Çoğunluğu / Oy Birliği** ile karar verilmiştir.

Görevi	Adı Soyadı	Birimi	Evet	Hayır	İmza
Başkan	Prof.Dr. Köksal BEYDEMİR	Dış.Hek.Fak. Protetik Diş Tedavisi A.D	✓		<i>[Signature]</i>
Başkan Yrd.	Prof. Dr. Belgin GÜLSÜN	Ağız, Diş Ve Çene Cerrahisi A.D	✓		<i>[Signature]</i>
Raportör	Prof.Dr. Emin Caner TÜMEN	Dış.Hek. Fak. Çocuk Diş Kliniği A.D	✓		<i>[Signature]</i>
Üye	Prof. Dr. Ahmet DAĞ	Dış. Hek.Fak. Periodontoloji A.D	✓		<i>[Signature]</i>
Üye	Prof. Dr. Selver GÜNDÜZ ARSLAN	Dış.Hek.Fak. Ortodonti A.D	✓		<i>[Signature]</i>
Üye	Prof.Dr. Nezahat AKPOLAT	Tıp Fak. Mikrobiyoloji A.D			
Üye	Prof.Dr. M.Zülküf AKDAĞ	Tıp Fak. Biyofizik A.D	✓		<i>[Signature]</i>
Üye	Doç.Dr.Ayfer ŞANLI AKTAŞ	D.Ü. Tıp Fak. Histoloji-Embriyoloji A.D			
Üye	Prof.Dr. Sadullah KAYA	Dış.Hek. Fak. Endodonti A.D			
Üye	Dr. Öğretim Üyesi Ersin UYSAL	D.Ü. Teknik Bilimler Meslek Yük. Okulu	✓		<i>[Signature]</i>
Üye	Av. Evin DAŞ	D.Ü Hukuk Müşavirliği			

Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi 21280
Telefon:0 412 241 10 17-Faks:0 412 246 81 00
Elektronik Ağ: <http://www.dicle.edu.tr/dis-hekimligi-fakultesi>

Ayrıntılı bilgi için irtibat: Emin Caner TÜMEN
e-Posta: disheximligi.dicle@gmail.com

9. ORJİNALLİK RAPORU



10. ÖZGEÇMİŞ

Dt. Güney Mustafa YÜZER 01.08.1989 tarihinde Diyarbakır'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Gazi İlköğretim Okulu'nda 2003'te tamamladıktan sonra 2007 yılında Diyarbakır Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Üniversite eğitimini 2009-2014 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde tamamladı. Bir süre özel sektörde çalıştıktan sonra 2017 yılında Ağrı Diyadin Toplum Sağlığı Merkezi'ne atandı. Aynı yıl ekim ayında, Diş Hekimliğinde Uzmanlık Sınavı neticesinde girmeye hak kazandığı Dicle Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda göreve başladı. 2017-2020 yılları arasında bu bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır.