



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**ALT MOLAR DİŞLERDE FURKASYON
PERFORASYONLARININ TAMİRİNDE
KULLANILAN FARKLI KALSİYUM SİLİKAT
BAZLI MATERYALLERİN DİŞİN
RENKLENMESİNE ETKİSİ: IN-VITRO ÇALIŞMA**

Sevil ZIRHLI

UZMANLIK TEZİ

Doç. Dr. Davut ÇELİK

TRABZON-2024



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**ALT MOLAR DİŞLERDE FURKASYON
PERFORASYONLARININ TAMİRİNDE
KULLANILAN FARKLI KALSİYUM SİLİKAT
BAZLI MATERYALLERİN DİŞİN
RENKLENMESİNE ETKİSİ: IN-VITRO ÇALIŞMA**

Sevil ZIRHLI
ORCID:0000-0002-9924-2418

UZMANLIK TEZİ

Doç. Dr. Davut ÇELİK
ORCID: 0000-0002-1062-0241

TRABZON-2024

BEYAN

Bu tez çalışmasının Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kılavuzu standartlarına uygun şekilde hazırlanarak yazıldığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallara bağlı kalarak elde ettiğimi, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kullanılan kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezimin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici davranışımın olmadığını tezimin BAP koordinasyon birimi tarafından TDH-2023-10727 proje kodu ile desteklendiğini beyan ederim.

2024

Sevil ZIRHLI

(İmza)

İTHAF

Bu uzmanlık tezimi, bu günlere gelmem için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve her zaman yanımda olan sevgili aileme ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Uzmanlık ve lisans eğitimim boyunca büyük bir özveri ile bana her zaman destek olan, deneyimlerini benimle paylaşan, sabrını, hoşgörüsünü ve desteğini bu zorlu tez sürecinde bana hissettiren danışman hocam Doç. Dr. Davut Çelik'e,

Uzmanlık ve lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, tez sürecinde fikir ve önerileri ile bana destek olup eğitimime büyük katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Tamer Taşdemir'e, Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Koşar'a ve Dr. Öğr. Üyesi Nihan Çelik Uzun'a,

Asistanlık hayatım boyunca her anımı paylaştığım ve desteğini hep yanımda hissettiğim sevgili eşkıdemlilerim Ece Ezgi Erdiñç Kurt, Murat Taşdemir, Tunahan Aktaş, İzel Topal, birlikte çalışmaktan keyif aldığım çalışma arkadaşlarım Münevver Kaya, Damla Akkaya, Şeyma Kandemir Genç, Abdulrahman Neccaroğlu, Simge Uzun ve diğer çalışma arkadaşlarıma,

Yardımları ve güler yüzleri ile çalışmaktan mutluluk duyduğum bölüm personelimiz Betül Akçay, Hilal Tandoğan, Seda Albayrak, Yurdanur Usta, Zeynep Dağtekin, Merve Erbay, Ebru Çakır ve Yeşim Aydın'a,

Hayatım boyunca her başarımda emekleri olan, maddi manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, sevgi ve ilgileriyle bana destek olan canım aileme,

Tüm kalbimle teşekkür ederim...

Sevil Zırlılı

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
BEYAN	
İTHAF	
TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ	xiv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Endodontik Tedavide Başarısızlık	3
2.2. Endodontik Perforasyonların Etyolojisi	3
2.3. Endodontik Perforasyonların Teşhisi	4
2.4. Endodontik Perforasyonların Sınıflandırılması	5
2.5. İyatrojenik Perforasyonların Önlenmesi	7
2.6. Endodontik Perforasyonların Prognozu	8
2.6.1. Perforasyon Alanının Lokalizasyonu	8
2.6.2. Perforasyonun Büyüklüğü	9
2.6.3. Tedavi Edilene Kadar Geçen Zaman	9
2.6.4. Periodontal Durum	9

2.6.5.	Hekimin Manipölasyonu ve Görüşü	10
2.6.6.	Hastanın Oral Hijyeni ve Kooperasyonu	10
2.6.7.	Kullanılan Tamir Materyali	10
2.7.	Endodontik Perforasyonların Tamiri	10
2.7.1.	Perforasyon Tamirinde Amaç	10
2.7.2.	Geçen Zamana Göre Perforasyon Tamir Yaklaşımı	11
2.7.2.1.	Perforasyon Tamirinde Perfore Alana İlk Müdahale	11
2.7.2.2.	Yeni Oluşan Perforasyonların Tamiri	11
2.7.2.3.	Önceden Oluşmuş Perforasyonların Tamiri	11
2.7.3.	Endodontik Perforasyonların Tamir Yöntemleri	11
2.7.3.1.	Ortograd Tedavi Yaklaşımı	11
2.7.3.1.1.	Lateral Perforasyonlar	12
2.7.3.1.1.1.	Koronal Üçlüde Bulunan Lateral Perforasyonlar	12
2.7.3.1.1.2.	Krestal Perforasyonlar	12
2.7.3.1.1.3.	Apikal Üçlüde Bulunan Lateral Perforasyonlar	12
2.7.3.1.2.	Furkasyon Perforasyonları	12
2.7.3.2.	Cerrahi Yaklaşım	13
2.7.4.	Perforasyon Tamirinde Kullanılan Materyaller	14
2.7.4.1.	Hemostatik Materyaller	14
2.7.4.2.	İnternal Matris Materyalleri	14
2.7.4.3.	Tamir Materyalleri	14
2.7.4.3.1.	Amalgam	15
2.7.4.3.2.	Süper EBA (Süper Etoksi Benzoik Asit)	15

2.7.4.3.3.	IRM (Intermediate Restorative Material)	16
2.7.4.3.4.	Cam İyonomer Siman	16
2.7.4.3.5.	MTA	16
2.8.	Biyoseramik Esaslı Materyaller	20
2.8.1.	Endodontide Biyoseramiklerin Kullanımı	21
2.8.1.1.	Kalsiyum Silikat İçerikli Biyoseramikler	22
2.9.	Çalışmamızda Kullanılan Tamir Materyalleri	24
2.9.1.	Biodentine	24
2.9.2.	Bio-C Repair	27
2.9.3.	Endocem MTA Premixed	28
2.9.4.	NeoPutty	29
2.10.	Kalsiyum Silikat Esaslı Materyallerin İstenmeyen Etkileri	30
2.10.1.	Diş Renklenmeleri	31
2.10.1.1.	Dışsal Renklenmeler	31
2.10.1.2.	İçsel Renklenmeler	32
2.11.	Diş Renginin Ölçülmesi	32
2.11.1.	Renk Sistemleri	33
2.11.1.1.	Munsell Renk Sistemi	33
2.11.1.2.	CIE Renk Sistemi	34
2.11.1.3.	CIELab Renk Sistemi	35
2.11.2.	Diş Rengi Ölçüm Yöntemleri	36
2.11.2.1.	Görsel Renk Ölçümü	36
2.11.2.2.	Cihazla Ölçüm	37

2.11.2.2.1.	Kolorimetre	37
2.11.2.2.2.	Spektroradyometre	37
2.11.2.2.3.	Spektrofotometre	37
2.11.2.2.4.	Dijital Kameralar ve Görüntüleme Sistemleri	38
3.	GEREÇ VE YÖNTEM	40
3.1.	Örneklerin Seçilmesi	40
3.2.	Örneklerin Hazırlanması	40
3.3.	Materyallerin Hazırlanması ve Uygulanması	41
3.4.	Dış Renklenmesinin Ölçülmesi	43
3.5.	İstatiksel Analiz	45
4.	BULGULAR	46
4.1.	Kullanılan Farklı Kalsiyum Silikat İçerikli Materyallerin Renk Değişikliğinin Değerlendirilmesi	46
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	49
6.	KAYNAKLAR	56

EKLER

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

EK 1. Etik Kurul Onay Belgesi

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÖZGEÇMİŞ

Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 1. Biyoseramiklerin sınıflandırılması	20
Tablo 2. Çalışmamızda kullanılan tamir materyalleri	30
Tablo 3. Nathoo'nun dışsal renklenme sınıflandırması	32
Tablo 4. ΔE ve ΔL değerlerinin zaman aralıklarına göre açılımı	44
Tablo 5. Farklı kalsiyum silikat bazlı materyallerin dişler üzerinde oluşturduğu ΔE değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri	46
Tablo 6. Farklı kalsiyum silikat bazlı materyallerin dişler üzerinde oluşturduğu ΔL değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri	47
Tablo 7. Gruplardan bağımsız tüm zaman aralıklarındaki ΔE değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri	47
Tablo 8. Gruplardan bağımsız tüm zaman aralıklarındaki ΔL değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 1. Munsell renk sistemi	33
Şekil 2. Hue	33
Şekil 3. Value ve chroma	34
Şekil 4. CIE XYZ renk sistemi	34
Şekil 5. CIElab renk sistemi	35



RESİMLER DİZİNİ

Resim No	Sayfa
Resim 1. Köklerin furkasyon bölgesinin 2 mm altından uzaklaştırılması, örnek diş	40
Resim 2. Bukkal yüzeydeki dentin kalınlığının dijital kumpas ile ölçülmesi	41
Resim 3. Oluşturulan perforasyonun koronalden ve apikalden görüntüleri	41
Resim 4. Biodentine	42
Resim 5. (a) Bio-C Repair, (b) EndoCEM MTA Premixed, (c) NeoPutty	42
Resim 6. Bütün grupların gömüldüğü silikon	43
Resim 7. Dişlerin saklandığı inkübütör cihazı	43
Resim 8. Spektrofotometre (VITA Easyshade® V)	43
Resim 9. Dişin spektrofotometre ile renginin ölçülmesi	44

KISALTMALAR, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

Ark	Arkadaşları
Dk	Dakika
Sn	Saniye
MPa	Megapascal
mm	Milimetre
AAE	Amerikan Endodontistler Birliği
EAL	Elektrikli apex bulucu
KIBT	Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
PDL	Periodontal ligament
IRM	Intermediate Restorative Material
Süper EBA	Süper Etoksi Benzoik Asit
MTA	Mineral Trioxide Aggregate
WMTA	Beyaz Mineral Trioxide Aggregate
GMTA	Gri Mineral Trioxide Aggregate
BD	Biodentine
IL	İnterlökin
HA	Hidroksiapatit
ZOE	Çinko oksit ojenol
ECMP	Endocem MTA Premixed
ERRM	EndoSequence Root Repair Material
UV	Ultraviyole
CIE	Commission Internationale de'Eclairge
Δa	Yeşil-kırmızı eksenindeki değişiklik
Δb	Sarı-mavi eksenindeki değişiklik
ΔE	Renkteki toplam değişiklik
ΔL	Siyah-beyaz eksenindeki değişiklik
a^*	Rengin yeşil-kırmızı eksenindeki yeri
b^*	Rengin sarı-mavi eksenindeki yeri

Simgeler

Δ	Delta
K	Kelvin
$<$	Küçük
$>$	Büyük
$\pm$	artı-eksi
$^{\circ}\text{C}$	santigrat derece
$\%$	Yüzde

Formüller

Ca^{+2}	Kalsiyum
OH^{-}	Hidroksil
Si^{+4}	Silisyum
NaOCl	Sodyum hipoklorit
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Kalsiyum hidroksit
$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	Trikalsiyum silikat
$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	Dikalsiyum silikat

ÖZET

Alt Molar Dişlerde Furkasyon Perforasyonlarının Tamirinde Kullanılan Farklı Kalsiyum Silikat Bazlı Materyallerin Dişin Renklenmesine Etkisi: In-Vitro Çalışma

Bu çalışmanın amacı, estetik açıdan önemli bölgelerde kullanımda en uygun malzemeyi belirlemek için perforasyon tamirinde kullanılan 4 tip kalsiyum silikat esaslı materyalin dişin renk değişimi üzerine etkisinin karşılaştırılmasıdır.

Çalışmamızda çeşitli sebeplerle çekilmiş 85 tane 2 köklü alt molar kullanıldı. Dişlerde restorasyonun, çürüğün olmamasına ve köklerin ayrık olmasına dikkat edildi. Dişlerin kökleri furkasyon bölgesinin 2 mm altından olacak şekilde fissür frezle uzaklaştırıldı. Daha sonra dişlerin endodontik giriş kavimleri elmas rond ve fissür frez yardımı ile açıldı. Bukkal yüzeydeki dentin kalınlığı 2,5-3 mm olacak şekilde dijital kumpas kullanılarak standardize edildi. Her bir örneğin furkasyon bölgesinde 1,4 mm çapındaki elmas rond frez ile perforasyon oluşturuldu. Çalışmamızda kontrol grubu n=5 ve deney grupları n=20 (4 grup) olacak şekilde ayarlandı. 1. grup, 2. grup, 3. grup ve 4. gruptaki dişlere sırasıyla Biodentine, Bio-C Repair, EndoCem MTA Premixed ve NeoPutty uygulandı. Kontrol grubundaki örnekler herhangi bir tamir materyali uygulanmadı. Bütün gruplardaki dişler silikon ölçü materyali içerisine gömüldü ve renklenmeyi takip etmek için %100 nemli ortamda 37°C’de 6 ay boyunca inkübitörde saklandı. Renk ölçümleri CIE L*a*b* sistem kullanılarak, spektrofotometre ile deney başlangıcında ilk ölçüm, 1. hafta, 1. ay, 3. ay ve 6. ay olmak üzere toplam 5 farklı zaman diliminde yapıldı. ΔE ve ΔL değerleri One Way Anova testi, Tukey testleri ve Repeated Anova testi kullanılarak karşılaştırıldı. 3. ve 6. aylarda, Grup 3 ve 4’ün ΔE değerleri Grup 1 ve 5’e göre anlamlı derecede daha yüksek ($p<0,005$) bulundu. Diğer zaman aralıklarında gruplar arasında ΔE değerleri açısından istatistiksel olarak fark yoktu. Tüm zaman aralıklarında gruplar arasında ΔL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu ($p>0,05$). Gruplardan bağımsız 3. ve 6. aylarda ΔE değerleri açısından istatistiksel olarak fark yoktu, diğer zaman aralıklarında istatistiksel olarak fark vardı ($p>0,05$). Gruplardan bağımsız ΔL değerleri açısından 1. ve 3. aylarda istatistiksel olarak fark yoktu, diğer zaman aralıklarında fark vardı ($p>0,05$).

Biodentine’nin renk değişimine etkisi, Endocem MTA Premixed ve NeoPutty’dan anlamlı derece düşük bulunmuş, Bio-C Repair ile kıyaslandığında ise farklılık göstermemiştir.

Anahtar Kelimeler: Dişin renklenmesi, Furkasyon perforasyon tamiri, Kalsiyum silikat bazlı materyaller

ABSTRACT

The Effect of Different Calcium Silicate-Based Materials Used in the Repair of Furcal Perforation on Lower Molar Tooth Coloration: In-vitro Study

The aim of this study is to compare the effect of 4 types of calcium silicate-based materials used in perforation repair on tooth color change in order to determine the most suitable material for use in aesthetically important areas.

In our study, 85 two-rooted lower molars extracted for various reasons were used. Care was taken to ensure that there was no restoration or decay in the teeth and that the roots were separated. The roots of the teeth were removed with a fissure bur, 2 mm below the furcation area. Then, the endodontic access cavities of the teeth were opened with the help of a diamond round and fissure bur. Dentin thickness on the buccal surface was standardized to 2.5-3 mm using a digital caliper. A perforation was created in the furcation region of each sample with a 1.4 mm diameter diamond round bur. In our study, the control group was set to n=5 and the experimental groups were n=20 (4 groups). Biodentine, Bio-C Repair, EndoCem MTA Premixed and NeoPutty were applied to the teeth in the 1st group, 2nd group, 3rd group and 4th group, respectively. No repair material was applied to the samples in the control group. Teeth in all groups were embedded in silicone impression material and stored in an incubator at 37°C in a 100% humid environment for 6 months to follow the coloration. Color measurements were made with a spectrophotometer using the CIE L*a*b* system, at a total of 5 different time periods: the first measurement at the beginning of the experiment, the 1st week, the 1st month, the 3rd month and the 6th month. ΔE and ΔL values were compared using One Way Anova test, Tukey tests and Repeated Anova test. At the 3rd and 6th months, ΔE values of Groups 3 and 4 were found to be significantly higher ($p < 0.005$) than Groups 1 and 5. There was no statistical difference in ΔE values between groups at other time intervals. There was no statistically significant difference in ΔL values between groups at all time intervals ($p > 0.05$). There was no statistical difference in terms of ΔE values at the 3rd and 6th months, independent of the groups, but there was a statistical difference at other time intervals ($p > 0.05$). There was no statistical difference in terms of ΔL values independent of the groups at the 1st and 3rd months, but there was a difference at other time intervals ($p > 0.05$).

The effect of Biodentine on color change was found to be significantly lower than Endocem MTA Premixed and NeoPutty, and did not differ when compared to Bio-C Repair.

Keywords: Tooth discoloration, Furcation perforation repair, Calcium silicate-based materials

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Endodontik tedavi, pulpa dokusu çıkartıldıktan sonra kök kanallarının mekanik olarak genişletilip, irrigasyon yapılarak mikroorganizmalardan temizlenmesi ve kök ucuna kadar tamamen doldurulmasıdır. Endodontik tedavide başarısızlıkta rol oynayan birkaç faktör bulunmaktadır. Bunlar: anatomik düzensizlikler, gözden kaçan kanallar, kanalın yetersiz veya taşkın doldurulması, alet kırıkları, basamak, zip ve transportasyon oluşumu ve perforasyonlardır (1,2). Perforasyonlar, giriş kavitesi açılması sırasında, kök kanalının mekanik preparasyonu sırasında veya post yuvasının hazırlanması esnasında oluşabilir (3,4). Amerikan Endodontistler Birliği (AAE) perforasyonları yerine göre furkasyon perforasyonu, apikal perforasyon ve strip perforasyonu olmak üzere sınıflandırmıştır (5). Sıklıkla karşılaşılan furkasyon perforasyonu, preparasyon sırasında pulpa boşluğu ve periodonsiyum bağlantısının bozulmasına sebep olan yapay açıklıklıktır (6). Furkasyon alanlarında meydana gelen perforasyonları tamir etmek zordur bunun sebebi, sıklıkla sulkusla bağlantılı olması ve oldukça büyük yaralanma alanına sahip olmasıdır (7). Perforasyonun kapatılmasında kullanılması önerilen tamir materyalleri perfore alanı sızdırmaz bir şekilde örtebilmeli, bakteriyel geçişi engelleyebilmeli ve okluzal yüklere karşı dayanıklı olmalıdır (8). Perforasyon tamiri için günümüze kadar; paris alçısı, amalgam, çinko oksit ojenol, IRM, süper EBA, Cavit, guta-perka, kompozit rezin, cam iyonomer siman, kalsiyum fosfat siman, kalsiyum hidroksit, CEM, hidroksiapatit, dekalsifiye dondurulmuş kurutulmuş kemik, MTA, BioAggregate, Biodentine gibi birçok tamir materyali kullanılmıştır (9,10). Kalsiyum silikat esaslı materyallerin klinik endodontiye girmesinin ardından MTA altın standart materyal olarak kabul görmüştür. Fakat, MTA'nın renk değişikliğine sebep olduğunu gösteren çok sayıda çalışma yapılmıştır (11–14). Bazı araştırmacılar, MTA'nın sebep olduğu renk değişikliğine, gri ve beyaz MTA'ya radyoopasiteyi sağlamak için ilave edilen bizmut oksitin neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple, renklenmeye neden olan materyaller azaltılarak veya değiştirilerek yeni tip materyaller geliştirilmektedir (15). Son yıllarda geliştirilen kullanıma hazır kalsiyum silikat esaslı materyallerin homojen bir yapıda bulunmaları sayesinde kullanım kolaylığı ve zamandan tasarruf sağlama gibi avantajları bulunmaktadır (16). Renklenme dezavantajının önüne geçmek için radyoopaklaştırıcı olarak bizmut oksit yerine zirkonyum oksitin kullanıldığı Biodentine, Bio-C Repair ve Endocem MTA Premixed ile tantalyum oksitin kullanıldığı NeoPutty gibi materyallerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Literatüre bakıldığında Biodentine'in (17–20) dişin renklenmesi üzerine etkisi hakkında birçok çalışma yapılmış

olup, Bio-C Repair (21), Endocem MTA Premixed (22) ve NeoPutty (23) hakkında yalnızca birer çalışmaya ulaşılabilmektedir. Bu çalışmada, estetik açıdan önemli bölgelerde kullanım için en uygun malzemeyi belirlemek amacıyla perforasyon tamirinde kullanılan 4 tip kalsiyum silikat esaslı materyalin dişin renk değişimi üzerine etkisi spektrofotometrik analiz ile karşılaştırıldı.



2. GENEL BİLGİLER

Endodontik tedavinin temel amacı, kron ve kök pulpa dokusu, nekrotik artıklar ve mikroorganizmaların kanaldan temizlenmesi, kök kanallarında doğal anatomik forma göre genişletme yapılması ve oluşturulan boşluğun hermetik bir şekilde doldurulmasıdır (24).

2.1. Endodontik Tedavide Başarısızlık

Endodontik tedavinin başarısı ideal klinik koşullar sağlandığında yaklaşık olarak %86-98'e kadar ulaşabilmektedir (25). Literatürde endodontik başarı kriterleri hakkında net olarak fikir birliği sağlanamamasına rağmen birçok faktör başarısızlık nedeni sayılabilir. Bunlar, nekrotik pulpa dokusu kalıntısı, mikroorganizmaların varlığı, periodontal hastalık veya periradiküler lezyon varlığı, aksesuar kanallar, kök kanalının eksik veya taşkın doldurulması, yetersiz koronal restorasyon, kök kırıkları, prosedürel hatalar ve perforasyonlardır (26,27).

Kök perforasyonu, Amerikan Endodontistler Birliği (AAE) tarafından kök kanal sistemi ile dişin dış yüzeyi arasında mekanik veya patolojik iletişim olarak tanımlanır (28) ve endodontik tedavi ile ilişkili en yaygın başarısızlık sebeplerinden biri olduğu rapor edilmiştir (29). Literatürde perforasyonların görülme sıklığının %3-10 arasında değiştiği gösterilmiştir (3,7,30-32). Kanal tedavili dişlerin ise yaklaşık %2-12' sinde perforasyon meydana gelmektedir (31).

Kvınnslund ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada; maksiller dişlerde, mandibular dişlere kıyasla üç kat daha fazla perforasyon meydana geldiği ve maksiller anterior dişlerdeki bütün perforasyonların bukkal tarafta olduğu belirtilmiştir (7).

2.2. Endodontik Perforasyonların Etyolojisi

Endodontik perforasyonlar, restoratif işlemler veya endodontik tedavi sırasında meydana gelen iyatrojenik hatalarla veya çürük ve rezorpsiyon gibi patolojik durumlarda ortaya çıkabilir (33).

İyatrojenik perforasyonlar,

Pulpa odasının doğal anatomisine dikkat edilmemesi ve anatomik varyasyonların, deneyim ve bilgi eksikliği nedeniyle fark edilememesi sonucu oluşur. Bu tip perforasyonlar, giriş kavitesi açılması, kök kanalının mekanik preparasyonu veya post yuvasının hazırlanması esnasında oluşabilir (4,34). Giriş kavitesi açarken perforasyon meydana gelmesinin sebepleri, genellikle kalsifiye kanallarda kanalların yerini belirlemeye ve kanal

ağızlarını açmaya çalışılırken kanalların yanlış tanımlanması, ileri düzeyde kron-kök açılarındaki varyasyonun doğru tespit edilememesi veya koronal dentinin aşırı uzaklaştırılmasıdır (35). Kök kanal preparasyonu sırasında uygun olmayan kanal eğelerinin kullanımı, aşırı kuvvet uygulanması ve basamak oluşumu sonucu perforasyon meydana gelebilir. İyatrojenik perforasyonların %47'sinin rutin kanal tedavileri sırasında, %53'ünün ise post preparasyonu esnasında olduğu bildirilmiştir (7). Gates-Glidden frezlerinin yanlış kullanımı ve yanlış yönlendirilmesi veya kalın postlar genellikle köklerin orta üçte birlik kısmında iyatrojenik perforasyonlara sebep olabilir ve bunlar nispeten geniş yüzey alanları oluşturduklarından sızdırmazlık açısından sorunlara sebep olabilir (36). Gates-Glidden frezleri ile mandibular molarların distal köklerinde post yuvası hazırlama sonrasında, kalan dentin kalınlığının araştırıldığı bir çalışmada, bu post yuvası hazırlığının önemli bir perforasyon riski taşıdığı görülmüştür (37).

Yaşla beraber pulpa odasında daralma, kök kanallarında sklerozis görülebilir. Aynı zamanda travmaya bağlı veya abrazyon, erozyon, atrizyon, çürük ya da yapılan restorasyonlar gibi etkenler sonucu irritana cevap olarak oluşan kalsifiye dokulardaki artış pulpa dokusunda değişikliklere veya pulpa odasının tamamen kalsifiye olmasına sebep olabilir. Perforasyon riski bu tür vakalarda artmaktadır (1).

Çürük kaynaklı perforasyonlar,

Çürüğün pulpa odasının tabanına kadar ilerlediği durumlarda perforasyon oluşabilir (38).

Rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlar,

Dental rezorpsiyon, klastik aktiviteler sonucu meydana gelen diş sert dokularının kaybı olarak ifade edilmektedir. İnternal ve eksternal olarak sınıflandırılabilir. İnternal rezorpsiyon, dişin pulpa boşluğundan kaynaklanan ve çevre dentin dokusunun kaybıyla sonuçlanan enflamatuvar bir süreçtir. Eksternal rezorpsiyon, genellikle diş travması, ortodontik tedavi, periodontal hastalık veya biyolojik tepkimeler gibi çeşitli faktörler nedeniyle ortaya çıkar. Bunun sonucunda kök yüzeyindeki dentin ve sement yıkımı kök perforasyonlarına yol açabilir (39).

2.3. Endodontik Perforasyonların Teşhisi

Endodontik perforasyonların teşhisinde çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan ilki giriş kavitesi ve kök kanalından gelen kanama kontrolüdür. Koronal kanal girişi veya kanal

preparasyonu esnasında gözlenen kalıcı kanama perforasyonun bir göstergesi olabilir. Kök kanalına yerleştirilen ve özellikle lateral kısmı kanla ıslananmış paper point kök perforasyonunu akla getirir. Bazı sistemik durumlar ve ilaçlar, açık apeksli dişler, akut apikal periodontitis ve internal rezorbsiyon sonucu oluşan kanama ile kök perforasyonu nedeniyle oluşan kanama ayırt edilmelidir (1).

Endodontik perforasyonun teşhisinde kullanılan diğer yöntem radyografidir. Fakat kökün bukkal veya lingualinde bulunan perforasyonların yerini tespit etmek radyografilerle zor olabilir. Bu yüzden kök perforasyonlarını tespit etmek için tercih edilen yöntemlerden bir diğeri elektrikli apex buluculardır (EAL) (40). Ege perforasyon alanına ilerlediğinde, EAL'den ege ucunun periodontal doku ile temasındaki gibi sinyal alınır. Perforasyon alanı bu şekilde lokalize edilebilir (41).

Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi (KIBT), perforasyonların ve rezorptif lezyonların değerlendirmesi için başvurulmuş yöntemlerden biridir. Ancak hastaların iyonize radyasyona maruz kalmaları nedeniyle rutin kullanımı önerilmemektedir (35). Shemesh ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada kök perforasyonunun saptanmasında, KIBT'in intraoral radyografiye göre daha üstün olduğu ancak strip perforasyonları güvenilir bir şekilde tespit etmede yeterli olmadığı belirtilmiştir (42).

Dental operasyon mikroskobu, cerrahi ve ortograd endodontik tedavi sırasında kök perforasyonlarını belirlemede etkili olan başka bir araç olup (43), perforasyon bölgesinin ve kök yüzeyinin dikkatli bir şekilde incelenmesine yardımcı olur (44).

2.4. Endodontik Perforasyonların Sınıflandırılması

Araştırmacılar perforasyonların sınıflandırılmasında farklı faktörleri (zaman, oluşma yeri, prognozu vb) dikkate almışlardır.

AAE perforasyonları yerine göre sınıflandırmıştır (5):

1. Apikal perforasyon: Kökün apikal üçte birinde oluşan perforasyonlar
2. Furkasyon perforasyonu: Dişin furkasyon bölgesinde oluşan perforasyonlar
3. Strip perforasyon: Preparasyon aşamasında kökün lateral duvarının aşırı kaldırılmasıyla meydana gelen perforasyonlar

Clauder ve Shin perforasyonları oluşum zamanına göre sınıflandırmışlardır (45):

1. Endodontik işlemlerden önce meydana gelen perforasyonlar

- Rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlar
- Çürük kaynaklı perforasyonlar
- 2. Endodontik işlemler sırasında meydana gelen perforasyonlar
 - Giriş kavitesi açılması sırasında meydana gelen perforasyonlar
 - Kanal preparasyonu sırasında meydana gelen perforasyonlar
- 3. Endodontik işlemlerden sonra meydana gelen perforasyonlar
 - Post yuvası hazırlanması sırasında meydana gelen perforasyonlar

Nicholls (1962), perforasyonları şu şekilde sınıflandırmıştır (46):

1. Rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlar
2. Travma kaynaklı perforasyonlar
 - a. Kanal dolusundan önce meydana gelen perforasyonlar
 - Pulpa odasının tabanında meydana gelen perforasyonlar
 - Kökte meydana gelen perforasyonlar
 - Kökün koronal 1/3'nde meydana gelen perforasyonlar
 - Kökün orta 1/3'nde meydana gelen perforasyonlar
 - Kökün apikal 1/3'nde meydana gelen perforasyonlar
 - b. Kanal dolusundan sonra meydana gelen perforasyonlar

Fuss ve Trope (1996) perforasyonları prognostik faktörlere göre sınıflandırmışlardır (47).

1. Perforasyonun Oluşma Zamanına Göre:
 - Yeni meydana gelen perforasyonlar: Oluştığı seans, aseptik koşullar altında hemen tedavi edilen perforasyonlar
 - Önceden meydana gelen perforasyonlar: Oluştığı seans tedavisi yapılmadığı için enfekte olan perforasyonlar
2. Perforasyonun Oluşma Yerine Göre
 - Krestal perforasyonlar: epitelyal atışman ve krestal kemik seviyesindedir. Kötü bir prognoza sahiptir

- Koronal perforasyonlar: epitelyal ataşman ve krestal kemiğe göre koronaldedir. İyi bir prognoza sahiptir.

- Apikal perforasyonlar: epitelyal ataşman ve krestal kemiğe göre apikaldedir. İyi bir prognoza sahiptir.

3. Perforasyonun Büyüklüğüne Göre:

- Küçük perforasyonlar: minimal düzeyde doku yıkımına sebep olan, kolay kapatılan perforasyonlardır. Prognozu iyidir.

- Büyük perforasyonlar: Ciddi doku yıkımına sahip uygun tıkanmanın yapılamadığı perforasyonlardır. Prognozu daha kötüdür.

4. Destek Dokularla Olan Bağlantısına Göre:

- Furkasyon perforasyonları: genellikle krestal kemikle kaplı prognozu zayıf perforasyonlardır.

- Lateral perforasyonlar: Kanal aletlerinin aşırı kullanımı sonucu eğimli kök kanallarının iç yüzeyindeki ince dentinin uzaklaştırılmasıyla oluşur. Prognozu furkasyon perforasyonundan daha iyidir (47).

Furkasyon Perforasyonu

Furkasyon perforasyonu, preparasyon sırasında pulpa boşluğu ve periodonsiyum bağlantısının bozulmasına sebep olan yapay açıklıklık oluşturmaktadır (6). Furkasyonda oluşan perforasyonlar, enflamasyonun periodontal dokulara ilerlemesiyle ataşman kaybı, kemik rezorpsiyonu ve periodontal cep oluşumuna sebep olabilmektedir (44). Furkasyon perforasyonları en sık maxiller molar dişlerde görülür. Bununla birlikte maxiller molarlarda furkasyon perforasyonunun prognozu mandibular molarlardan daha iyidir (5).

2.5. İyatrojenik Perforasyonların Önlenmesi

Giriş kavitesi açılırken frezin, dişin uzun aksına paralel konumlandırılması oldukça önem arz eder. Hekim işlem esnasında belirli aralıklarla bu paralelliği değerlendirmelidir. Perforasyonları önlemek için, endodontik tedaviye başlamadan önce alınan radyografilerle pulpa odasının boyutu ve konumu kontrol edilip buna uygun şekilde çalışılmalıdır (1,48).

Ayrıca giriş kavitesi veya post yuvası hazırlanırken loop ya da dental operasyon mikroskobu kullanmak perforasyonların oluşmasını önler (49). Kök kanal preparasyonu esnasında kanalın orijinal şeklini korumak için kanal aletleri kanalın merkezinde tutulmalı,

tüm duvarlardan eşit doku uzaklaştırılmalıdır (50). Bu kurala uyulmasının zor olduğu eğri köklü dişlerde strip perforasyon oluşturmamak için ‘tehlikeli bölge’ olarak isimlendirilen ve dentin kalınlığının ince olduğu, üst molarların mesiobukkal köklerinin distalinde ve alt molarların mesial köklerinin furkal bölgelerinde antikurvatür yöntem ile çalışılmalıdır (51–53).

Ni-Ti eğeler kanalın orijinal formunu korurken, perforasyon ve kanal transportasyon ihtimalini de azaltmaktadır (54). Keskin kurvatürlü kanallarda ince eğelerin düşük torkta kullanıldığı döner alet sistemleri tavsiye edilmektedir (55). Eğimli kanalların temizlenmesinde kullanılabilen ultrasoniklere vertikal yönde hareket verildiğinde perforasyonlar oluşabilir. Bu komplikasyonun önüne geçmek için lateral yönde hareketlerle kullanılması önerilir (56).

Kanalların preparasyonu sırasında özellikle eğri kanallarda basamak oluşumu ve olası perforasyon görülebilir. Bundan kaçınmak için rehber yol hazırlığı, kanal aletlerine ön eğim verilmesi, kanal aletlerinin sırasıyla kullanılması ve aşırı zorlanmaması ve preparasyon sırasında bol irrigasyon yapmak yapmak mutlaka uyulması gereken kurallardır (57).

2.6. Endodontik Perforasyonların Prognozu

Perforasyonların prognozunu etkileyen faktörler, perforasyonun lokalizasyonu, perforasyonun büyüklüğü, perforasyon kapatılana kadar geçen zaman, periodontal durum, hekimin manipülasyonu ve görüşü, hastanın oral hijyeni ve kooperasyonu ve kullanılan tamir materyalleridir (1,2,58–60).

2.6.1. Perforasyon Alanının Lokalizasyonu

Tedavinin başarısında rol oynayan önemli faktörlerden biri perforasyon alanının lokalizasyonudur (61). Sinai (1977), kökün apikal veya orta üçte birlik bölümündeki bir perforasyonun prognozunun daha iyi, kökün koronal üçte birinde veya pulpa odasının tabanından furkasyon bölgesine açılan perforasyonların prognozunun daha kötü olabileceğini belirtmiştir (62).

Alveoler kret seviyesi veya daha koronalinde oluşan perforasyonların tamirinde başarı oranı oldukça düşüktür. Bunun sebebi perforasyon bölgesinin periodontal cep formasyonuna ve epitelyal migrasyona açık hale gelmesidir (63). Gingival sulkusa yakın olan perforasyon alanları sulkular epitelin defekt içine doğru büyümesine ve/veya daimî inflamasyona neden olabilir (64).

2.6.2. Perforasyonun Büyüklüğü

Sızdırmaz bir tıkama sağlanması için perforasyonun büyüklüğü önemlidir. Küçük alandaki perforasyonların hızlı bir şekilde, enfekte olmadan kapatılma ihtimali yüksektir fakat boyut büyüdükçe optimum tıkama güçleşir ve periodonsuyumda irritasyon oluşma ihtimali artar (1).

Örs ve ark.'nın furkasyon perforasyonu boyutunun stres dağılımına etkisini değerlendirdikleri çalışmada büyük perforasyonların, tedavi edilen bölgede daha yüksek stres konsantrasyonlarına neden olduğu, bunun diş yapısını zayıflattığı ve kırılma olasılığını artırdığı belirtilmiştir (65).

Himel ve ark.'nın yaptığı bir deneyde, köpeklerin molar ve premolar dişleri üzerinde eşit ebatta perforasyonlar oluşturulmuş ve dişin boyutundaki artışla doğru orantılı olarak tedavi başarısında artış görülmüştür (66).

2.6.3. Tedavi Edilene Kadar Geçen Zaman

Yapılan birçok deney çalışmasında, tedavinin sonucunu belirleyen en kritik faktörün perforasyon alanının hemen kapatılması olduğu gösterilmiştir (59,67,68). Bunun aksine, Benenati ve ark. (69) ise perforasyon oluştuktan sonra kapatılana kadar geçen zamanın prognozu etkilemediğini belirtmiştir.

Perforasyon alanının en kısa sürede kapatılması ile ataşman kaybı engellenebilir (53). Bu sayede çevre dokularda harabiyet ve enfeksiyon olasılığının azaldığı görülmüştür (60). Perforasyonların derhal kapatılması ile kanama ve kontaminasyon gibi tedaviyi olumsuz etkileyecek faktörlerin de önüne geçilebilmektedir (70).

Kanal şekillendirmesi tamamlanmamış bir kanalda perforasyon oluştuğunda perfore bölgenin tamiri kanal tedavisinden önce yapılmalıdır. Kök kanalları doldurulmadan önce bu bölgedeki bir perforasyonun kapatılması, travmatize bölgeyi izole etmek, iyileşmeyi hızlandırmak ve daha fazla irritasyonu önlemek için önemlidir. Perfore bölge kapatılmadığı takdirde hemostaz sağlanamaz, kanaldaki debrisin ve irriganların bölgeye ulaşması sonucu enfeksiyon ihtimali artar (7).

2.6.4. Periodontal Durum

Perforasyon oluştuğunda periodontal ve cep muayenesi özenli bir biçimde yapılmalıdır. Bu periodontal muayeneler sonucunda cerrahi tedavi planlamasına ihtiyaç

duyulabilir. Yapılan çalışmalarda diş eti oluşuna yakın olan furkasyon perforasyonlarının zayıf prognoza sahip olduğu belirtilmiştir (53,71).

2.6.5. Hekimin Manipülasyonu ve Görüşü

Komplikasyonları engellemek için hekimin diş anatomisi, pulpa odasının lokalizasyonu ve boyutu hakkında bilgi ve yeteneğinin yeterli olması önemlidir (72).

Perfore bölgenin görüşü, o alana ulaşım ve manipülasyonu sağlamada büyük önem arz eder. Kafa lambaları, büyüteçler, transillüminasyon gereçleri, looplar ve dental operasyon mikroskobu yeterli görüşü sağlamak için kullanılabilir (73).

2.6.6. Hastanın Oral Hijyeni ve Kooperasyonu

Perforasyon oluştuktan sonra bütün faktörler göz önünde bulundurularak, cerrahi veya cerrahi olmayan tedavi ihtiyacına göre hasta bilgilendirilip motive edilmelidir. Hasta motivasyonunun sağlanması ve iş birliği içinde olunması, hastanın oral hijyenini ve tedavi isteğini artırarak tedavinin başarısını etkiler (73).

2.6.7. Kullanılan Tamir Materyali

Tedavinin başarıya ulaşması için perfore bölgenin biyouyumlu bir malzeme ile en kısa zamanda tamiri yapılmalıdır (32). Tamir için kullanılacak malzeme perfore alanı sızdırmaz bir şekilde kapatabilmeli, bakteriyel geçişi engelleyebilmeli, nemden etkilenmemeli, rezorbe olmamalı ve boyutsal stabilitesi olmalıdır (8).

2.7. Endodontik Perforasyonların Tamiri

2.7.1. Perforasyon Tamirinde Amaç

Perforasyon tamirinde amaç, perfore alandaki mikroorganizmaları uzaklaştırıp, perfore alanın hermetik şekilde biyouyumlu bir malzeme kullanılarak kapatılmasıdır (74).

Perforasyon tamirinde planlama yapılırken bazı sorulara cevap verilmelidir:

- Mikroorganizmalar kök kanalı ve perfore bölgeden etkin bir şekilde uzaklaştırılabilir mi?
- Perfore bölgenin ve ekstradiküler alanın enfekte olmuş materyalle (kök kanal dolgusu vs) kontaminasyonu engellenebilir mi?
- Perforasyon periodontal dokulara açılıyorsa periodontal cep ile oral kavite bağlantısı önlenir mi?

Bu sorulardan birine olumsuz cevap verildiğinde periodontal dokular iyileşmeyecek ve yüksek ihtimalle tedavi başarısız olacaktır. Bu sebeple mikroorganizmaların uzaklaştırılması, tedavinin başarısındaki ana hedeftir (75).

2.7.2. Geçen Zamana Göre Perforasyon Tamir Yaklaşımı

2.7.2.1. Perforasyon Tamirinde Perfore Alana İlk Müdahale

Öncelikle perfore alandaki kanama mutlaka durdurularak olabildiğince kısa zamanda tamir edilmelidir. Kanamanın durdurulamadığı nadir durumlarda, akışkan kıvamda kalsiyum hidroksit patı bölgeye adapte edilmeli ve kanama durdurulduğunda derhal kapatılmalıdır (74).

2.7.2.2. Yeni Oluşan Perforasyonların Tamiri

Öncelikle perfore bölgede yabancı cisim (örneğin; guta-perka, siman kalıntısı) olmadığı kontrol edilmelidir. Daha sonra şekillendirme ve medikament uygulamasının ardından kanal guta-perka ile kapatılarak kanalların tamir materyali ile tıkanmayacağından emin olunmalıdır. Tamir materyali sertleştikten sonra guta-perka uzaklaştırılarak final şekillendirme ve kanal dolumu yapılmalıdır (74).

2.7.2.3. Önceden Oluşmuş Perforasyonların Tamiri

Önceden oluşmuş perforasyonlara genellikle enfeksiyon eşlik eder. Granülasyon dokusu sıklıkla yara bölgesine doğru büyür. Eğer perforasyon alanında hiperplastik granülasyon dokusu mevcut ise küretle dikkatlice temizlenip kanama kontrol altına alındıktan sonra tamir edilmelidir. Mümkün olan maksimum antimikrobiyal etkinliğin ardından kök yüzeyi konturlarının restorasyonu yapılmalıdır (76).

2.7.3. Endodontik Perforasyonların Tamir Yöntemleri

Perforasyon tedavisindeki seçenekler perforasyonun onarımı veya dişin çekimidir. Perforasyonun kanal tedavisinin tamamlanmasına engel olması ve dişin restore edilemeyecek durumda olması başlıca çekim endikasyonunu oluşturmaktadır.

Perforasyonun tamiri iki şekilde yapılabilir: 1- Ortograd, 2- Cerrahi yaklaşım (67)

2.7.3.1. Ortograd Tedavi Yaklaşımı

Perfore bölgenin konvansiyonel olarak bir onarım malzemesi ile tamir edilmesidir (77).

2.7.3.1.1. Lateral Perforasyonlar

2.7.3.1.1.1. Koronal Üçlüde Bulunan Lateral Perforasyonlar

Perfore alan alveolar bölgenin üzerinde kron bölgesindeyse; restoratif bir materyal (cam iyonomer siman, kompozit rezin) ile kapatılarak ve/veya sonrasında kronlanarak onarılabilir (59,60).

2.7.3.1.1.2. Krestal Perforasyonlar

Krestal kök perforasyonları epitelyal ataşmana komşuluğu ve gingival sulkusla bağlantılı olması nedeniyle tedavisi en zor perforasyonlardandır. Genellikle tedavisinde cerrahi yöntemler kullanılır. Ayrıca ortodontik ekstrüzyon ile dişin perforasyon bölgesi yükseltilerek ortograd yöntemle de tedavi edilebilir (78). Bu yöntemin avantajı periodonsiyuma herhangi bir müdahale olmamasıdır. Ancak bu tedavi yönteminin zamana ihtiyaç duyması, karmaşık olması ve dişin stabilizasyon zorluğu gibi dezavantajları vardır (68).

2.7.3.1.1.3. Apikal Üçlüde Bulunan Lateral Perforasyonlar

Bu perforasyonlar, genellikle preparasyon ve dezenfeksiyon esnasında meydana gelmektedir. Mutlaka öncelik ortograd yöntem ile tedavidir ancak bu tedavinin manüpilasyonu zordur. Tedavide ana kanal bulunup kök açıklığı (patency) elde edilmelidir. Kanal preparasyonu yapıldıktan sonra perfore bölge biyoseramik bir materyal ile kapatılmalıdır. Basamak veya tıkanma meydana gelirse retrograd cerrahi ihtiyacı doğar (79).

Apikal bölgede yeni oluşmuş küçük perforasyonlar tek seansta kanal patı ve gutaperka ile kapatılabilir. Apikalde önceden oluşmuş küçük perforasyonların tedavisi, geçici medikament $[Ca(OH)_2]$ gibi uygulandıktan sonra ileri seanslarda ana kanalın doldurulmasıyla tamamlanır. Apikalde önceden veya yeni meydana gelen büyük perforasyonlarda ise uzun dönem $Ca(OH)_2$ uygulaması önerilir. $Ca(OH)_2$ kök ucunda sert doku bariyeri meydana gelene kadar uygulanır ve sonrasında kanal dolumu yapılır. Apikal periodontitisin geliştiği ve ana kanala ulaşılamayan vakalarda apikal rezeksiyon endikedir (76).

2.7.3.1.2. Furkasyon Perforasyonları

Furkasyon perforasyonları çoğunlukla büyük yaralanma alanına sahip olduğu ve sıklıkla sulkusla bağlantılı olduğu için tamiri oldukça zordur (7). Perforasyon alanı küçükse bu alan hızlı sertleşen bir materyal ile sızdırmaz bir şekilde tamir edildiğinde prognoz iyidir.

Buna karşılık büyük perfore alanlara onarım malzemesi uygulanırken manüpilasyonu zordur ve periodontal ligamente (PDL) yayılma ihtimali yüksektir (80). Bu, periodonsiyumda hasara, kemik bütünlüğünün bozulmasına, perfore bölgenin kontaminasyonuna ve hatta diş kaybına neden olabilir (6).

Furkasyon bölgesindeki geniş perforasyonlarda, internal matris görevi görmesi amacıyla çeşitli malzemeler (bkz 2.7.4.2) uygulandıktan sonra tamir materyali güvenli olarak yerleştirilir. İnternal matris yaklaşımı olarak isimlendirilen bu yöntem hemostaz sağlanmasına yardımcı olduğundan daha sızdırmaz bir tıkama elde edilir (81).

Furkasyon perforasyonlarının tedavisinde cerrahi teknikler uygulandığında cep oluşumu meydana gelebileceğinden ortograd tedaviler tavsiye edilmektedir (71).

2.7.3.2. Cerrahi Yaklaşım

Perforasyon tedavisinde cerrahi yaklaşım ortograd tekniklerin uygun olmadığı durumlarda önerilmektedir. Cerrahi tekniklerde direkt perfore bölgeye ulaşarak tıkama yapılabilir ayrıca kök amputasyonu, kasti replantasyon, biküspidizasyon veya hemiseksiyon da uygulanabilir (59). Cerrahi tedavinin amacı, bakteri ve yan ürünlerinin kanala girmesini önleyecek yeterli tıkanmanın sağlanmasıdır (44,82).

Furkasyondaki geniş perforasyonlara hemiseksiyon, kök amputasyonu veya biküspidizasyon yapılabilir. Furkasyonun kemik seviyesi ile olan ilişkisi, kökün furkasyondan sonraki açısı ve uzunluğu göz önüne alınarak hangi tekniğin seçileceği değerlendirilir. Biküspidizasyon ve hemiseksiyon kemik desteği yeterli ve anatomik yapısı normal olan dişlere, kök amputasyonu ise kemik desteği yetersiz dişlere uygulanır (59). Reimplantasyon işlemi ise cerrahi uygulama ile ulaşamayan ve perforasyonun kökün ortasında bulunduğu dişlere nadir olarak uygulanabilir. Bu yöntemde diş atravmatik şekilde çekilir, perfore alan kapatılır ve alveoler sokete reimplante edilir (1).

Apikaldeki perforasyonlarda kron-kök oranı yetersizse diş çekilir, yeterli ise kök rezeksiyonu yapılır (83).

Başarılı bir perforasyon tamiri sonucu,

- 1- Kalıcı enflamasyon veya periodontal ataşman kaybı olmamalı
- 2- Periodontal doku parçalanması olması durumunda doku ataşmanı yeniden sağlanmalı

2.7.4. Perforasyon Tamirinde Kullanılan Materyaller

2.7.4.1. Hemostatik Materyaller

Perforasyon tamirinde $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kanamanın durdurulması amacıyla kullanılabilir. Perforasyon alanına direkt temas edecek şekilde 4-5 dakika uygulanır. Ardından sodyum hipoklorit (NaOCl) ile alandan uzaklaştırılır. Ferrik sülfat gibi hemostatiklerin bıraktığı koagülasyon dokusu bakteriyel gelişime sebep olabilir ve restorasyonla diş arasında oluşan bağlantıyı bozabilir (84).

2.7.4.2. İnternal Matris Materyalleri

İnternal matris materyalleri, tamir materyallerinin uygun yerleştirilmesini sağlamak için kuru bir alan oluşturmaktadır. Örnek olarak kollajen, kalsiyum sülfat, PRF, PRP ve IRoot BP verilebilir.

2.7.4.3. Tamir Materyalleri

İdeal bir tamir materyali aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (85,86):

- Boyutsal stabilitesi iyi olmalı
- Dentine bağlantısı iyi olmalı
- Periradiküler ve oral dokular arasında akışkanlık göstermemeli
- Biyouyumlu olmalı
- Zamanla rezorbe olmamalı
- Sertleşme süresi kısa olmalı
- Osteogenezi ve sementogenezi uyarmalı
- Radyopak olmalı
- Yeterli çalışma zamanı olmalı
- Manipülasyonu kolay olmalı
- Renklenmeye neden olmamalı
- Okluzal yükler altında dayanıklı olmalı
- Antibakteriyel olmalı
- Toksik olmamalıdır.

Ancak, bütün bu özellikleri karşılayan ideal bir tamir materyali bulunmamaktadır (1,87,88).

Perforasyon tamiri için günümüze kadar çok çeşitli tamir materyalleri kullanılmıştır. Bunlar (9,10):

- Paris alçısı
- Amalgam
- Çinko oksit ojenol (ZOE)
- Süper EBA (Süper Etoksi Benzoik Asit)
- IRM (Intermediate Restorative Material)
- Cavit
- Guta-perka
- Kompozit rezin
- Cam iyonomer siman
- Fosfat siman
- Ca(OH)₂
- MTA
- Biyoseramikler

MTA piyasaya sürülene kadar paris alçısı, amalgam, çinko oksit ojenol, cam iyonomer siman ve Cavit gibi materyaller ile yapılan çalışmalarda, perfore alanda iyileşmenin tam olarak gerçekleşmediği görülmüştür (10,60). Perforasyon tedavilerinin başarısı MTA'nın kullanılmaya başlanmasıyla beraber oldukça yükselmiştir (89).

2.7.4.3.1. Amalgam

Amalgam günümüze kadar hem restoratif tedavide hem de endodontik tedavide meydana gelen perforasyonların kapatılması için yaygın olarak kullanılmıştır (90). Ancak yapılan çalışmalarda amalgamların sitotoksik etkileri gösterilmiştir (91,92). Yapılan başka bir çalışmada furkasyon perforasyonunun tedavisinde amalgamın, Ca(OH)₂ ve Cavit'e göre sızdırmazlık özelliğinin daha üstün olduğu bulunmuştur (93). Amalgam, radyoopasitesinin yüksek olması, uygulama kolaylığı ve rezorbe olmaması sebebiyle tercih edilirken civaya bağlı sitotoksitesinin fazla olması, başlangıç marjinal uyumunun iyi olmaması ve çevre dokuları renklendirmesi sebebiyle tercih edilmemektedir (94).

2.7.4.3.2. Süper EBA (Süper Etoksi Benzoik Asit)

Süper EBA, çinko oksit ojenol simanın alümina ile güçlendirilmiş formudur. Süper EBA'nın avantajları, uygulama kolaylığı, biyolojik uyumunun iyi olması, yüksek adeziv özelliği, yüksek basınç ve çekme dayanımıdır (95). Weldon ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada Super EBA, MTA'ya göre ilk 24 saatte belirgin ölçüde daha az mikrosızıntı göstermiştir (96).

2.7.4.3.3. IRM (Intermediate Restorative Material)

IRM, çinko oksit ojenol simanın polimetil metakrilat rezinle güçlendirilmiş formudur (97). IRM çoğunlukla furkasyon perforasyonu tamirinde veya retrograd dolgu materyali olarak kullanılır (98,99). IRM ve MTA'nın perforasyon tamirinde kullanıldığı bir çalışmada benzer sızdırmazlık özelliği gösterdiği bulunmuştur (100). Mannocci ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada ise lateral perforasyonların tamirinde IRM'nin amalgamdan belirgin ölçüde daha az mikrosızıntıya sebep olduğu bulunmuştur (101).

2.7.4.3.4. Cam İyonomer Siman

Cam iyonomer siman, hidroksiapatite (HA) adezyonu nedeniyle endodontide birçok alanda kullanılmaktadır. Toz ve likitten oluşmaktadır. Toz kısmı alümina, silika, alüminyum florür, sodyum florür, kalsiyum florür ve alüminyum fosfattan oluşurken likit kısmı tartarik asit, poliakrilik asit ve sudan oluşur. Yapılan bir çalışmada, ışıkla sertleşen cam iyonomer simanın perforasyon tamir materyali olarak kullanıldığında, amalgam veya Cavit'e göre daha iyi bir sızdırmazlık özelliği olduğu gösterilmiştir (90).

Nazeer ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada cam iyonomer siman, MTA, amalgam ve çinko oksit ojenolün sızdırmazlık yetenekleri karşılaştırılmış MTA diğer materyallerden üstün sızdırmazlık göstermiştir (102).

2.7.4.3.5. MTA

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) ilk olarak Mahmoud Torabinejad tarafından 1993'te retrograd dolgu malzemesi olarak tanıtılmıştır (103–105). MTA, portland simanı (%75), bizmut oksit (% 20) ve alçı taşı (% 5) olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Portland simanı ilk olarak 1878'de diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır (106). Roma zamanlarında, hidrofilik sertleşebilen siman, kireç ve Neapolis yakınlarında bulunan bir volkanik ürün olan pozzolan toprağının öğütülerek bir araya getirilmesiyle elde edilmiştir. 19. yüzyılın sonlarında ABD'de inşa edilen ilk büyük köprü, Portland-Pozzolanik çimentolardan yapılmıştır. Modern Portland simanı kireç, silika, alümina ve demir oksit içeren maddelerin karıştırılması ve karışımın neredeyse eriyene kadar ısıtılmasıyla yapılır. Pozzolana, hala birçok Portland simanının ana bileşenidir (107). Portland simanının içeriğinde dikalsiyumsilikat, trikalsiyumsilikat, tetrakalsiyum alüminoferrit ve trikalsiyum alüminat bulunmaktadır. Trikalsiyum silikat ise %68'ini meydana getirmektedir. MTA yapısında eser miktarda kalsiyum oksit, silisyum dioksit, sodyum sülfat ve potasyum sülfat

bulundurmaktadır (108) ve bunlar fizikokimyasal özelliklerin geliştirilmesinden sorumludur. Alçı taşı ise, materyale sertleşme süresinin ayarlanması için eklenir (109). Ayrıca MTA'nın partikül yapısı portland simanına göre daha uniform ve küçük yapıda olup, daha az ağır metal iyonları içerir. Tükürük ve kan içeren ağız ortamında nem varlığının apatit oluşumunu aktive edip sertleşme reaksiyonuna izin vermesi MTA ve Portland simanı kullanımını önemli kılmaktadır (110).

MTA'nın gri ve beyaz olmak üzere 2 formu bulunmaktadır. Gri MTA (GMTA) ProRoot tarafından 1998'de piyasaya sürülmüş ve beyaz MTA (WMTA)'nın üretilmesine kadar (2002) piyasada tek olmuştur. WMTA'da farklı olarak daha küçük partikül boyutu ve daha düşük oranda tetrakalsiyum aluminaferit mevcuttur (111).

MTA, piyasada 1 gramlık toz paket ve likiti ile mevcuttur (112). Toz ve likit arasında tepkime ilk gerçekleştiğinde başlangıç pH'ı 10,2 iken, 3 saatin ardından 12,5'e yükseldiği görülmüştür (113,114). MTA'nın sertleşme süresi ise ortalama 165 dakikadır (114). MTA'nın sertleşmesi, yapısındaki hidrofilik partiküllerin ortamdaki suyu emmesiyle gerçekleştiğinden ortam nemli olmalıdır (115–117). Sertleşme tepkimesi, dikalsiyum silikat ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) ve trikalsiyum silikatın ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) hidrasyon reaksiyonudur; ayrıca materyalin dayanıklılık özelliğinin gelişmesinden dikalsiyum silikatın görevli olduğu bilinmektedir (118). Su ile MTA tozu, tepkimeye girdiğinde ilk olarak kalsiyum silikat hidrat ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oluşur (119), ardından zayıf kristalize ve poröz yapıya katı bir jel haline gelir (120). Kalsiyum (Ca^{+2}) çökeltisinin oluşması sebebiyle kalsiyum silikat oranı düşer. MTA'nın yüksek alkaniteye sahip olmasının sebebinin, hidrasyon reaksiyonu sonucu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ artışı olabileceği savunulmaktadır (120). $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in dokudaki karbondioksitle reaksiyona girerek kalsiyum karbonatı meydana getirmesi, MTA'nın sert doku oluşumunu uyarır ve formasyon mekanizmasını olumlu etkiler. Ca^{+2} iyonları, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tarafından serbest bırakılır, MTA'nın biyoaktif ve biyouyumlu özelliğinden sorumludur (121).

Çalışmalarda, Ca^{+2} iyon salınımının etkisine bakılmış, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve diğer hidrasyon ürünlerinin çözünmesi sebebiyle yüzey porözitesinin arttığı görülmüştür. Yüzeyel Ca^{+2} konsantrasyonu azalırken, alüminyum ve silisyum ile yer değiştirdiği, buna bağlı olarak da MTA'nın 'kendi kendini tamir etme' kabiliyetine sahip olduğu görülmüştür (122,123).

Birçok biyolojik süreçte MTA'nın biyouyumluluğu kanıtlanmıştır. Bunlar, minimal pulpal irritasyon ve toksisite, hücresel adherens ve büyüme, hafif periapikal enflamasyon, interlökin (IL-6, IL-8) yapımında artış, osteokalsin ve alkalik fosfataz seviyelerinde artış,

periodontal ligament ataşmanı oluşumu, dentin köprüsü formasyonu ve sement artışıdır (124–127).

MTA biyouyumlu olması ve örtücülüğünün iyi olması sebebiyle, vital pulpa tedavilerinde, rejeneratif tedavilerde, retrograd dolgu ve tamir malzemesi olarak kullanılır (128). Ayrıca diş sert dokuları ile MTA arayüzünde HA tabakası oluşmaktadır. Bu tabaka materyalin üzerine ilerleyerek poroziteleri kapatır, bu durumun hem örtücülük hem de mekanik tutunmada etkili olduğu belirtilmiştir (108,129).

Yapılan bir çalışmada, MTA retrograd dolgu malzemesi olarak kullanıldığında geleneksel cam iyonomer siman, amalgam ve ZOE preparatlarından daha az mikrosızıntı gösterdiği bulunmuştur (130). MTA'nın kök ucunu hermetik bir biçimde doldurması için en az 3 mm'lik bir kalınlıkta uygulanması gerekir (131).

Furkasyon perforasyon onarımında kullanılan gri ve beyaz MTA'nın mikrosızıntı özelliği hem retrograd hem de ortograd olarak kıyaslanmış, materyaller arasında hiçbir fark bulunmamıştır. (132).

MTA ve Ca(OH)_2 ile direkt kuafaj yapılan bir çalışmada, MTA uygulamasında pulpada devamlı ve kalın bir dentin köprüsü, daha az enflamatuar cevap izlenirken, Ca(OH)_2 uygulamasında örneklerin yalnızca 1/3'ünde dentin köprüsü izlenmiştir ve tamamında önemli doku iltihabına rastlanmıştır (133). Diğer bir çalışmada MTA ile direkt kuafaj uygulandığında 21 günde sağlam fibrodentinal matriks ile belirgin reparatif dentin oluşumu gözlemlenmiştir (134). WMTA ve GMTA materyallerinin kullanıldığı başka bir çalışmada, 14 günde hafif doku enflamasyonu ile tam kalsifiye köprü oluşumu gözlemlenmiştir (135).

Chacko ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada MTA kristalleri ve pulpal dokular arasında 14 günde dentin içermeyen köprü oluşumu gözlenmiştir ayrıca pulpotomide kullanılan Ca(OH)_2 ve MTA'nın histolojik pulpal cevabı kıyaslanmış, MTA'nın uygulandıktan 1 ve 2 ay sonra Ca(OH)_2 'a göre daha hafif doku enflamasyonu ile sürekli ve daha homojen bir dentin köprüsü meydana getirdiği gösterilmiştir (136).

Rezeke edilmiş kök yüzeylerinin GMTA ve guta-perka ile kapatıldığı bir çalışmada GMTA kullanılan grupta PDL hücre ataşmanları gözlemlenirken, guta-perka grubunda herhangi bir oluşum görülmemiştir (137) Başka bir çalışmada PDL fibroblastlarının metabolik aktivitesi incelenmiş, MTA grubunda kompozit grubuna göre önemli ölçüde proliferasyon gözlenmiştir (138).

Torabinejad ve ark. MTA'nın pulpa kaplaması, apikal plug veya perforasyon tamiri gibi tedavilerde kullanıldığı zaman sertleşmesi için üzerine nemli bir pamuk koymayı önermiştir (139). Literatürde, ilk 24 saat süresince MTA üzerine nemli pamuk peletin konulmasının, eğilme dayanımını arttırdığı, 72 saat sonra ise azalttığı görülmüştür. Mevcut veriler ışığında, MTA'nın basınç dayanımı, bağlanma dayanımı ve eğilme dayanımı gibi optimal fiziksel özelliklerin, yerleştirildiği bölgedeki yeterli nem mevcudiyetinde ortaya çıktığı saptanmıştır (128). Başka bir çalışmada MTA'nın nem varlığında basınç dayanımının 21 güne kadar arttığı bildirilmiştir (104).

MTA tozunun farklı likit ve katkı maddeleri ile reaksiyonunun, basınç dayanımı ve sertleşme süresi üzerinde önemli olabileceği bildirilmiştir (140). NaOCl jelleri, farklı konsantrasyonlarda kalsiyum klorür çözeltisi veya su bazlı bir kayganlaştırıcı sertleşme süresini kısaltmıştır. MTA'nın %2'lik lidokain anestezi solusyon ve salin ile hazırlanması sertleşme zamanını uzatırken basınç dayanımına etkisi olmamıştır. MTA klorheksidin glukonat jeli ile hazırlandığında ise sertleşme tamamlanmamıştır (140).

MTA'nın çözünürlüğü konusunda birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışmaların çoğunda MTA'nın çözünmediği ya da çözünürlüğünün çok az olduğu belirtilmiş olmasına karşın uzun vadede çözünürlüğünün arttığı gösterilmiştir (141–143). MTA'nın hidrofilik özelliği ve çözünürlüğünün düşük olmasından dolayı nemden etkilenmediği aksine nem varlığının aktivatör gibi görev yaptığı görülmektedir (114). MTA'nın porözitesinin ve çözünürlüğünün materyaldeki su/toz oranındaki artışa bağlı olarak arttığı, buna karşılık bizmut oksit ilavesiyle çözünürlüğünün azaldığı belirtilmiştir (143).

MTA antifungal ve antibakteriyel özelliklere sahiptir. WMTA ile GMTA'nın *Streptococcus sanguis* ve *Enterococcus faecalis* 'e karşı antibakteriyel etkilerinin incelendiği bir çalışmada; GMTA'nın tamamen bakteri çoğalmasını önlediği, WMTA'nın ise *E. Faecalis* 'e karşı daha az antibakteriyel özellik gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada GMTA'nın WMTA'ya göre *Candida albicans* üzerinde daha etkili olduğu bulunmuştur (144).

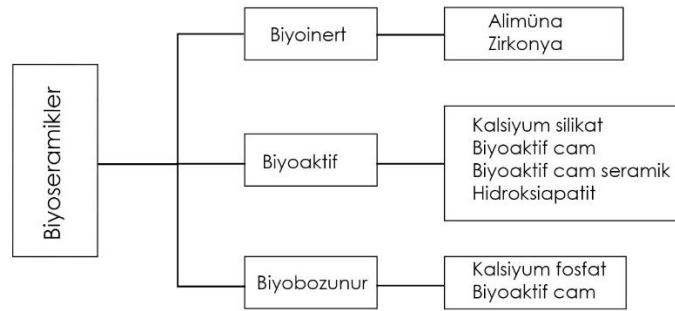
MTA'nın radyoopasitesinin 7.17 mm kalınlığındaki alüminyumun radyoopasitesine benzer olduğu görülmüştür (114). Radyoopasiteleri karşılaştıran bir çalışmada, MTA'nın dentin (3-4 mm Al) ve guta-perkadan (6.1 mm Al) daha radyopak olduğu tespit edilmiştir (145).

2.8. Biyoseramik Esaslı Materyaller

Biyomateriyaller, canlı dokularla temas halinde işlevlerini yerine getirebilen implante edilebilir materyallerdir. Biyomateriyal ve doku mühendisliği biliminin amacı, zarar görmüş dokuları değiştirmek için insan vücuduna implante edilebilir materyaller geliştirmektir (146).

Biyoseramikler, biyomateriyallerin bir alt grubudur ve biyouyumludur (147). Biyoaktif camlar ve cam seramikler, çeşitli ticari isimler altında diş hekimliğinde kullanılmaktadır (148).

Tablo 1. Biyoseramiklerin sınıflandırılması (149)



Biyoseramiklerin sınıflandırılması aşağıdaki gibidir (Tablo 1) (149):

Biyoinert: bu materyaller, vücut içinde minimum reaksiyona neden olur ve genellikle biyolojik dokularla etkileşime girmez. İmplant malzemelerinde, protezlerde ve diğer medikal cihazlarda kullanılır.

Biyoaktif: bu materyaller vücut dokularıyla etkileşime geçebilir, hücrelerin büyümesini teşvik edebilir veya doku rejenerasyonunu uyarabilir. Kök ucu dolgu malzemesi olarak kullanılabilir.

Biyobozunur: bu materyaller vücut içinde biyolojik yollarla parçalanabilir, emilir ve metabolize edilebilir. Cerrahi operasyonlarda, implantasyonlarda veya doku mühendisliği alanında kullanılabilir.

2.8.1. Endodontide Biyoseramiklerin Kullanımı

Endodontide pratik uygulamalarda biyoseramik materyallerin kullanılmasından sonra, özellikle onarım materyali olarak MTA kimyasal, fiziksel, biyolojik özellikleri değerlendirildiğinde altın standart olarak görülmüştür (128,150). Fakat manipülasyon zorluğu, uzun sertleşme süresi ve renk değişikliği gibi dezavantajlarından dolayı son dönemlerde ideal materyali bulma hedefiyle benzer in-vivo, in-vitro özellikleri olan yeni biyoseramik bazlı malzemeler piyasaya sürülmektedir.

Endodonti alanında kullanılmaya başlanan biyoaktif-biyoseramik materyaller, doku tamirini ve rejenerasyonu destekleyen, diş dokusuyla kimyasal bağ yapan, osteokondüktif özellik gösteren, üstün kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip biyouyumlu onarım materyalleridir. Endodontide biyoseramik bazlı materyaller, direkt kuafaj, apeksifikasyon, apeksogenezis ve rejeneratif tedavi prosedürlerinin yanı sıra, perforasyon onarım, kök kanal dolgu ve retrograd dolgu materyali olarak kullanılmaktadır (151). Biyoseramik malzemelerin düşük yüzey gerilimi ve yüksek hidrofilik özelliklere sahip olmasından dolayı sızdırmazlık yeteneği ve dentine olan adaptasyonu oldukça iyidir (148,152).

Endodontide biyoseramik esaslı materyaller;

- Kalsiyum silikat içerikli biyoseramikler
- Deneysel kalsiyum-alümina silikat içerikli biyoseramikler
- Kalsiyum fosfat içerikli biyoseramikler
- Kalsiyum fosfat ve kalsiyum silikat karışımı olarak sınıflandırılırlar (114,149,152–156)

1- Kalsiyum silikat esaslı materyaller:

- Portland simanı
- ProRoot MTA (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
- White ProRoot MTA
- MTA-Angelus (Solucos Odontologicas, Londrina, Brazil)
- NeoMTA Plus (Avalon Biomed Inc. Bradenton, USA)
- MTA Plus (Prevest DenPro Limited, Jammu, India)
- Protooth™ (Dentosolve, Aarhus, Denmark)
- Endocem (Maruchi, Wonju, Korea)
- Endo CPM Sealer (EGO SRL, Buenos Aires, Argentina)
- Retro MTA, Ortho MTA (BioMTA, Seoul, Korea)

- MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brazil)
- Biodentine (Septodont, SaintMaur-des-Fossés Cedex, France)
- BioRoot RCS (Septodont, St. Maur-des-Fossés, France)
- TechBiosealer (Profdent, Kielce, Poland)
- 2- Deneyisel kalsiyum-alümina silikatlar:
 - Capasio (Primus Consulting, Bradenton, FL, USA)
 - EndoBinder (Binderware, São Carlos, SP, Brazil)
 - Quick-Set (Primus Consulting, Bradenton, FL, USA)
 - GenereX A (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK, USA)
- 3- Kalsiyum fosfat içerikli biyoseramikler:
 - Bioglass
- 4- Kalsiyum silikat ile kalsiyum fosfat karışımı:
 - EndoSequence BC Sealer (Brasseler, Savannah, GA, USA)
 - BioAggregate (Innovative Bioceramics Inc., Vancouver, Canada)
 - Total Fill BC(FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Switzerland)
 - Ceramicrete (Argonne National Lab, Illinois, USA)
 - iRoot BP, iRoot BP Plus, iRoot FS (Innovative Bioceramics Inc., Vancouver, Canada)

2.8.1.1. Kalsiyum Silikat İçerikli Biyoseramikler

Diş hekimliğinde kalsiyum silikat simanların kullanımı ilk olarak 1800'lerin sonlarında Almanya'da bildirilmiştir (157). Mucidi tarafından Mineral Trioxide Aggregate (MTA) (158) olarak adlandırılan bu malzeme, 1997 yılında ProRoot® MTA adı altında patentli bileşimin koyu gri tozu olarak piyasaya sürüldü. Daha sonra, diş çevre dokusunda veya dişin krun kısmında koyu renkli kalsiyum silikat simanın görünmemesi için beyaz kalsiyum silikat simanlar piyasaya sürüldü. Bu beyaz kalsiyum silikat simanlar, diş hekimliği literatüründe genellikle 'beyaz' veya 'diş renkli' MTA olarak adlandırılır. Orijinal ProRoot MTA'da bulunan siyah kalsiyum alüminoferrit fazının çok az miktarını içerir ve çok daha düşük demir içeriğine sahiptir. İlk tanıtıldıklarında, beyaz kalsiyum silikat simanlar diş hekimleri tarafından biyouyumumluluk açısından orjinal gri renkli kalsiyum silikat simanlara eşit olup olmadıkları konusunda şüpheyle karşılanmıştır (107,159–163). Dahası, bu ilk gri veya beyaz kalsiyum silikat simanlar, diş hekimliği için yavaş sertleşen, kullanımı zor ve çok pahalı olarak tanımlandı (164,165) ve bu algı literatürde hala devam ediyor (166).

Ancak bu sorunlara rağmen, çarpıcı histolojik verilere dayanarak kalsiyum silikat simanlar endodonti uzmanları tarafından hızla benimsenmiştir. Örneğin, kök amputasyonundan sonra diş kökünün dış kısmında eksik olan sement ve periodontal ligament dokuları kullanılan kalsiyum silikat simanın üzerinde iyileşip yenilenmiştir. Diğer malzemelerin kullanıldığı örneklerde bu iyileşme bu kadar belirgin değildir. İlk başta mekanizması bilinmese de, kalsiyum silikat simanın kullanımı takdir edilmiştir (167).

Kalsiyum silikat bazlı materyaller, kemik mineralizasyonunda ve osteoblastların proliferasyonunda rol oynayarak hem sement hem de kemik yapımını indüklemektedir (114). Kalsiyum silikat simanlar, kemik oluşumunu destekleyen silikat iyonları salarak iyileşmeyi olumlu etkiler (168). Kalsiyum silikat/alüminat simanlar, diş dokusunda kemiğe benzer bir yüzey oluşturarak biyoaktif özellik gösterir. Bu yüzey, Ca^{+2} ve OH iyonlarının doku sıvısıyla tepkimesi sonucu oluşan ince bir kalsiyum fosfat tabakasıdır (biyomineralleşme). Bu özellik, implant malzemelerinin değerlendirilmesi için kullanılan ISO standartlarında "biyoaktivite" olarak tanımlanır ve hücre çalışmalarıyla kanıtlanmıştır (169).

Önceden Karıştırılmış (Premixed) Simanlar

Geleneksel trikalsiyum silikat esaslı materyellerin toz likit karışımıyla elde edilmesi sonucu oluşan heterojen kıvamın dezavantajını önlemek için 2010'dan bugüne kadar çok sayıda önceden karıştırılmış (premixed) siman tanıtılmıştır (16,170). Bu materyaller; restoratif prosedürlerde daha yüksek viskoziteli macun (putty) kıvamı, direkt pulpaya uygulanmasını gerektiren durumlarda daha düşük viskoziteli akıcı kıvamı olarak iki formda bulunmaktadır (171,172).

Siman enjekte edilirken filtre basıncı oluşabilir, bu da son ürünün kalsiyum silikat içeriğini ve dayanıklılığını azaltır. Ayrıca, su ile karıştırılmış siman, yerleştirilmeden önce düşük bir adezyon gücüne sahip olması yıkanma (wash-out) olasılığını artırır. Bu dezavantaj, sıvı fazın gliserol ile değiştirildiği premixed bir siman kullanılarak önlenabilir (173). Premixed bir siman, diş hekiminin çalışmasını kolaylaştırır ve aynı enjekte edilebilirlik seviyesi için daha düşük bir sıvı-toz oranına izin verir (174). Ancak, gliserolün kullanılmasının bir sonucu olarak, simanın sertleşme süresi artar, çünkü gliserolün dışarı yayılması ve yerleşmesi için fizyolojik sıvı ile değiştirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte kök dolgusu gibi uygulamalarda sertleşme süresinin uzun olması çok önemli değildir. Çünkü bu gibi durumlarda siman dar bir boşluğa enjekte edilir ve wash-out riski azdır (175).

Birçok laboratuvar çalışması, premixed biyoseramiklerin ve MTA'nın benzer biyobenzerlik ve sitotoksositeye sahip olduğunu göstermiştir, diğer bazı in-vitro çalışmalar ise biyoseramiklerin MTA'ya kıyasla minimal sitotoksik özellikler sergilediğini göstermiştir (176–178).

Sızdırmazlık özelliği, çözünmezlik ve boyutsal stabiliteye bağlıdır. Abdelmotelb ve ark.'nın yaptığı çalışmada önemli bir fark olmamasına rağmen premixed biyoseramiklerin sızdırmazlık özelliklerinin, MTA'ninkinden daha iyi olduğu ifade edilmiştir. Ek olarak, bu iki malzeme, klinik ve radyografik olarak eşdeğer bulunmayıp premixed biyoseramiklerin performansı, MTA'dan üstün bulunmuştur (179).

2.9. Çalışmamızda Kullanılan Tamir Materyalleri

2.9.1. Biodentine

Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France), hızlı sertleşen 'biyoaktif ve biyouyumlu dentin muadili' şeklinde tanıtılmıştır (180,181). Restoratif alanda dentin replasman malzemesi olarak ve endodontide apeksifikasyon, retrograd dolgu, rezorptif lezyonlar ve kök perforasyonlarında tamir materyali olarak kullanılmak üzere Gilles ve Olivier (2011) tarafından piyasaya sürülmüştür. Bu materyal MTA'nın fiziksel niteliklerinin iyileştirilmesi hedefiyle formülize edilmiştir (182).

Biodentine kapsül şeklinde, toz ve likit oranları optimum olarak üretilmektedir. Kapsüldeki toza 5 damla likit damlatılıp amalgamatörde 4000 rpm'de 30 sn karıştırılmaktadır. Toz bileşeni; trikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat, zirkonyum oksitten oluşmaktadır. Likit bileşeni ise; suda çözünür polimer, kalsiyum klorür ve sudan oluşmaktadır (181). Kalsiyum klorür ise sertleşme süresini kısaltmaktadır. MTA'dan farklı olarak aluminoferrit, kalsiyum sülfat ve aluminat bulundurmamaktadır (183). Trikalsiyum silikat ana çekirdek malzemedir. Kalsiyum karbonat; sertleşme süresini hızlandırır aynı zamanda içeriğindeki kalsiyum ile doldurucu görevi görüp biyouyumluluk sağlar (184). Trikalsiyum silikat, MTA ve Biodentine'de bulunmaktadır, fakat Biodentine'de triklinik formda, MTA'da ise monoklinik formdadır. Partikül büyüklüğünün; Biodentine'de MTA'dan daha büyük değere sahip olduğu rapor edilmiştir (181). Biodentine'in likitinde kalsiyum klorür olması, partikül büyüklüğünün daha büyük olması ve sıvı içeriğinin azaltılması sertleşme süresini hızlandırmaktadır (9-12dk) (185). Yapılan çalışmalarda çalışma süresinin 6 dk, başlangıç sertleşmesinin 9-12 dk, final sertleşmesinin 45 dk olduğu bildirilmektedir (186).

Materyalin uygulandığı ilk saat süresince büzülme, daha sonra hidrasyonunun devam etmesi ile genişleme olmakta ve sonuç olarak da sızdırmazlık özelliği artmaktadır (20,187). Ayrıca materyalin çözünürlüğünün düşük olmasının sebebi sertleşme süresinin kısa olması, stabil hale gelmesi ve zirkonyum oksit suda çözünmemesidir (186).

Biodentine'in yakınındaki dentine silisyum iyonları (Si^{+4}) verdiği, bu iyonların dentin köprüsü oluşumuna katkıda bulunduğu ve mineralizasyonu desteklediği bildirilmiştir (188). Genel olarak Si^{+4} kollajen sentezini, gen ekspresyonunu ve osteoblast proliferasyonunu indüklemektedir (189).

Biodentine toz ve likit etkileşimi sonucunda yan ürün olarak $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve silikat hidrat jeli oluşmaktadır. Daha sonra kalsiyum silikat jel ıslanmamış toz içerisine yerleşmektedir ve trikalsiyum silikatlar arasındaki boşluklara çökmektedir. Ardından en son doymuş hale gelip sertleşme gerçekleşmektedir (190). $\text{Ca}(\text{OH})_2$, kalsiyum (Ca^{+2}) ve hidroksil (OH^-) iyonlarına ayrılmaktadır, bunun sonucunda Ca^{+2} konsantrasyonu ve pH artmaktadır (191,192). Ayrıca Biodentine yüksek miktarda kalsiyum bileşikleri içermesi nedeniyle mineralizasyonun sağlanmasına yardımcı olur (181). Biodentine'nin alkali pH değeri (12,5) organik dokuları etkileyerek dentin tübüllerini açıp daha sonra hermetik bir örtücülük sağlamaktadır (193). Aynı zamanda bu pH değeri ile mikroorganizmaların gelişimine engel olarak dentinin dezenfeksiyonunu sağlamaktadır (194). Biodentine'in alkalinitesinin doku onarım sürecine katkıda bulunduğu gösterilmiştir (195). pH'daki bu artış, vital pulpa ile uygulanacak materyal arasında ince bir koagülasyon nekrozu oluşmasına neden olmaktadır (188). Nekrotik alan, alttaki pulpa hücrelerini yüksek pH'dan korumaktadır. Reperatif dentin köprüsü oluştuktan sonra nekrotik alanla birleşmeye başlamaktadır (196).

Biodentine'in mekanik özelliklerinin dentine benzemesinden dolayı kron ve kökte dentini taklit etmek için kullanılabileceği öne sürülmektedir (197). MTA ile kıyaslandığında manüplasyonun daha kolay olduğu ve daha kısa sürede sertleştiği bildirilmiştir (198). Biodentine'in MTA'dan farklı olarak renklenmeden sorumlu olan, sertleşmeyi geciktiren ve biyouyumluluğu olumsuz etkileyen, bizmut oksit içermemesi (199) ve farklı sertleşme kinetik özelliğinden dolayı birtakım avantajlara sahip olduğu düşünülmektedir (19).

Zirkonyum oksit; korozyon direncinin olması, biyouyumluluğa sahip olması ve uygun mekanik özellikler göstermesi nedeniyle radyoopasite sağlayıcı olarak tercih edilmektedir. Radyoopasitesi (3.5 mm alüminyum) ISO standartlarına göre simanlar için gerekli minimum değerden fazladır (min 3mm alüminyum) (200).

Biodentine'in yüzey sertliği ve baskı dayanımı diğer kalsiyum silikat esaslı materyallerden daha yüksektir ki bu da düşük su/toz oranına ve likit içeriğinde bulunan suda çözünür polimere bağlıdır (186,201). İlk saatte Biodentine'in baskı dayanımı 100 MPa, 1 gün sonra 200 MPa olup, 30 gün sonra 300 MPa değerine kadar ulaşmaktadır (Dentin 297 MPa) (194,202). Biodentine' in elastiklik modülü ve eğilme dayanımı gibi diğer fiziksel özellikleri dentin ile benzer ve MTA'dan yüksektir. Biodentine, MTA ile kıyaslandığında daha gözenekli ve yoğundur (20,181).

Biodentine aşınmaya dirençli olmamasına rağmen 6 aya kadar arka dişlerde geçici restoratif dolgu materyali olarak başarıyla kullanılabilir. Yapılan bir çalışmada Biodentine ile yapılan dolgulara 1 yıl sonraki takiplerde dişlerin vitalitesini koruduğu fakat dolguların marjinal uyumunun, proksimal kontaktlarının ve anatomik formunun bozulduğu belirtilmiştir (202). Ayrıca kompozit restorasyonlar altında dentinin yerini daimî olarak alabilir. Biodentine üzerine daimî restorasyon yerleştirmek, su bazlı yapısı nedeniyle zorluklar doğurabilir. Daimî restorasyonun en az 2 hafta ertelenmesi gerekli olup, hem total-etch hem de self-etch adezivlerle kullanılabilir (203).

Yapılan bazı çalışmalarda Biodentine daimî restorasyonlar altında bir kaide materyali olarak kullanıldığında, farklı bağlanma sistemlerinin bağlanma kuvveti değerlendirilmiştir. Odabaşı ve ark. Biodentine için çift aşamalı self-etch, çift aşamalı total-etch ve tek aşamalı self-etch sistemlerinin bağlanma kuvvetine bakmışlardır. Aynı zaman aralıklarında hiçbir adeziv sistem (12 dakika ve 24 saat) arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (204).

Bir çalışmada cam iyonomer simanların ve çeşitli kompozit rezinlerin, MTA ve Biodentine ile aralarında oluşan bağlanma dayanımı incelenmiştir; en yüksek bağlanma kuvveti; Biodentine ve metakrilat esaslı kompozit rezin arasında, en düşük bağlanma kuvveti ise; cam iyonomer siman ve MTA arasında kaydedilmiştir (205). Biodentine'in bağlanma dayanımı en üst değere 1 gün sonra ulaşmaktadır. Ayrıca bağlanma dayanımı ve sertleşme reaksiyonu kan ile kontaminasyondan etkilenmemektedir (193).

Biodentine, fiziksel bağlanma ve iyon değişimi ile diş yüzeylerine adapte olur. Dentin tübüllerinin içerisinde kristal büyüme meydana gelir ve bu da mikromekanik 'tag'a neden olur. Oluşan bu mikromekanik 'tag' mikrosızdırmazlığın uzun süre sağlanmasından sorumludur. Dycal ve MTA ile kıyaslandığında Biodentine ile diş dokuları arasında daha fazla bağlanma kuvveti meydana gelmektedir (206).

Biodentine'in, derin kaviterlerde, furkasyon perforasyonlarında, vital pulpa tedavilerinde, apeksifikasyonda, invaziv eksternal kök rezorpsiyonlarında, apeksogenezisde, kök kanal dolgu malzemesi olarak ve retrograt dolgu gibi klinik uygulamaları mevcuttur (20). Perforasyon tamir materyalinin, perfore alanda yerinde kalmasını sağlamak için dentin ile arasında yeterli push-out bağlanımı olması önemlidir (81). Biodentine, kanla temas ettiğinde bile bozulmayan yüksek erken push-out mukavemeti gösterir (207). Ayrıca kullanılan irrigasyon solüsyonlarından etkilenmediği, bunun da malzeme stabilitesini gösterdiği bildirilmiştir (208).

2.9.2. Bio-C Repair

Pratikte zaman tasarrufu sağlayan ve yerleştirme kolaylığı sunan bir dişli şırınga içinde kullanıma hazır bir biyoseramik materyal olan Bio-C Repair'n (Angelus, Brezilya), içeriğinde trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat ve radyoopaklaştırıcı (7 mm alüminyum) olarak zirkonyum oksit bulunmaktadır. Bu materyal, WMTA'ya benzer sitotoksosite, biyomineralizasyon ve biyouyumluluk özelliklerine sahiptir (209).

Bio-C Repair'in sertleşme süresi nem varlığına bağlıdır. Üretici firma sertleşme süresini 120 dk olarak bildirmektedir. Ortamda bulunan su molekülleri, Bio-C Repair partiküllerinin yavaş yavaş temas etmesiyle hidrasyonu, sertleşmeyi ve aktif iyonların salınımını tetikler. Bu kimyasal reaksiyonlar, kalsiyum silikat bileşiklerinin hidrasyonunu içerir ve hidrasyon sonucu hidrate kalsiyum silikat (C-S-H) jeli ile kalsiyum hidroksit oluşumunu sağlar. Oluşan kalsiyum hidroksit hızla Ca^{+2} ve OH^- iyonlarına ayrışır, ortamın pH'sını artırır ve dolayısıyla bakteri büyümesi için elverişsiz bir ortam oluşturur. Diğer yandan, kalsiyum iyonları kan dolaşımındaki CO_2 ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonat oluşturur. Bunun sonucunda fibronektin açısından zengin bir ekstrasellüler matriks salgılanarak sert doku oluşumu tetiklenir (210).

Bio-C Repair'in dentine bağlanma dayanımı MTA Repair HP ve Biodentine ile karşılaştırıldığında düşük olarak gözlemlenmiştir (211). Bio-C Repair'in, MTA Repair HP'ye benzer seviyede biyomineralizasyon kabiliyeti, biyouyumluluk ve sitotoksosite özelliği gösterdiği bildirilmiştir (212).

Periyodontal ligament kök hücrelerinde, Bio-C Repair ve Bio-C Sealer'ın benzer pH'lara sahip olduğu, ancak Bio-C Repair'ın daha büyük hücre canlılığı ve adezyonu gösterdiği, bu nedenle biyoaktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. Bu materyal, insan pulpa

hücrelerinde bir kimyasal teknik ve ultrayapısal morfoloji ile kullanıldığında, Biodentine ve ProRoot MTA ile benzer biyouyumluluk göstermiştir (213).

Bio-C Repair, kullanıma hazır formda endodontik komplikasyonların yönetimini kolaylaştırması ve hızlandırması için üretilmiştir. Bu tamir materyalinin başarılı kullanımını gösteren mevcut kanıtları artırmak için gelecekte uzun vadeli çalışmalar önerilmektedir (212,214).

2.9.3. Endocem MTA Premixed

‘MTA türevi puzolan’ şeklinde tanımlanan bu materyal küçük partiküllü puzolan çimentosu (hidrolik di/trikalsiyum silikat bazlı materyal) içermektedir. Silika ve kalsiyum oksitin su ile etkileşimiyle Puzolan simanı oluşmaktadır. Endocem MTA’nın sertleşmesi, puzolanik reaksiyon olarak bilinen $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve puzolanın kimyasal etkileşimi sonucu gerçekleşmektedir (215). Bu etkileşimde serbest kalsiyum miktarı aşamalı olarak düşerek materyalin dayanıklılığını artıran kalsiyum-alüminat-hidrat ve kalsiyum-silikat-hidratın kararlı kristallerini oluşturmaktadır (216)

Endocem MTA Premixed (ECMP) (Maruchi, Gangwon-do, Güney Kore), mevcut halde bulunan Endocem MTA’nın macun formu olarak tanıtılmıştır; vital pulpa tedavileri, retrograt dolgu materyali ve perforasyon onarım materyali olarak kullanılmaktadır. ECMP; kalsiyum alüminat, trikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat ve biyouyumluluğunu artırmak için ilave edilen dimetil sülfoksitten (DMSO) oluşur. DMSO’ya bağlı yüksek konsantrasyonlarda sülfür iyonu bulundurmasının materyale güçlü antibakteriyel aktiviteye özelliği sağladığı öne sürülmektedir. Antibakteriyel aktivite karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada ECMP’nin, Endocem MTA Zr ve Retro MTA’ya oranla anlamlı derecede yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (217,218). Zirkonyum oksit radyopaklaştırıcı madde olarak yapısında bulunmaktadır ve radyoopasitesi yaklaşık 8,5 mm alüminyum değerindedir (219).

Kimyasal hızlandırıcıya gerek kalmadan, yapısında küçük tanecikli puzolan çimentosu olması sebebiyle yüzey temasını artırarak çabuk sertleşmektedir. ECMP’nin, başlangıç sertleşme zamanı $2 \text{ dk} \pm 30 \text{ sn}$ ve final sertleşme zamanı $4 \text{ dk} \pm 30 \text{ sn}$ ’dir (219). Üretici firma talimatına göre materyal en az 3 mm kalınlığında uygulanmalı, uygulandıktan sonra üzerine steril nemli bir pamuk pelet konulup 3 dakika beklenmeli ve ardından nemli pamuk ile materyale hafifçe baskı uygulanmalıdır (220).

ECMP'nin, kemik iliği kök hücreleri üzerinde yapılan çalışmada ProRoot MTA'ya benzer seviyede biyoyumluluk ve osteojenik aktivite gösterdiği bildirilmiştir (221). ECMP'nin dentin yüzeyinde hidroksiapatit çökeltisi oluşturmada ve içeriğindeki zirkonyum oksidin materyalin stabilitesini olumlu etkilemesi sonucunda sızdırmazlık kabiliyetinin artabileceği öne sürülmektedir (222) ancak daha önce yapılan bir sızdırmazlık yeteneği çalışması bulunmamaktadır.

2.9.4. NeoPutty

NeoPutty (NuSmile, USA), dikalsiyum silikat, trikalsiyum silikat ve radyopaklaştırıcı madde olan tantalyum oksitten oluşan biyoseramik bir materyaldir. NeoMTA 2'nin önceden karıştırılmış formu olarak tanıtılmıştır. Nem ile sertleşmektedir. Üretici firma NeoPutty'nin çalışma zamanının 1 saat, sertleşme zamanının ise 4 saat olduğunu belirtmektedir. Yüksek radyoopasiteye sahiptir (8.1 mm kalınlığında alüminyum). Büzülme olmaksızın boyutsal stabilitesi nedeniyle bakteriyel sızıntı riskini en aza indirdiği bildirilmiştir (223).

Hondares ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada ProRoot MTA, MTA Angelus, Biodentine, EndoSequence, NeoMTA 2 ve NeoPutty'nin antibakteriyel aktivitesi, biyoyumluluğu ve mineralizasyon indükleyici potansiyeli değerlendirilmiştir. Deney sonucunda yalnızca Biodentine'in *S. mutans*'a karşı belirgin antibakteriyel etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, test edilen diğer materyaller *S. mutans* ve *E. faecalis*'e karşı benzer antibakteriyel etkiler göstermiştir. Ayrıca tüm materyaller kabul edilebilir biyoyumluluk ve mineralizasyon destekleyici potansiyel göstermiştir (224).

Sun ve ark.'nın yaptığı çalışmada NeoPutty ve EndoSequence Root Repair Material (ERRM) Putty'nin biyoyumluluk ve sitotoksikite karşılaştırılmıştır. Her iki materyalin de biyoyumluluğunun benzer şekilde yüksek olduğu bildirilirken, NeoPutty'nin ERRM Putty'den daha az sitotoksik olduğu bildirilmiştir (223).

Taramalı elektron mikroskopu (SEM) analizi yöntemiyle NeoPutty, Biodentine ve Theracal PT arasındaki mikrosızıntı karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada NeoPutty ve Biodentine'in değerleri arasında anlamlı fark bulunamazken, Theracal PT'nin mikrosızıntı değerinin anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur. NeoPutty'nin Biodentine'e yakın ve düşük mikrosızıntı değerleri göstermesi nedeniyle materyalin pulpa kuafaj materyali olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (225).

Farklı yıkama solüsyonları kullanılarak dentine bağlanma dayanımı karşılaştırılmasının yapıldığı çalışmada Biodentine'in NeoPutty'ye göre anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı değerleri verdiği bildirilmiştir. Ayrıca farklı yıkama solüsyonlarının kullanımının materyallerin dentine bağlanma dayanımlarını etkilemediği bildirilmiştir (226).

Tablo 2. Çalışmamızda kullanılan tamir materyalleri

Çalışmamızda Kullanılan Tamir Materyalleri	Üretici Firma	İçerik
Biodentine	Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum oksit, kalsiyum karbonat ve zirkonyum oksit
Bio-C Repair	Angelus, Londrina, PR, Brezilya	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, kalsiyum oksit, zirkonyum oksit, silikon oksit, polietilen glikol, demir oksit
Endocem MTA Premixed	Maruchi, Wonju, Kore Cumhuriyeti	Trikalsiyum silikat, kalsiyum alüminat, kalsiyum sülfat, dimetil sülfoksit, kıvam artırıcı ajanlar (lityum karbonat, hidroksipropil metilselüloz, fillosilikat minerali) ve zirkonyum dioksit
NeoPutty	NuSmile, Houston, TX, ABD	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum alüminat, tantalum oksit, özel organik sıvı ve stabilizatörler

2.10. Kalsiyum Silikat Esaslı Materyallerin İstenmeyen Etkileri

Kalsiyum silikat esaslı materyallerin klinik endodontiye girmesinin ardından MTA altın standart materyal olarak kabul görmüştür. Fakat, MTA'nın bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar, kullanım zorluğu, uzun sertleşme süresi ve renk değişikliğidir (206).

MTA'da meydana gelen renk değişiminin ana nedeni radyoopasite sağlamak amacıyla materyale katılan bizmut oksitin, oksijensiz bir ortamda ışığa maruz kalmasıyla metalik bizmut ve oksijenin koyu renkli kristallerine ayrışmasıdır (227–229). Bizmut oksitin hem görünür hem de ultraviyole (UV) ışıkla ısıtıldığında benzer şekilde aktive olduğu bilinmektedir. Ancak, oksijen basıncını artırarak bu metalik bizmut elementinin oluşumu engellenerek renk değişimini önlenabilir. Pulpal tedaviden sonra MTA üzerine restorasyon yerleştirilerek oluşturulan oksijensiz ortam, restorasyon altındaki MTA'nın renk değişimini hızlandırabilir. Paradoksal olarak, bizmut oksitin aşırı oksidasyonu da renk değişimine

neden olabilir. Bizmut oksit içeren malzemeler NaOCl solüsyonu ile temas ettiğinde oksitlenerek renk değişimi meydana gelebilir. Bizmut oksit oksitlendiğinde oksijen kararsız hale gelir ve havadaki karbondioksit ile reaksiyona girerek ışığa duyarlı olan ve renk değişimine neden olan bizmut karbonat oluşturur (228). Kalsiyum silikat simanların renk değişimine ilişkin mekanizmalar karmaşıktır ve bizmutun farklı kimyasal formlarının oluşumu ile ilgilidir (230).

Ancak renk değişiminin başka potansiyel nedenleri de vardır. Örneğin, yapılan bir çalışmada, kullanılan ışık kaynağının türüne göre MTA'nın renk değişim derecesinin farklılık gösterdiği, ışık kaynağının parlaklığı ve dalga boyu aralığı arttıkça renk değişim hızının arttığı bulunmuştur (228). Ayrıca bazı araştırmalar, pulpadaki kanın MTA'nın renk değişimini derinleştirebileceğini ve bu nedenle renk değişimini azaltmak için MTA'nın mükemmel hemostaz veya pulpanın tamamen çıkarılmasından sonra uygulanması gerektiğini göstermiştir (231–233).

2.10.1. Diş Renklenmeleri

Dişlerin erüpsiyonundan sonra minede aşınma, kalsifikasyon artışı ve yaşlanma ile dişlerde koyulaşma, sararma ve grileşme meydana gelebilmektedir, bunlar fizyolojik renklenmelerdir. Bunun haricinde gelişimsel veya çevresel etmenler sebebiyle de renklenme meydana gelebilmektedir (84).

Dişte renk değişikliği 'herhangi bir sebeple dişin renk, yarı saydamlık veya tonunda herhangi bir değişiklik' şeklinde tanımlanmaktadır. Lokalizasyon ve etiyojilerine göre diş renklenmeleri içsel renklenmeler ve dışsal renklenmeler olarak ayrılabilir (234,235). Bunlar kombine şekilde de bulunabilir. Diş renklenmeleri hastanın yaşına veya sistemik durumuna bağlı olarak veya endodontik tedaviler sırasında meydana gelebilir (236).

2.10.1.1. Dışsal Renklenmeler

Bu tip renklenmeler oldukça yaygın görülmekte olup dişlerin dış yüzeylerinde rastlanmaktadır. Özellikle gençlerde mine yüzeyini tutan bu renklenmeler çoğunlukla dişlerin servikal bölgelerinde görülmektedir. Nedenleri; kötü ağız hijyeni, nasmyth zarı kalıntıları, diştaşı, gingival kanamalar, plak birikimi, yeme alışkanlıkları, kullanılan ilaçlar ve kromojenik besinler olabilir (236–238).

Bu renklenmeler oluşum tiplerine göre Nathoo adlı araştırmacı tarafından sınıflandırılmıştır (Tablo 3) (239).

Tablo 3. Nathoo'nun dışsal renklenme sınıflandırması

Renklenme Tipi	Oluşum
N1 Tip Renklenme (Direkt Diş Renklenmesi)	-Dişteki renklenme ile kromojenin rengi ile benzerdir (örn.; çay, şarap, kahve, gıda boyaları).
N2 Tip Renklenme (Direkt Diş Renklenmesi)	- Kromojen diş bağlanınca rengi değişir (örn.; pelikül renginin değişmesi).
N3 Tip renklenme (İndirekt Diş Renklenmesi)	- Renssiz madde ya da prekromojen diş bağlanır ve renklenmeyi oluşturan bir kimyasal ile reaksiyona girer (örn.; klorheksidin, kalay florür).

2.10.1.2. İçsel Renklenmeler

İçsel renklenmeler sistemik ve lokal sebeplerle oluşumlarına göre iki farklı gruba ayrılabilirler (234).

Sistemik sebeplerle oluşan içsel renklenmeler; genetik sebepler, amelogenesis imperfekta, dentinal displazi, dentinogenesis imperfekta, konjenital eritropoetik porfiriya, konjenital hiperbilirubinemi, talasemi'dir (236).

Lokal sebeplerle oluşan içsel renklenmeler; diş çürükleri, restoratif materyaller, kalsifik metamorfozis, distrofik kalsifikasyon, servikal kök rezorpsiyonu, pulpa kanaması, pulpa nekrozu, endodontik tedavi esnasında prosedürel hatalara bağlı renklenmeler, endodontik tedavide kullanılan materyallere bağlı renklenmeler, endodontik tedaviden sonra restorasyona bağlı renklenmelerdir (235).

2.11. Diş Renginin Ölçülmesi

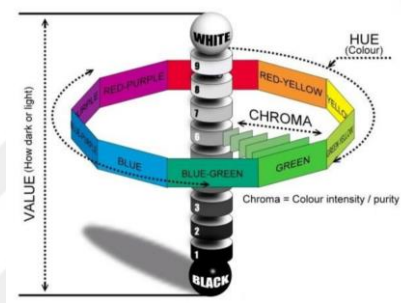
Rengin tanımı, ışığın yansımaları veya yayılması ile göz üzerinde farklı dalga boylarındaki nesnenin izdüşümüdür. 3 temel bileşenden oluşmaktadır; ışık kaynağı, kaynağın aydınlattığı cisim ve görme işlevidir. Işık bir nesnenin üzerine düştüğünde, nesnenin fiziksel özelliklerine göre saçılma, yansıma, iletilme ve soğurulma yolunu izler. Göze ulaştığında, ışığın enerjisi retinadaki fotoreseptörlerce absorbe edilir ve beyin tarafından sinyale dönüştürülmek üzere yorumlanır. Yani renk fizikselliğin ötesinde, bir duyumdur (240).

Rengin belirlenmesinde en sık kullanılan iki sistem Munsell'in Sistemi ve Commission Internationale de'Eclairge (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) (CIE) tarafından bulunan CIE L * a * b * renk sistemidir.

2.11.1. Renk Sistemleri

2.11.1.1. Munsell Renk Sistemi

Albert Henry Munsell tarafından geliştirilen, 3 boyutlu alanda rengi tanımlayan en eski renk sistemidir (241). Munsell; hue (renk tonu), chroma (renk yoğunluğu) ve value (renk değeri) olmak üzere rengi 3 boyutta incelemektedir (Şekil 1) (242).



Şekil 1. Munsell renk sistemi

Hue; renk tonu anlamına gelir. Bir rengi ötekinden ayırır. Sarı, kırmızı, mor, yeşil ve mavi olmak üzere 5 ana renk nesnenin baskın rengini belirlemektedir, bunların arasında 5 yardımcı renk (yeşil-sarı, sarı-kırmızı, mor-mavi, kırmızı-mor, mavi-yeşil) vardır (Şekil 2) (242).

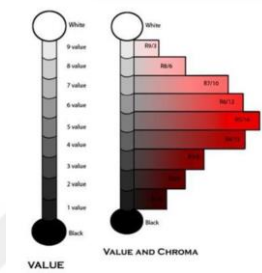


Şekil 2. Hue

Chroma; rengin doygunluğunu veya yoğunluğunu ifade eder. Renkteki renk tonu miktarı olarak da ifade edilir (243). Bu sebeple dişin insizal veya okluzal bölgesine göre servikal bölgesi daha fazla doymuştur. Rengin yoğunluk derecesini gösterir, zayıf bir renk

ile kuvvetli bir rengi ayırır (244). Parlaklık ve yoğunluk ters orantılıdır. Yoğunluğu fazla olan bir nesnenin parlaklığı daha azdır (Şekil 3) (245).

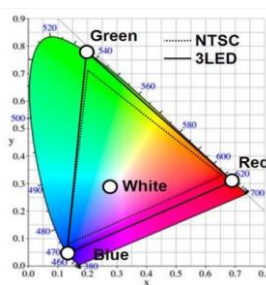
Value; beyazdan siyaha kadar skalada değişen parlaklık, matlık değerini belirtmektedir. Beyaz 10, siyah ise 0 yani ulaşılmaz olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle toplamda 9 value değeri mevcuttur. Düşük value değerleri daha koyu, yüksek value değerleri daha açık anlamına gelmektedir (Şekil 3) (243)



Şekil 3. Value ve chroma

2.11.1.2. CIE Renk Sistemi

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından 1931 senesinde yayınlanan bildirgeye göre 3 uyaranlı (tristimulus) kırmızı, yeşil, mavi olmak üzere 3 temel renk sırasıyla X, Y, Z ifadeleriyle belirtilir (Şekil 4) (246).



Şekil 4. CIE XYZ renk sistemi (245,247)

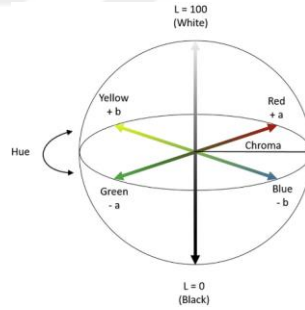
CIE; akkor ışık, gün ışığı ve floresan lambaları tanımlayan sırasıyla A, D, F ifadeleriyle standart aydınlatma tanımlamıştır. D65, renk sıcaklığı 6500K (kelvin) olarak ölçülür ve Batı/Kuzey Avrupa'daki güneş ışığının spektral özelliklerini temsil eden bir referans noktasıdır (248,249).

2.11.1.3. CIELab Renk Sistemi

CIELab renk sistemi CIE tarafından 1976 yılında renk algısını yorumlamak ve tek tip renk uzayı oluşturmak için 3D renk spektrumu tekrardan koordine edilmiştir. Bu sistemde, renk tonundan bağımsız olarak düzlemsel değerler kullanılarak renkler arasındaki algılanan uzaklığın miktarına bölünmesiyle daha uygun bir renk yelpazesi oluşturulması hedeflenmiştir (245).

Açıklık (lightness), renk tonu (hue) ve kroma (chroma) olmak üzere algısal 3D boyutta renkler tanımlanır. L^* dikey eksen, 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında değişen bir ölçüdür ve renk tonundan bağımsız olarak bir rengin parlaklığını ifade eder. L^* seviyesi arttıkça renk daha açık hale gelir. a^* yatay eksen kırmızı-yeşil renkleri gösterir, pozitif yönde ilerledikçe kırmızı, negatif yönde ilerledikçe yeşili gösterir. b^* yatay eksen sarı-mavi renkleri gösterir, pozitif yönde ilerledikçe sarı, negatif yönde ilerledikçe maviyi gösterir (250).

Dikdörtgen formundaki a^* ve b^* düzlemlerinin kutupsal koordinatlara yerleştirilmesiyle hue (h^*_{ab}) ve chroma (C^*_{ab}) değerleri hesaplanır (Şekil 5) (251).



Şekil 5. CIELab renk sistemi (252)

CIELab renk uzayında, renk farkı delta E (ab) (ΔE_{ab}), iki koordinat arasındaki öklid mesafesi olarak ölçülür ve rengin mutlak değerinden daha anlamlıdır (245).

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta E = [(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^*$$

$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^*$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^*$$

Formüldeki L_1^* , a_1^* ve b_1^* değerleri ilk ölçümü, L_2^* , a_2^* ve b_2^* değerleri ikinci ölçümü, ΔL^* , Δa^* , Δb^* değerleri kendi içlerindeki renk değişimini son olarak da ΔE değeri toplam renk değişimini ifade eder. İki ölçüm arasında renk farklılığı yoksa ΔE değeri sıfırı gösterir.

Bu renk değişimini ayırmada, önceki çalışmalarda cihazlar insanlara göre daha başarılı bulundu (253).

Yapılan bir çalışma ΔE değerinin standardizasyonunu sağlayabilme amacına ulaşmak için, klinik olarak kabul edilebilir ve algılanabilir iki şekilde değerlendirmiştir. Kabul edilebilir ΔE değeri 2.7 olarak, klinik olarak algılanabilir ΔE değeri 1.2 olarak ölçülmüştür. Aradaki değerler ise kabul edilebilir renk değişimleri olarak belirlenmiştir (254).

Klinik koşullarda renk farklılıklarını insan gözünün ayırt edebilmesi için ΔE biriminin 3.3 olması gerektiği, karmaşık ağız ortamında ise ΔE biriminin 3.7 olması gerektiği bildirilmiştir (241).

2.11.2. Diş Rengi Ölçüm Yöntemleri

2.11.2.1. Görsel Renk Ölçümü

Klinik olarak en yaygın kullanılan, dişin rengini bir kılavuzla karşılaştıran bu yöntem (255) yaş, cinsiyet, aydınlatma, göz yorgunluğu, görme bozuklukları ve deneyim gibi faktörlerden etkilenebileceğinden subjektiftir ve hassas değildir (256–259).

Diş rengi saptanırken diş hekimleri arasında tutarsızlık olduğu hatta bazı diş hekimlerinin belirledikleri renkleri ikinci defa değerlendirdiklerinde farklı sonuçlar elde ettikleri gözlemlenmiştir (260). Bunlara rağmen dişin farklı alanları arasındaki şekil, renk, parlaklık ve yapı gibi özellikler gözlemciler tarafından değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur (259). Birçok diş beyazlatma vakası bu yöntemle değerlendirilmiştir (261–263).

Bu yöntemde renk seçerken hekimlerin renk algılama kabiliyetleri deneyim ve eğitim ile geliştirilebilir olmasına karşın (264,265), kılavuzların yeterli renk tonu yelpazesine sahip olmaması ve değişikliklerin tek tip ve sistematik olmaması yöntemin olumsuz özelliklerindendir (266).

2.11.2.2. Cihazla Ölçüm

2.11.2.2.1. Kolorimetre

Kolorimetreler, bir cisimden yansıyan ışığı ölçerken, görünür spektrumda kırmızı, yeşil ve mavi alanlarda filtreleme yapar. Sonuç olarak tristimulus değerlerini (CIE XYZ) elde eder ve bu değerleri CIELab değerlerine dönüştürür (267). Kolorimetrelerin güvenilir olduğu, renk farkı ölçümleri için doğru sonuçlar verdiği ve tekrarlanabilirliğinin iyi olduğu ortaya konulmuştur (268). Diş hekimliğinde, benzer renkler arasındaki küçük farklılıkları belirlemedeki hassasiyeti ve kullanım kolaylığı avantajları sayesinde renk belirlemede tercih edilmektedir (269–271). Düz alanları ölçmek için tasarlanmış olması, dış yüzeylerinde yüzey anomalilerinin mevcut olması ve genellikle düz yüzeye sahip olmaması nedeniyle yetersiz sonuçlar verebilmektedir (256).

2.11.2.2.2. Spektrodadyometre

Nesnelerin yansıttığı veya yaydığı parlaklık ve ışıma miktarlarını görünür spektrum boyunca ölçer ve bu verileri renk koordinatlarına dönüştürür (272). Ölçüm yaparken dişe temas eden cihazlarda, dişin içinde ışık saçılır ve kenarlara doğru yansır, bu da kenar kaybı etkisine sebep olabilir (273). Fakat spektrodadyometrelerde dahili bir ışık kaynağı bulunmaz, dişe temas etmezler ve ölçümü kenar kaybı etkisi olmadan yaparlar (274).

Araştırmalar temaslı ölçüm cihazlarına göre spektrodadyometlerin renk ölçümünde insan renk algısına daha yakın olduğunu göstermiştir (275,276). Spektrodadyometre ile yapılan çalışma sayısı çok azdır bunun sebebi ölçüm için görüntüleme ve aydınlatma koşullarının dikkatli ayarlanması ve göreceli yüksek maliyet olabilir (277).

2.11.2.2.3. Spektrofotometre

Spektrofotometreler, bir nesneden yansıyan ışığın (1-25 nm dalga boyu) enerjisini ölçer ve bu ölçümü çeşitli renk değerlerine ve renk koordinatlarına (CIEXYZ, CIELch veya CIELab) dönüştürür (271).

Görsel ve cihazla yapılan renk ölçümü inceleyen birçok çalışmada, spektrofotometre kullanıldığında daha net sonuçlara ulaşılmıştır ve bu cihazların in-vivo ve in-vitro olarak doğruluğu ve tekrarlanabilirliği gösterilmiştir (267,271,278).

Kolorimetreler daha çok düz alanlar için tasarlandıklarından klinik kullanımda spektrofotometreler daha sistematik ve doğru sonuçlar verir. Ayrıca daha tutarlıdır ve kolorimetreye göre daha az hata payına sahiptirler (245,267,271,278).

Kolorimetrelerden farklı olarak spektrofotometreler metamerizmi de ölçebilir. Metamerizm, nesnenin farklı ışık kaynağında farklı renklerde görülmesidir (245). Bu sebeple, spektrofotometreler, minenin gelişimsel kusurları, seramik kronların renk stabilitesi, diş beyazlatma çalışmaları ve toplumlarda diş renklerinin görülme sıklıkları gibi geniş uygulama alanlarına sahiptir (265). Araştırmalar bu cihazlarda tekrarlanabilirliğin arka plandan ve aydınlatmadan etkilenebileceğini gösterdiği için kullanırken dikkatli olunmalıdır. Ayrıca ölçüm yaparken standart koşulların kolayca sağlanamaması, kullanımının pratik olmaması ve maliyetinin fazla olması gibi negatif özellikleri vardır. Ağız içinde ölçümde optik okuyucu buğulanabilir bu da hatalı sonuçlara yol açabilir (279).

Farklı yazılım ve tasarımlara sahip farklı spektrofotometreler vardır (271). Piyasaya 2002 senesinde VITA Easyshade sunulmuştur. 5 mm çapındaki prob ile dişe temas ederek üzerindeki fotoreseptörlerle veriyi fiberoptik kablo aracılığıyla cihaza ulaştırarak ölçüm yapar (280). Bu ölçüm değeri geçirgenlik, saçılma ve dişin kalınlığı göz önüne alınarak değerlendirilir (245).

VITA Easyshade Compact, 2008 senesinde VITA Easyshade'in ikinci jenerasyonu olarak piyasaya sunulan kullanımı kolay taşınabilir bir cihazdır. Arkadaki ışık kaynağından negatif etkilenemeyeceği üretici firma tarafından bildirilmiştir. Cihaz renk ölçümünü Toothguide 3D-Master ve Vitapan Classical rehberine göre yapar (281).

VITA Easyshade V (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya), taşınabilir bir spektrofotometre ve yeni bir beşinci nesil Easyshade'dir. Renk bigilerini VITA Classic sisteminde, VITA 3DMaster sisteminde ve VITABLOCS renklerinde yorumlanmasına izin veren teknoloji geliştirilmiştir (281).

2.11.2.2.4. Dijital Kameralar ve Görüntüleme Sistemleri

Son yıllarda dijital kameralar popülerlik kazanmaktadır (282,283). Bu sistem, kadrajı ışığa hassas biçimde kaydeder ve her piksel için kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) ile ifade edilen görüntüler oluşturur. Tüm diş yüzeyinin değerlendirilebilmesi, ölçümün temassız olması, yüzey eğriliği ve yarı saydamlıktan dolayı oluşan hataların en az olması bu yöntemin avantajlarıdır. Ayrıca görüntüleri analiz eden kalıcı veri tabanı sağlar (255).

Işık kaynağı ve kamera renk ölçümü için gereklidir. Diş rengi ölçümünde, tek lensli ticari kameralar, uygun kalibre edildiğinde kullanılabilir (259). İn-vivo ve in-vitro

uygulamalar için endüstriyel kameralar (örn. 3CCD kamera) durağan görüntülere ilave olarak canlı video kaydetmek için de kullanılabilir (284).

Bu yöntem dişe temas etmediği için, ışık kaynağının türü de görüş açısı kadar önemlidir (285). Yaygın kullanılan ışık kaynakları, D65 gün ışığı veya D55 lambaları (282), halka ışık kaynakları ve UV floresan tüplü dört halojen lambalardır (283).

Literatüre bakıldığında dijital görüntülemenin dezavantajları mevcuttur. Örneğin metamerizm potansiyel bir sorun olabilir. Bu sebeple, dijital görüntüleme için görüntüleme ve aydınlatma koşulları ciddi önem arz etmektedir (285). Dijital görüntüleme, dişteki lekeler ve görünüm özelliklerini değerlendirmek için kullanılabilir (255). Bazı çalışmalar temaslı ölçüm ve dijital görüntüleme arasındaki performansı kıyaslamış, kolorimetreye alternatif olarak uygun aydınlatma, kamera ayarları ve uygun kamera-nesne mesafesi kullanıldığında dijital görüntülemeyi tavsiye etmiştir (286).

Endodontik tedavide kullanılan bazı malzemeler dişin rengini ve estetik görüntüyü olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden estetik kaygılar da hesaba katılmalıdır. Bu alanda daha fazla araştırmaya ve renk değişimine neden olmayan materyallerin geliştirilmesine ihtiyaç olduğu açıkça ortaya konmuştur.

Radyopaklaştırıcı madde olarak Biodentine, Bio-C Repair ve Endocem MTA Premixed'de zirkonyum oksit, NeoPutty'de tantalyum oksit bulunmaktadır. Literatüre bakıldığında Biodentine'nin (17–20) dişin renklenmesi üzerine etkisi hakkında birçok çalışma yapılmış olup, Bio-C Repair (21), Endocem MTA Premixed (22) ve NeoPutty (23) hakkında yalnızca birer çalışmaya ulaşılabilmektedir.

Bu çalışmada, estetik açıdan önemli bölgelerde kullanım için en uygun malzemeyi belirlemek amacıyla perforasyon tamirinde kullanılan 4 tip kalsiyum silikat esaslı materyalin renk değişimi üzerine etkisi karşılaştırıldı.

H₀ hipotezi ise karşılaştırılması yapılan materyaller arasında renk değişimi açısından fark olmadığıdır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın yapılabilmesi için, Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı tarafından 12.01.2023 tarihinde 2022/27 protokol numarası ile etik onay alındı (Ek 1). Çalışmanın tüm aşamaları Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı'nda yapılmıştır.

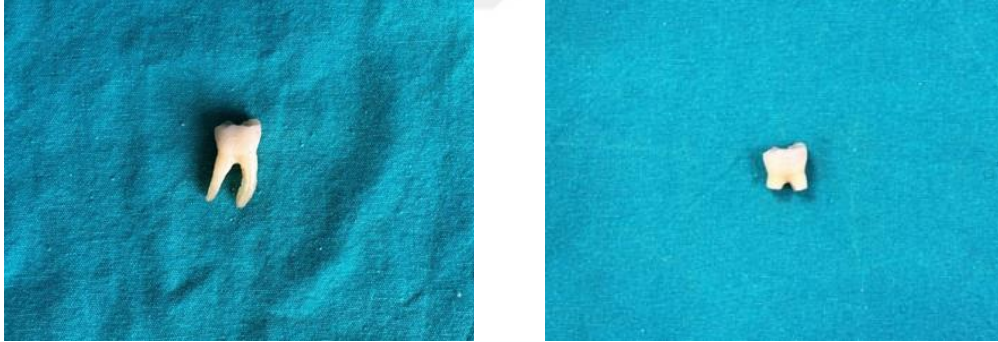
3.1. Örneklerin Seçilmesi

Çalışmamızda protetik, ortodontik ve periodontal sebeplerle çekilmiş 85 tane 2 köklü alt molar dişler kullanıldı. Dişlerde restorasyonunun, çürüğün olmamasına ve köklerinin ayrık olmasına dikkat edildi.

Dişlerin üzerindeki eklentiler, küret ve fırça yardımı ile kaldırıldıktan sonra % 0,1 timol içeren distile su içerisinde deney aşamasına kadar oda sıcaklığında bekletildi.

3.2. Örneklerin Hazırlanması

Dişlerin kökleri furkasyon bölgesinin 2 mm altından olacak şekilde fissür frezle uzaklaştırıldı (Resim 1).



Resim 1. Köklerin furkasyon bölgesinin 2 mm altından uzaklaştırılması, örnek diş

Daha sonra dişlerin endodontik giriş kavimleri elmas rond ve fissür frez yardımı ile açıldı. Bukkal yüzeydeki dentin kalınlığını standartize etmek için dijital kumpas kullanıldı, 2.5-3 mm olacak şekilde ayarlandı (Resim 2).



Resim 2. Bukkal yüzeydeki dentin kalınlığının dijital kumpas ile ölçülmesi

Her bir örneğin furkasyon bölgesinde 1.4 mm çapındaki elmas rond frez ile perforasyon oluşturuldu (Resim 3).



Resim 3. Oluşturulan perforasyonun korondan ve apikalden görüntüleri

3.3. Materyallerin Hazırlanması ve Uygulanması

Çalışmamızda perforasyon tamirinde kullanılan materyalin dişin renklenmesine etkisini incelemek üzere 4 farklı kalsiyum silikat esaslı materyal kullanıldı. 85 adet dişten 5'i kontrol grubu olarak kullanıldı. Her bir diş numaralandırıldı.

Grup 1: Biodentine (n=20)

Grup 2: Bio-C Repair (n=20)

Grup 3: EndoCEM MTA Premixed (n=20)

Grup 4: NeoPutty (n=20)

Grup 5: Materyal uygulanmadı. Kontrol grubu. (n=5)

1. gruptaki dişlere Biodentine üreticinin talimatları doğrultusunda hazırlanarak uygulandı (Resim 4). Kapsül içinde bulunan toza 5 damla likitin eklenmesinin ardından

kapağı kapatılarak 4000 rpm karıştırma cihazına alınıp, 30 sn boyunca karıştırıldı. Biodentine perforasyon kavitesine uygulandı üzerine nemli pamuk yerleştirilip Cavit ile geçici restorasyon yapıldı. 2 hafta sonra geçici restorasyon kaldırılarak pamuk çıkarıldı ve daimi restorasyon tamamlandı.



Resim 4. Biodentine

2. grup, 3. grup ve 4. gruptaki dişlere önceden karıştırılmış (premixed) halde bulunan materyaller sırasıyla Bio-C Repair, EndoCEM MTA Premixed ve NeoPutty uygulandı (Resim 5). Materyaller sertleştikten sonra daimi kompozit restorasyonları tamamlandı.



Resim 5. (a) Bio-C Repair, (b) EndoCEM MTA Premixed, (c) NeoPutty

Negatif kontrol grubunda örneklere herhangi bir tamir materyali uygulanmadı. Direkt daimi kompozit restorasyonu yapıldı (n=5).

Bütün gruplardaki dişler silikon ölçü materyali içerisine gömüldü (Resim 6) ve renklenmeyi takip etmek için %100 nemli ortamda 37°C’de 6 ay boyunca inkübitörde saklandı (Resim 7).



Resim 6. Bütün grupların gömüldüğü silikon



Resim 7. Dişlerin saklandığı inkübütör cihazı

3.4. Diş Renklenmesinin Ölçülmesi

Renk ölçümünün değerlendirilmesi için Spektrofotometre (VITA Easyshade® V, Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) kullanıldı (Resim 8).



Resim 8. Spektrofotometre (VITA Easyshade® V)

Standardizasyon sağlamak için, tüm renk ölçümleri tek bir operatör tarafından aynı ışıktaki yapıldı. Renk; dişin koronal kısmından, spektrofotometre cihazının alt sınırı ile mine-sement birleşiminin kesiştiği alandan ölçüldü (Resim 9).



Resim 9. Dişin spektrofotometre ile renginin ölçülmesi

Renk ölçümleri yapılırken cihaz her seferinde kalibre edildi, her örnek 2 kere ölçüldü ve CIE L*a*b* sistem kullanılarak kaydedildi. Cihazın şarjının dolu olmasına dikkat edildi.

Ölçümler; deney başlangıcında ilk ölçüm (T_0), 1. hafta (T_1), 1. ay (T_2), 3. ay (T_3) ve 6. ay (T_4) olmak üzere toplam 5 farklı zaman diliminde yapıldı.

Farklı zaman aralıklarında (T) renk değişimi (ΔE , ΔL) açıklaması Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. ΔE ve ΔL değerlerinin zaman aralıklarına göre açılımı

ΔE	ΔL	T
ΔE_1	ΔL_1	T_1 (1. hafta) – T_0 (ilk ölçüm)
ΔE_2	ΔL_2	T_2 (1. ay) – T_0 (ilk ölçüm)
ΔE_3	ΔL_3	T_3 (3. ay) – T_0 (ilk ölçüm)
ΔE_4	ΔL_4	T_4 (6. ay) – T_0 (ilk ölçüm)

3.5. İstatiksel Analiz

Elde edilen veriler One Sample Kolmogorov Smirnov testine göre normal dağılıma uyduğu için One Way Anova (tek yönlü varyans analizi) testi uygulandı. Bonferroni düzeltmesi yapıldı. Grup içinde fark olup olmadığı Tukey HSD testine göre belirlendi ($p < 0,005$).

Zaman aralıklarındaki renk değişimini ölçmek için Repeated Anova (tekrarlı ölçüm varyans analizi) Bonferroni düzeltmesi ile birlikte kullanıldı ($p < 0,001$).



4. BULGULAR

4.1. Kullanılan Farklı Kalsiyum Silikat İçerikli Materyallerin Renk Değişikliğinin Değerlendirilmesi

ΔE ve ΔL değerlerinin karşılaştırılması

Grupların ΔE değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Farklı kalsiyum silikat bazlı materyallerin dişler üzerinde oluşturduğu ΔE değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri

Grup	ΔE_1 Ort.±Ss	ΔE_2 Ort.±Ss	ΔE_3 Ort.±Ss	ΔE_4 Ort.±Ss	n
Grup 1 (Biodentine)	10.2±2.7	8.3±2.8	6.2±2.6 ^a	6.4±2.9 ^a	20
Grup 2 (Bio-C Repair)	9.7±4.1	8.7±3.8	8.1±4.5 ^{a,b}	8.4±4.2 ^{a,b}	20
Grup 3 (ECMP)	11.8±5.5	11.8±5.1	11.5±5.8 ^b	10.6±5.2 ^b	20
Grup 4 (NeoPutty)	12.8±5.8	12.01±4.1	11.1±3.4 ^b	11.2±4.4 ^b	20
Kontrol Grubu	7.6±4.2	8.8±4.6	7.8±5.3 ^a	7.8±4.6 ^a	5

*Dikeyde aynı sütunda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.

Gruplar arası karşılaştırmalarda, ΔE değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır ($p < 0.005$).

ΔE_3 ve ΔE_4 aralıklarında, Grup 3 ve 4'ün ΔE değerleri Grup 1 ve 5'e göre anlamlı derecede daha yüksektir ($p < 0.005$).

ΔE_3 ve ΔE_4 aralıklarında Grup 1, 2 ve 5 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔE_3 ve ΔE_4 aralıklarında Grup 2 ile Grup 3 ve 4 arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔE_1 zaman aralığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔE_2 zaman aralığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Grupların ΔL değerleri Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Farklı kalsiyum silikat bazlı materyallerin dişler üzerinde oluşturduğu ΔL değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri

Grup	ΔL_1 Ort.±Ss	ΔL_2 Ort.±Ss	ΔL_3 Ort.±Ss	ΔL_4 Ort.±Ss	n
Grup 1 (Biodentine)	3.2±6.02	0.3±4.9	-1.2±4.3	-2.6±4.1	20
Grup 2 (Bio-C Repair)	-2.18±7.2	-4.2±7.01	-4.4±6.7	-5.01±6.2	20
Grup 3 (ECMP)	-0.3±7.5	-2.4±7.5	-3.3±8.7	-4.1±7.4	20
Grup 4 (NeoPutty)	2.9±8.5	-0.6±8.1	1.3±7.5	-2.08±8.2	20
Kontrol Grubu	1.3±3.6	1.3±4.04	-0.84±3.3	-1.7±3.4	5

Gruplar arası karşılaştırmalarda, ΔL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔL_1 zaman aralığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔL_2 zaman aralığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔL_3 zaman aralığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔL_4 zaman aralığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Tüm zaman aralıklarındaki ΔE değerleri Tablo 7 ‘de gösterilmiştir.

Tablo 7. Gruplardan bağımsız tüm zaman aralıklarındaki ΔE değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri

Zaman	Ort.±Ss	n
ΔE_1	10.9±0.5 ^a	85
ΔE_2	10.1±0.4 ^b	85
ΔE_3	9.2±0.5 ^c	85
ΔE_4	8.8±0.4 ^c	85

*Dikeyde aynı sütunda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.

ΔE_1 ile ΔE_2 , ΔE_3 ve ΔE_4 zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0.001$).

ΔE_2 ile ΔE_3 ve ΔE_4 zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0.001$).

ΔE_3 ve ΔE_4 zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

Tüm zaman aralıklarındaki ΔL değerleri Tablo 8 'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Gruplardan bağımsız tüm zaman aralıklarındaki ΔL değerlerinin ortalama (Ort.) ve standart sapma (Ss.) değerleri

Zaman	Ort.±Ss	n
ΔL_1	0.9 ± 0.8^a	85
ΔL_2	-1.5 ± 0.7^b	85
ΔL_3	-1.8 ± 0.7^b	85
ΔL_4	-3.3 ± 0.7^c	85

*Dikeyde aynı sütunda gösterilen farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.

ΔL_1 ile ΔL_2 , ΔL_3 ve ΔL_4 zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0.001$).

ΔL_2 ile ΔL_3 zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

ΔL_2 ile ΔL_4 zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0.001$).

ΔL_3 ile ΔL_4 zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0.05$).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Endodontik tedavide kullanılan malzemelerin dişin rengini ve estetik görüntüyü olumsuz etkilediği yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (287–289). Gülüş estetiğinin, hastanın özgüvenini ve yaşam kalitesini artırdığına dair birçok çalışma bulunmaktadır (290–294). Bu çalışmalardan birinde, benlik kimliğinin şekillendiği ve kişinin kendi imajına ilişkin kaygılarının arttığı adolesanlık döneminde gülümsemenin, estetik görüntüyü etkilediği, özgüven ve sosyal ilişkiler üzerinde önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (293). Diğer bir çalışmada ise gülüş estetiğinin ve diş beyazlığının özsaygıyı artırdığı, estetik kaygıyı azalttığı gösterilmiştir (292). Yapılan başka bir çalışmada ise gülüş estetiğinde görüntü memnuniyet kriterleri değerlendirilmiş, diş renginin etkisinin düşük, dişlerin düzgün diziliminin ve parlaklığının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (290). Biz de çalışmamızda estetik bölgede yapılan endodontik tedavilerde kullanılan kalsiyum silikat esaslı materyallerin diş renklenmesine etkisini değerlendirdik.

Endodontik tedavinin başarısı optimum klinik koşullarda %86-98'e kadar ulaşabilmektedir. Başarısızlıkta rol oynayan faktörler ise, anatomik düzensizlikler, gözden kaçan kanallar, kanalın yetersiz veya taşkın doldurulması, alet kırıkları, basamak, zip ve transportasyon oluşumu ve perforasyonlardır (1,2). Kök perforasyonu, AAE tarafından kök kanal sistemi ile dişin dış yüzeyi arasında mekanik veya patolojik iletişim olarak tanımlanır. Perforasyonun nedenleri arasında çürük, kök rezorpsiyonu veya kök kanal tedavisi sırasında oluşan iyatrojenik kazalar bulunur. Furkasyon alanlarında meydana gelen perforasyonlar genelde büyük ve sulkusla bağlantılı olduğu için tamiri oldukça zordur (7). Bu tip perforasyonları tamir etmek için manüplasyonu kolaylaştırarak, sertleşme süresini kısaltarak hekime çalışma kolaylığı sunan yeni tip materyaller tercih edilmeye başlanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalara baktığımızda furkasyon perforasyonlarında renk değişimini değerlendiren hiçbir çalışmaya rastlamadık. Bu yüzden furkasyon perforasyonlarının tamirinde kullanılması önerilen yeni tip materyallerin renk değişimini kıyaslamayı tercih ettik.

Klinikte kullanım ve uygulama kolaylığı sağlayan, sertleşme süresi kısa olan, gelişmiş mekanik özelliklere sahip önceden karıştırılmış (premixed) simanlar piyasaya sürülmüştür (16,170). Premixed biyoseramiklerin putty ve akıcı olmak üzere iki formu bulunmaktadır (171,172). Son zamanlarda, putty formda pratikte zaman tasarrufu sağlayan ve yerleştirme kolaylığı sunan biyoseramik esaslı materyallerin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Biz de çalışmamızda bu özelliklere sahip olan NeoPutty, Endocem MTA Premixed ve Bio-C Repair'ı değerlendirdik. Renklenmeye neden olan bizmut oksit yerine radyoopaklaştırıcı madde olarak Bio-C Repair ve Endocem MTA Premixed'de zirkonyum oksit, NeoPutty'de tantalyum oksit bulunmaktadır. Literatür taraması yapıldığında Biodentine'in dişin renklenmesi üzerine etkisini inceleyen birçok çalışma yapılmış olup (18,19,183,198,202,213,295,296), Bio-C Repair (21), Endocem MTA Premixed (22) ve NeoPutty'nin (23) dişin renklenmesi üzerine etkisini inceleyen birer adet çalışmaya ulaşılmıştır. Biz de çalışmamızda Biodentine, Bio-C Repair, Endocem MTA Premixed ve NeoPutty'nin dişin renklenmesi üzerine etkisini karşılaştırmayı hedefledik.

Malzemelerin renklendirme özelliklerini kıyaslamak amacıyla mine dentin diskleri, sığır dişleri ve insan dişleri kullanılarak yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (295,297,298). Bu çalışmada anatomik olarak benzer dişler elde etmenin kolaylığı ve standardize perforasyon alanı oluşturmanın daha rahat olması sebebiyle insan alt molar dişleri kullanıldı. Bu amaçla, periodontal sebeple çekilmiş, çürüksüz ve restorasyonu olmayan, benzer anatomideki 85 adet insan alt molar dişler tercih edildi.

Klinik çalışmalar, uzun vadede hasta kontrolü ve zaman bakımından kolay değildir. Uygulaması daha kolay ve hızlı olan in-vitro çalışmalar, ağız ortamını taklit ederek kullanılan malzemelerin değişen koşullardaki etkilerini inceler (299). Bu yüzden in-vitro çalışma tercih ettik.

Diş çekimi yapıldıktan sonra dentinde bazı yapısal değişiklikler meydana gelmektedir, bu nedenle deney başlangıcına kadar dişlerin solüsyonlarda muhafaza edilmesi gerekliliği belirtilmiştir. Bu amaçla en fazla kullanılan solüsyonlar; %0.1 timollü su, %0.5 kloramin-T, %10 formalin, %2 gluteraldehit, demineralize su, musluk suyu ve steril salindir (300). Ancak bu solüsyonların kullanımı hakkında herhangi bir görüş birliği mevcut değildir. Bu çalışmada ise çekildikten sonra dişler deney başlayıncaya kadar köklerdeki artıklar uzaklaştırılarak, Cavalcante ve ark.'nın (301) çalışmasında olduğu gibi % 0.1 timollü suda bekletilmiştir. Ağız ortamını yansıtmayı amacıyla deney süresince 6 ay boyunca % 100 nem ve 37°C'de inkübatörde saklanmıştır.

Marconyak ve ark. (2016) ile Beatty ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarda materyallerin dişin renklenmesine etkisini gözlemlemek için dişleri 2 ay boyunca takip etmişlerdir (302,303). Ramos ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada dişler renk değişimini gözlemlemek için 1 yıl boyunca takip edilmiştir (304). Kang ve ark.'nın renk değişimini

incelemek için yaptığı çalışmada ise dişler 1.hafta, 2.hafta, 4.hafta, 8.hafta, 12.hafta ve 16.haftada değerlendirilmiş ve renk değişiminin 16. haftada devam ettiği görülmüştür (305). Bu çalışmada farklı materyallerin diş renklenmesine etkisi 1. hafta, 1. ay, 3. ay ve 6. ayda değerlendirilmiştir. Biodentine'in dişin renk değişimine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda 1 yıllık takip sonrası ölçülen ΔE değeri, 6 aylık takip sonrası ölçülen ΔE değerinden daha büyük bulunmuştur. Böylece Biodentine'in renklenmesinin 6 ay ile 1 yıl arasındaki dönemde gerçekleşebileceğini öne sürülmektedir (19,306). Bizim çalışmamızda farklı materyalleri karşılaştıran diğer birçok çalışmada (18,19,295) olduğu gibi en fazla 6 aylık değerlendirme sonuçları bulunmaktadır.

Renk değişimini değerlendiren çalışmaların çoğunda mine-sement birleşiminin altındaki kök kesilerek deneyde kullanılan materyal apikalden uygulanmıştır (307,308). Alsubait ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada restoratif materyale veya koronal mikrosızıntıya bağlı renk değişimini önlemek için okluzal giriş kavitesi açılmamıştır (14). Bir giriş kavitesi hazırlamak klinik duruma benzer olsa da, giriş kavitesinin kompozit rezin ile doldurulması çalışmanın sonuçlarını etkileyebilir. Yapılan bir çalışmada polimerizasyon ışının, WMTA'da renk değişikliğine neden olduğu, ancak Biodentine'de böyle bir etki yaratmadığı bildirilmiştir (309). Bunun WMTA'daki bizmut oksitten kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan başka bir çalışmada, alt molar dişlerin kökleri kesilerek, kullanılan materyal korondan pulpa odasına uygulanmıştır (310). Bizim çalışmamızda perfore alanın daha net görülmesi için dişlerin kökleri mine-sement birleşiminin 2 mm altından kesilerek uzaklaştırılmış ve klinik durumu yansıtmaları için okluzal erişim kavitesi açılmıştır. 1.4 mm çapındaki elmas rond frezle apikalden furkasyon alanı oluşturulmuştur (123). Marconyak ve ark.'nın yaptığı çalışmada olduğu gibi standardizasyonu sağlamak için bukkal mine-dentin kalınlığı dijital kumpas kullanılarak 2.5-3 mm'ye ayarlanmış, böylece spektrofotometrede ölçüm yaparken mine-dentin kalınlığına bağlı oluşan renk değişimleri engellenmiştir (310).

Dişlerde renk değişiklikleri, görsel olarak, spektrofotometre, kolorimetre ve dijital fotoğrafların bilgisayar analizi gibi belirli cihazlarla ölçülebilir (311–313). Guo ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada kolorimetrenin renk ölçümünde güvenilir bir cihaz olduğu gösterilmiştir (314). Bunu yanı sıra yapılan birçok çalışmada kolorimetre kullanmanın dezavantajları belirtilmiştir. Bunlar, cihazın düz yüzeyleri ölçmek için tasarlanmış olması ve önemli kenar kaybı etkisine sahip olmasıdır (315–317). Dijital kameralarla renk ölçümü yapmak ise etkili ve kolaydır. Ancak aydınlatma ve fotoğraf çekerken kullanılan açısı, rengin

kamera tarafından algılanmasını etkileyeceğinden tek başına kullanıldığında güvenilir bir yöntem değildir (318). CIE Lab renk uzayı sistemi, renk konularında uluslararası standartlaşma için bir düzenleme olup ISO tarafından tanınmıştır. Vita Easy Shade ile yapılan spektrofotometrik analiz, renkteki küçük değişikliklere duyarlılık, tekrarlanabilirlik ve nesnellik özelliklerine sahiptir. Birçok çalışmada renk ölçümü için spektrofotometre kullanılmıştır (17,18,298,308,310,319). Dozić ve ark.'na (2007) göre, spektrofotometre in-vitro ve in-vivo çalışmalarda en güvenilir cihazdır (320). Bu yüzden bu çalışmada renk değerleri CIE Lab renk uzayı kullanılarak, tutarlı ışık koşullarında ve aynı operatör tarafından VITA Easyshade® V spektrofotometresi kullanılarak kaydedildi.

Biodentine'in sertleşme kinetiği geleneksel kalsiyum silikatlardan farklıdır. Üretici firma kompozitten kaynaklanan büzülme kuvvetlerinden Biodentine'in etkilenmemesi, maksimum fiziko-mekanik özelliklere ulaşması için 2 hafta beklenmesini, sonrasında daimî restorasyon yapılmasını önermiştir. Hashem ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada Biodentine'in erken (5 dk) ve geç (2 hafta) sertleşme evresinde bağlanma dayanımı kıyaslanmış, geç sertleşme evresinde daha yüksek olduğu bulunmuştur (203). Bu çalışmada Biodentine grubunda, furkasyon alanına Biodentine uygulandıktan sonra nemli pamuk yerleştirilip geçici dolgu yapılmıştır. Daimî restorasyon 2 hafta sonra tamamlanmıştır.

Biodentine'in dişte renk değişimine etkisinin değerlendirildiği birçok çalışma yapılmış, bu çalışmalarda karşılaştırıldığı materyallere göre istatistiksel olarak daha az renk değişimine sebep olduğu gösterilmiştir (17,18,181,295,296,298,303). Bizim çalışmamızın Biodentine grubunda elde edilen sonuçları, bu çalışmalarla uyumludur.

L değeri renk tonundan bağımsız olarak bir rengin parlaklığını ifade eder. ΔL ise parlaklık değişimi anlamına gelmektedir. Shokouhinejad ve ark.'nın yaptığı çalışmada ön dişlerde Biodentine ve farklı üç kalsiyum silikat esaslı materyalin renk değişimine etkileri materyaller uygulandıktan 24 saat, 1 ay ve 6 ay sonra spektrofotometre ile karşılaştırılmış, tüm deney gruplarında ΔL 'nin zamanla önemli ölçüde azaldığı görülmüştür (306). Bizim çalışmamızda ise ΔL değerinin 1. ay ve 3. aylar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermediği diğer zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gösterdiği bulunmuştur. İki çalışma arasındaki bu farklılık ölçümlerin farklı zaman aralıklarında yapılmasına, kullanılan farklı diş gruplarına ve renk ölçüm cihazlarına bağlanabilir.

ΔE değeri toplam renk değişimini ifade eder. Al-Hiyasat ve ark. yaptıkları bir çalışmada Biodentine ve farklı dört kalsiyum silikat esaslı materyalin dişin renk değişimi

üzerine etkilerini 6 ay boyunca incelemiştir. Deney sonucunda test edilen malzemelere bakılmaksızın, farklı zaman aralıkları için ölçülen ΔE değerinin 3. ay ve 6. aylar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı diğer zaman aralıkları arasında anlamlı olduğu gösterilmiştir (321). Bizim çalışmamızın bulguları da Al-Hiyasat ve ark.'nın yaptığı çalışmayla uyumludur.

Yapılan bir çalışmada sığır dişlerinde pulpotomide kullanılan Bio-C Repair, Biodentine ve Bio-C Temp'in renk değişimine etkisi spektrofotometre ile kıyaslanmış, Bio-C Repair'n anlamlı derecede daha az renk değişikliğine neden olduğu belirtilmiştir (21). Bizim çalışmamızda ise Biodentine ve Bio-C Repair arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. İki çalışma arasındaki fark Oliveira ve ark.'nın yaptığı çalışmada kullanılan sığır dişlerine ve pulpotomi prosedüründe materyalin kanla etkileşimde olmasına bağlanabilir.

Endocem hızlı sertleşen MTA türevi bir simandır. Kimyasal bileşimi MTA'ya benzer olup radyopaklaştırıcı olarak bizmut oksit içerir. İçeriğinde bizmut oksit içeren materyallerin dişte renk değişimine sebep olduğu düşünüldüğünden bu dezavantajın üstesinden gelmek için Endocem'deki radyopaklaştırıcı bizmut oksit yerine zirkonyum oksitin kullanıldığı Endocem Zr geliştirilmiştir. Yapılan bir çalışmada Endocem Zr, Retro MTA, MTA Angelus ve ProRoot MTA'nın renk değişim potansiyelleri karşılaştırılmış, radyopaklaştırıcı olarak zirkonyum oksit içeren Endocem Zr ve Retro MTA'nın önemli ölçüde daha az renk değişimine sebep olduğu belirtilmiştir (305). Retrograd dolgu materyali olarak Endocem Zr, ProRoot MTA ve ERRM'nin kullanıldığı bir çalışmada dişte meydana getirdikleri renk değişimleri kıyaslanmış, Endocem Zr ve ERRM'nin ProRoot MTA'ya göre istatistiksel olarak daha az renk değişimine neden olduğu gösterilmiştir (322). Bizim çalışmamızda Endocem Zr'nin premixed formu olan ECMP kullanıldı ve Biodentine'e göre 3. ve 6. aylarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla renk değişimine neden oldu. ECMP'nin kullanıldığı başka bir çalışmada ise rejeneratif endodontik tedavi prosedürlerinde kullanıldığında dentin bağlayıcı ajan (DBA) varlığında/yokluğunda dişin renklenmesi üzerine etkisi Biodentine ile karşılaştırılmıştır (323). DBA içermeyen grupta Biodentine'de meydana gelen renk değişiminin ECMP'den daha düşük olduğu gösterilmiştir (22). Bizim çalışmamızın sonucu Choi ve ark.'nın çalışmasının sonucuyla uyumludur.

NeoMTA Plus, radyopaklaştırıcı olarak tantalyum oksit içeren modifiye edilmiş bir hızlı sertleşen MTA formudur. NeoMTA 2, öncülü NeoMTA Plus'tan daha fazla tantalyum

oksit ve farklı polimerlere sahiptir (324,325). Pulpotomi prosedüründe NeoMTA 2, ProRoot MTA, MTA Angelus, ERRM Putty ve Biodentine'in insan molar dişlerinde kullanıldığı bir çalışmada renk değişimine etkileri karşılaştırılmış, NeoMTA 2, ERRM Putty ve Biodentine grubunda dişte meydana gelen renk değişiminin ProRoot MTA ve MTA Angelus'a göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bulunduğu gösterilmiştir (326). Yapılan bir çalışmada daimi anterior dişlerin revaskülarizasyonunda iki farklı koronal tıkaç materyalinin kullanılmasının dişin renklenmesi üzerine etkisi karşılaştırılmış ve NeoMTA 2'de WMTA'a göre anlamlı derecede daha az renk değişimi meydana geldiği belirtilmiştir (327). Yapılan başka bir çalışmada NeoMTA Plus ve MTA Plus'ın distile su, EDTA ve NaOCl solüsyonları ile temasındaki renk değişimleri kıyaslanmıştır. Distile su ve EDTA'ya batırıldığında renk değişimlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı, MTA Plus'ın, NaOCl ile temasından sonra önemli ölçüde daha fazla renk değişikliği gösterdiği belirtilmiştir (13). Bizim çalışmamızda NeoMTA 2'nin premixed formu olan NeoPutty kullanıldı ve Biodentine'e göre 3. ve 6. aylarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla renk değişimine neden oldu. NeoPutty'nin kullanıldığı başka bir çalışmada ise farklı irrigasyon solüsyonlarıyla temasında renk stabilitesi ve çözünürlüğü Biodentine ile karşılaştırılmıştır. İki materyal kaplara yerleştirilmiş, farklı irrigasyon solüsyonlarına (NaOCl, EDTA, CHX) batırılmış ve spektrofotometre ile renk değişimleri ölçülmüştür. Biodentine grubunun NeoPutty' e göre, distile su haricindeki tüm solüsyonlarla temas ettiğinde daha yüksek renk değişimi gösterdiği bulunmuştur (23). Usta ve Keskin bu çalışmalarında solüsyonlarla temas sonrası direkt materyallerde meydana gelen renk değişimini gözlemlerken, biz çalışmamızda materyallerin dişte meydana getirdiği renk değişimini değerlendirdik. Bu nedenle farklı sonuçlara ulaşmış olabiliriz.

Çalışmamızda karşılaştırılan aynı radyoopaklaştırıcıya sahip Biodentine, Bio-C Repair ve Endocem MTA Premixed'in radyoopasiteleri değerlendirildiğinde Biodentine'in radyoopasitesinin 3.5 mm alüminyuma, Bio-C Repair'ın radyoopasitesinin 7 mm alüminyuma ve ECMP'nin radyoopasitesinin 8.2 mm alüminyuma eşdeğer olduğu bildirilmiştir (208,219). Ayrıca Biodentine'in içeriğinde %5.07 (328), Endocem MTA Premixed'in ise %45-55 (329) oranında zirkonyum oksit bulunduğu önceki çalışmalarda gösterilmiştir, Bio-C Repair hakkında üretici firma zirkonyum oksit oranını henüz literatürde paylaşmamıştır. Tüm bu nedenlerle dişteki renk değişimi üzerine etkileri karşılaştırıldığında, Biodentine grubunda meydana gelen renk değişiminin ECMP grubuna göre daha düşük olması, içerdikleri zirkonyum oksit miktarına bağlanabilir. Bio-C Repair'da meydana gelen

renk değişiminin ECMP'den daha az olmasının sebebi daha düşük alüminyum değerinde hesaplanan radyopaklaştırmacı içermesiyle açıklanabilir.

Çalışmamızın kısıtlılığı ise renk değişimi üzerine sadece in-vitro gözlemsel veriler sağlamasıdır. İn-vivo renk değişimini araştırmak için klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, estetik açıdan önemli bölgelerde kullanım için uygun materyali belirlemek amacıyla furkasyon perforasyon tedavisi için kullanılan çeşitli yeni tip tamir materyalleri üzerinde renk değişim deneyleri gerçekleştirilmiştir. Perforasyon tamirinde kullanılan farklı kalsiyum silikat bazlı materyallerin oluşturduğu renk değişiminin spektrofotometrik analizi in-vitro şartlarda incelenmiştir. Bu çalışmanın sınırları dahilinde elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

✓ Biodentine'in renk değişimine etkisi, Endocem MTA Premixed ve NeoPutty'den anlamlı derece düşük bulunmuş, Bio-C Repair ile kıyaslandığında ise anlamlı bir farklılık göstermemiştir.

✓ Gruplar arası karşılaştırmalarda, ΔL değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

✓ Gruplardan bağımsız tüm zaman aralıklarında ΔE değerlerinde 3. ve 6. aylar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yokken diğer zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

✓ Gruplardan bağımsız tüm zaman aralıklarında ΔL değerlerinde 1.ve 3. aylar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yokken diğer zaman aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

✓ Materyalin içeriğindeki zirkonyum oksit oranı arttıkça dişte meydana gelen renk değişimi artabilir.

✓ Estetik kaygılar gözetildiğinde, tamir materyali olarak Biodentine ve Bio-C Repair tercih edilebilir.

✓ Yeni tip kalsiyum silikat esaslı materyallerin neden olduğu diş renk değişiminin araştırıldığı daha kapsamlı yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Alhadainy Ha. Root Perforations. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1994 Sep;78(3):368–74.
2. Jew Rck, Weine Fs, Keene Jj, Smulson Mh. A Histologic Evaluation Of Periodontal Tissues Adjacent To Root Perforations Filled With Cavit. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1982 Jul;54(1):124–35.
3. Moloney L, Feik S, Ellender G. Sealing Ability Of Three Materials Used To Repair Lateral Root Perforations. J Endod. 1993 Feb;19(2):59–62.
4. Aguirre R, Eldeeb Me, Eldeeb Me. Evaluation Of The Repair Of Mechanical Furcation Perforations Using Amalgam, Gutta-Percha, Or Indium Foil. J Endod. 1986 Jan;12(6):249–56.
5. Bhuva B, Ikram O. Complications In Endodontics. Prim Dent J. 2020 Dec 23;9(4):52–8.
6. Da Silva Ejl, Andrade C, Tay L, Herrera D. Furcal-Perforation Repair With Mineral Trioxide Aggregate: Two Years Follow-Up. Indian Journal Of Dental Research. 2012;23(4):542.
7. Kvinnslund I, Oswald Rj, Halse A, Grønningsæter Ag. A Clinical And Roentgenological Study Of 55 Cases Of Root Perforation. Int Endod J. 1989 Mar 25;22(2):75–84.
8. Seltzer S, Sinai I, August D. Periodontal Effects Of Root Perforations Before And During Endodontic Procedures. J Dent Res. 1970 Feb 9;49(2):332–9.
9. Sethi S, Bhushan J, Joshi R, Singla R, Sidhu K. Effect Of Different Irrigants On The Push-Out Bond Strength Of Biodentine And Theracal Lc When Used For Perforation Repair In Simulated Condition. Journal Of Conservative Dentistry. 2023;26(3):321.
10. Alsubait Sa. Effect Of Sodium Hypochlorite On Push-Out Bond Strength Of Four Calcium Silicate-Based Endodontic Materials When Used For Repairing

- Perforations On Human Dentin: An In Vitro Evaluation. *J Contemp Dent Pract*. 2017 Apr;18(4):289–94.
11. Belobrov I, Parashos P. Treatment Of Tooth Discoloration After The Use Of White Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2011 Jul;37(7):1017–20.
 12. Karabucak B, Li D, Lim J, Iqbal M. Vital Pulp Therapy With Mineral Trioxide Aggregate. *Dental Traumatology*. 2005 Aug 18;21(4):240–3.
 13. Keskin C, Sarıyılmaz E. Color Stability Of Neomta Plus And Mta Plus When Mixed With Anti-Washout Gel Or Distilled Water. *Meandros Medical And Dental Journal*. 2018 Dec 1;19(4):296–301.
 14. Alsubait S, Al-Haidar S, Al-Sharyan N. A Comparison Of The Discoloration Potential For Endosequence Bioceramic Root Repair Material Fast Set Putty And Proroot Mta In Human Teeth: An In Vitro Study. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2017 Feb 17;29(1):59–67.
 15. Steffen R, Van Waes H. Understanding Mineral Trioxide Aggregate/Portlandcement: A Review Of Literature And Background Factors. *European Archives Of Paediatric Dentistry*. 2009 Jun 27;10(2):93–7.
 16. Persson C, Engqvist H. Premixed Calcium Silicate Cement For Endodontic Applications. *Biomatter*. 2011 Jul 29;1(1):76–80.
 17. Adl A, Javanmardi S, Abbaszadegan A. Assessment Of Tooth Discoloration Induced By Biodentine And White Mineral Trioxide Aggregate In The Presence Of Blood. *Journal Of Conservative Dentistry*. 2019;22(2):164.
 18. Madani Z, Alvandifar S, Bizhani A. Evaluation Of Tooth Discoloration After Treatment With Mineral Trioxide Aggregate, Calcium-Enriched Mixture, And Biodentine® In The Presence And Absence Of Blood. *Dent Res J (Isfahan)*. 2019;16(6):377–83.
 19. Vallés M, Roig M, Duran-Sindreu F, Martínez S, Mercadé M. Color Stability Of Teeth Restored With Biodentine: A 6-Month In Vitro Study. *J Endod*. 2015 Jul;41(7):1157–60.

20. Rajasekharan S, Martens Lc, Cauwels Rgec, Verbeeck Rmh. Biodentine™ Material Characteristics And Clinical Applications: A Review Of The Literature. *European Archives Of Paediatric Dentistry*. 2014 Jun 11;15(3):147–58.
21. Oliveira Lv, De Souza Gl, Da Silva Gr, Magalhães Tea, Freitas Gan, Turriani Ap, Et Al. Biological Parameters, Discolouration And Radiopacity Of Calcium Silicate-Based Materials In A Simulated Model Of Partial Pulpotomy. *Int Endod J*. 2021 Nov 6;54(11):2133–44.
22. Han J, Kim G, Lee J. An In Vitro Study Of The Effects Of Different Dentin Bonding Agents On The Prevention Of Tooth Discoloration And The Sealing Ability Of Calcium Silicate-Based Cement In Regenerative Endodontic Procedures. *The Journal Of The Korean Academy Of Pediatric Dentistry*. 2023 Aug 31;50(3):277–91.
23. Usta Sn, Keskin C. Color Stability And Solubility Of Biodentine And Neoputty In Contact With Different Irrigation Solutions. *Restor Dent Endod*. 2024;49.
24. Nekoofer Mh. Letter To The Editor. *Int Endod J*. 2005 Jun 18;38(6):417–8.
25. Song M, Kim Hc, Lee W, Kim E. Analysis Of The Cause Of Failure In Nonsurgical Endodontic Treatment By Microscopic Inspection During Endodontic Microsurgery. *J Endod*. 2011 Nov;37(11):1516–9.
26. Ashley M, Harris I. The Assessment Of The Endodontically Treated Tooth. *Dent Update*. 2001 Jun 2;28(5):247–52.
27. Siqueira Jf. Aetiology Of Root Canal Treatment Failure: Why Well-Treated Teeth Can Fail. *Int Endod J*. 2001 Jan 7;34(1):1–10.
28. Da Silva Ejl, Andrade C, Tay L, Herrera D. Furcal-Perforation Repair With Mineral Trioxide Aggregate: Two Years Follow-Up. *Indian Journal Of Dental Research*. 2012;23(4):542.
29. Ingle J1 . *Endodontics*. 3rd Ed. Philadelphia: Lea & Febiger -. In.
30. Alhadainy Ha, Himel Vt. An In Vitro Evaluation Of Plaster Of Paris Barriers Used Under Amalgam And Glass Ionomer To Repair Furcation Perforations. *J Endod*. 1994 Sep;20(9):449–52.

31. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment Outcome In Endodontics: The Toronto Study. Phases I And I1: Orthograde Retreatment. J Endod. 2004 Sep;30(9):627–33.
32. Holland R, Arlindootobonifilho J, Desouza V, Juvenalnery M, Felicioestrabernabe P, Dezanjunior E. Mineral Trioxide Aggregate Repair Of Lateral Root Perforations. J Endod. 2001 Apr;27(4):281–4.
33. Roda Rs. Root Perforation Repair: Surgical And Nonsurgical Management. Pract Proced Aesthet Dent. 2001 Aug;13(6):467–72; Quiz 474.
34. Moloney L, Feik S, Ellender G. Sealing Ability Of Three Materials Used To Repair Lateral Root Perforations. J Endod. 1993 Feb;19(2):59–62.
35. Alghamdi N. Endodontic Management Of Type I Maxillary First Molar With Two Palatal Roots Using Cone-Beam Computed Tomography. Dent J. 2024 Jan 24;57(1):1–3.
36. Aslan T, Esim E, Üstün Y, Dönmez Özkan H. Evaluation Of Stress Distributions In Mandibular Molar Teeth With Different Iatrogenic Root Perforations Repaired With Biodentine Or Mineral Trioxide Aggregate: A Finite Element Analysis Study. J Endod. 2021 Apr;47(4):631–40.
37. Kuttler S, Mclean A, Dorn S, Fischzang A. The Impact Of Post Space Preparation With Gates-Glidden Drills On Residual Dentin Thickness In Distal Roots Of Mandibular Molars. The Journal Of The American Dental Association. 2004 Jul;135(7):903–9.
38. Sinai Ih. Endodontic Perforations: Their Prognosis And Treatment. The Journal Of The American Dental Association. 1977 Jul;95(1):90–5.
39. Trope M. Root Resorption Of Dental And Traumatic Origin: Classification Based On Etiology. Pract Periodontics Aesthet Dent. 1998 May;10(4):515–22.
40. Altunbaş D, Kuştarıcı A, Toyoğlu M. The Influence Of Various Irrigants On The Accuracy Of 2 Electronic Apex Locators In Locating Simulated Root Perforations. J Endod. 2017 Mar;43(3):439–42.

41. Nekoofar Mh, Ghandi Mm, Hayes Sj, Dummer Pmh. The Fundamental Operating Principles Of Electronic Root Canal Length Measurement Devices. *Int Endod J*. 2006 Aug 7;39(8):595–609.
42. Shemesh H, Cristescu Rc, Wesselink Pr, Wu Mk. The Use Of Cone-Beam Computed Tomography And Digital Periapical Radiographs To Diagnose Root Perforations. *J Endod*. 2011 Apr;37(4):513–6.
43. Wong R, Cho F. Microscopic Management Of Procedural Errors. *Dent Clin North Am*. 1997 Jul;41(3):455–79.
44. Tsesis I, Fuss Z. Diagnosis And Treatment Of Accidental Root Perforations. *Endod Topics*. 2006 Mar 21;13(1):95–107.
45. Clauder T, Shin S. Repair Of Perforations With Mta: Clinical Applications And Mechanisms Of Action. *Endod Topics*. 2006 Nov 19;15(1):32–55.
46. Nicholls E. Treatment Of Traumatic Perforations Of The Pulp Cavity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1962 May;15(5):603–12.
47. Fuss Z, Trope M. Root Perforations: Classification And Treatment Choices Based On Prognostic Factors. *Dental Traumatology*. 1996 Dec 27;12(6):255–64.
48. Deutsch A, Musikant B. Morphological Measurements Of Anatomic Landmarks In Human Maxillary And Mandibular Molar Pulp Chambers. *J Endod*. 2004 Jun;30(6):388–90.
49. Mozayeni Ma, Asnaashari M, Modaresi Sj. Clinical And Radiographic Evaluation Of Procedural Accidents And Errors During Root Canal Therapy. *Iran Endod J*. 2006;1(3):97–100.
50. Franco V, Fabiani C, Taschieri S, Malentacca A, Bortolin M, Del Fabbro M. Investigation On The Shaping Ability Of Nickel-Titanium Files When Used With A Reciprocating Motion. *J Endod*. 2011 Oct;37(10):1398–401.
51. Güler Ç, Gurbuz T, Yilmaz Y. The Clinical Success Of Different Root Canal Treatments In Primary Molars. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2013 Jan 31;16(1).
52. Walton R. Histologic Evaluation Of Different Methods Of Enlarging The Pulp Canal Space. *J Endod*. 1976 Oct;2(10):304–11.

53. Tinaz Ac, Alaçam T, Topuz O, Er O, Maden M. Lateral Perforation İn Parallel Post Space Preparations. *J Contemp Dent Pract*. 2004 Aug 15;5(3):42–50.
54. Peters Oa, Schönenberger K, Laib A. Effects Of Four Ni–Ti Preparation Techniques On Root Canal Geometry Assessed By Micro Computed Tomography. *Int Endod J*. 2001 Apr 21;34(3):221–30.
55. Booth J, Scheetz J, Lemons J, Eleazer P. A Comparison Of Torque Required To Fracture Three Different Nickel-Titanium Rotary Instruments Around Curves Of The Same Angle But Of Different Radius When Bound At The Tip. *J Endod*. 2003 Jan;29(1):55–7.
56. Plotino G, Pameijer C, Mariagrande N, Somma F. Ultrasonics İn Endodontics: A Review Of The Literature. *J Endod*. 2007 Feb;33(2):81–95.
57. Louis H. Berman Ve Kenneth M. Hargreaves. Cohen’s Pathways Of The Pulp . 2006. 992–994 P.
58. Oswald Rj. Procedural Accidents And Their Repair. *Dent Clin North Am*. 1979 Oct;23(4):593–616.
59. Frank Al. Resorption, Perforations, And Fractures. *Dent Clin North Am*. 1974 Apr;18(2):465–87.
60. Fuss Z, Trope M. Root Perforations: Classification And Treatment Choices Based On Prognostic Factors. *Dental Traumatology*. 1996 Dec 27;12(6):255–64.
61. Dazey S, Senia Es. An İn Vitro Comparison Of The Sealing Ability Of Materials Placed İn Lateral Root Perforations. *J Endod*. 1990 Jan;16(1):19–23.
62. Sinai Ih. Endodontic Perforations: Their Prognosis And Treatment. *J Am Dent Assoc*. 1977 Jul;95(1):90–5.
63. Petersson K, Hasselgren G, Tronstad L. Endodontic Treatment Of Experimental Root Perforations İn Dog Teeth. *Dental Traumatology*. 1985 Feb 27;1(1):22–8.
64. Balla R, Lomonaco Cj, Skribner J, Lin Lm. Histological Study Of Furcation Perforations Treated With Tricalcium Phosphate, Hydroxylapatite, Amalgam, And Life. *J Endod*. 1991 May;17(5):234–8.

65. Askerbeyli Örs S, Aksel H, Küçükkaya Eren S, Serper A. Effect Of Perforation Size And Furcal Lesion On Stress Distribution In Mandibular Molars: A Finite Element Analysis. *Int Endod J*. 2019 Mar;52(3):377–84.
66. Himel Vt, Brady J, Weir J. Evaluation Of Repair Of Mechanical Perforations Of The Pulp Chamber Floor Using Biodegradable Tricalcium Phosphate Or Calcium Hydroxide. *J Endod*. 1985 Apr;11(4):161–5.
67. Bogaerts P. Treatment Of Root Perforations With Calcium Hydroxide And Supereba Cement: A Clinical Report. *Int Endod J*. 1997 May 25;30(3):210–9.
68. Oswald Rj. Procedural Accidents And Their Repair. *Dent Clin North Am*. 1979 Oct;23(4):593–616.
69. Benenati Fw, Roane Jb, Biggs Jt, Simon Jh. Recall Evaluation Of Iatrogenic Root Perforations Repaired With Amalgam And Gutta-Percha. *J Endod*. 1986 Jan;12(4):161–6.
70. 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 Oct;4(4):475–81.
71. Bryan Eb, Woollard G, Mitchell Wc. Nonsurgical Repair Of Furcal Perforations: A Literature Review. *Gen Dent*. 1999;47(3):274–8; Quiz 279–80.
72. Clauder T, Shin S. Repair Of Perforations With Mta: Clinical Applications And Mechanisms Of Action. *Endod Topics*. 2006 Nov 19;15(1):32–55.
73. Saed Sm, Ashley Mp, Darcey J. Root Perforations: Aetiology, Management Strategies And Outcomes. *The Hole Truth. Br Dent J*. 2016 Feb 26;220(4):171–80.
74. Hülsmann M, Hahn W. Complications During Root Canal Irrigation – Literature Review And Case Reports. *Int Endod J*. 2000 May 24;33(3):186–93.
75. Bargholz C. Perforation Repair With Mineral Trioxide Aggregate: A Modified Matrix Concept. *Int Endod J*. 2005 Jan 13;38(1):59–69.
76. Jeansonne Bg, Boggs Ws, Lemon Rr. Ferric Sulfate Hemostasis: Effect On Osseous Wound Healing. Ii. With Curettage And Irrigation. *J Endod*. 1993 Apr;19(4):174–6.

77. Simon Jhs, Kelly Wh, Gordon Dg, Ericksen Gw. Extrusion Of Endodontically Treated Teeth. The Journal Of The American Dental Association. 1978 Jul;97(1):17–23.
78. Weisman Ml. Treatment Of An Unusual Perforation Of An Anterior Tooth. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1959 Jun;12(6):732–5.
79. Saed Sm, Ashley Mp, Darcey J. Root Perforations: Aetiology, Management Strategies And Outcomes. The Hole Truth. Br Dent J. 2016 Feb 26;220(4):171–80.
80. 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 Oct;4(4):475–81.
81. Aggarwal V, Miglani S, Kohli S, Singla M. Comparative Evaluation Of Push-Out Bond Strength Of Proroot Mta, Biodentine, And Mta Plus In Furcation Perforation Repair. Journal Of Conservative Dentistry. 2013;16(5):462.
82. Wong R, Cho F. Microscopic Management Of Procedural Errors. Dent Clin North Am. 1997 Jul;41(3):455–79.
83. Gutmann JI HJ (1991). Surgical Endodontics. Boston, Ma: Blackwell Scientific Publications. P:409-422.
84. Alaçam T. Endodonti. 1. Baskı, İstanbul, Özyurt Matbaacılık, S.:462, S.:469, S.:471-472, S:705, S.:1173. 2012;
85. Pitt Ford Tr, Torabinejad M, Mckendry Dj, Hong Cu, Kariyawasam Sp. Use Of Mineral Trioxide Aggregate For Repair Of Furcal Perforations. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology. 1995 Jun;79(6):756–63.
86. Elnaghy Am. Influence Of Qmix Irrigant On The Micropush-Out Bond Strength Of Biodentine And White Mineral Trioxide Aggregate. J Adhes Dent. 2014 Jun;16(3):277–83.
87. Hashem Aar, Wanees Amin Sa. The Effect Of Acidity On Dislodgment Resistance Of Mineral Trioxide Aggregate And Bioaggregate In Furcation Perforations: An In Vitro Comparative Study. J Endod. 2012 Feb;38(2):245–9.

88. Setzer Fc, Boyer Kr, Jeppson Jr, Karabucak B, Kim S. Long-Term Prognosis Of Endodontically Treated Teeth: A Retrospective Analysis Of Preoperative Factors In Molars. *J Endod*. 2011 Jan;37(1):21–5.
89. De-Deus G, Petruccelli V, Gurgel-Filho E, Coutinho-Filho T. Mta Versus Portland Cement As Repair Material For Furcal Perforations: A Laboratory Study Using A Polymicrobial Leakage Model. *Int Endod J*. 2006 Apr 10;39(4):293–8.
90. Kakani Ak. A Review On Perforation Repair Materials. *Journal Of Clinical And Diagnostic Research*. 2015;
91. Psarras V, Wennberg A, Dérand T. Cytotoxicity Of Corroded Gallium And Dental Amalgam Alloys: An In Vitro Study. *Acta Odontol Scand*. 1992 Jan 2;50(1):31–6.
92. Kaga M, Seale Ns, Hanawa T, Ferracane JI, Waite De, Okabe T. Cytotoxicity Of Amalgams, Alloys, And Their Elements And Phases. *Dental Materials*. 1991 Jan;7(1):68–72.
93. 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 Jan;8(10):459–66.
94. Gartner Ah, Dorn So. Advances In Endodontic Surgery. *Dent Clin North Am*. 1992 Apr;36(2):357–78.
95. Oynick J, Oynick T. Treatment Of Endodontic Perforations. *J Endod*. 1985 Apr;11(4):191–2.
96. Kennethweldonjr J, Pashley D, Loushine R, Normanweller R, Frankkimbrough W. Sealing Ability Of Mineral Trioxide Aggregate And Super-Eba When Used As Furcation Repair Materials: A Longitudinal Study. *J Endod*. 2002 Jun;28(6):467–70.
97. Naoum Hj, Chandler Np. Temporization For Endodontics. *Int Endod J*. 2002 Dec 11;35(12):964–78.
98. Frank Al, Weine Fs. Nonsurgical Therapy For The Perforative Defect Of Internal Resorption. *The Journal Of The American Dental Association*. 1973 Oct;87(4):863–8.
99. Dorn S, Gartner A. Retrograde Filling Materials: A Retrospective Success-Failure Study Of Amalgam, Eba, And Irm. *J Endod*. 1990 Aug;16(8):391–3.

100. Özçopur B, Akman M, Hakkı S, Belli S. Perforasyon Tamir Materyallerinin Sızıntı Ve Kalitesi: İntrakoronal Ve Retrograd Tekniklerin Karşılaştırılması. *Selcuk Dental Journal*. 2014 Dec 1;1(3):92–92.
101. Mannocci F, Vichi A, Ferrari M. Sealing Ability Of Several Restorative Materials Used For Repair Of Lateral Root Perforations. *J Endod*. 1997 Oct;23(10):639–41.
102. Nazeer A, Nazir A, Manzoor Sa, Khan Ma, Shaukat Z, Saleem M, Et Al. Efficacy Of Mineral Trioxide Aggregate (Mta) As A Reparative Material İn Iatrogenic Furcal Perforations İn Mandibular Molars. *Cureus*. 2024 Jan 29;
103. Koch Ka, Brave Dg. Bioceramics, Part I: The Clinician’s Viewpoint. *Dent Today*. 2012 Jan;31(1):130–5.
104. Lee Y. Effects Of Physiological Environments On The Hydration Behavior Of Mineral Trioxide Aggregate. *Biomaterials*. 2004 Feb;25(5):787–93.
105. Atmeh Ar, Chong Ez, Richard G, Festy F, Watson Tf. Dentin-Cement Interfacial Interaction. *J Dent Res*. 2012 May 20;91(5):454–9.
106. Witte. Portland Cement A Material For Filling. *The Dental Register*. 1878 May;32(5):219–20.
107. Pérez Al, Spears R, Gutmann Jl, Opperman La. Osteoblasts And Mg-63 Osteosarcoma Cells Behave Differently When İn Contact With Proroottm Mta And White Mta. *Int Endod J*. 2003 Aug 21;36(8):564–70.
108. Sarkar N, Caicedo R, Rıtwık P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical Basis Of The Biologic Properties Of Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2005 Feb;31(2):97–100.
109. Camilleri J, Montesin Fe, Di Silvio L, Pitt Ford Tr. The Chemical Constitution And Biocompatibility Of Accelerated Portland Cement For Endodontic Use. *Int Endod J*. 2005 Nov 10;38(11):834–42.
110. Govindaraju L, Neelakantan P, Gutmann Jl. Effect Of Root Canal İrrigating Solutions On The Compressive Strength Of Tricalcium Silicate Cements. *Clin Oral Investig*. 2017 Mar 28;21(2):567–71.

111. Asgary S, Eghbal Mj, Parirokh M, Ghoddusi J, Kheirieh S, Brink F. Comparison Of Mineral Trioxide Aggregate's Composition With Portland Cements And A New Endodontic Cement. *J Endod*. 2009 Feb;35(2):243–50.
112. Rao A, Rao A, Shenoy R. Mineral Trioxide Aggregate—A Review. *Journal Of Clinical Pediatric Dentistry*. 2009 Sep 1;34(1):1–8.
113. Camilleri J, Montesin F, Brady K, Sweeney R, Curtis R, Ford T. The Constitution Of Mineral Trioxide Aggregate. *Dental Materials*. 2005 Apr;21(4):297–303.
114. Torabinejad M, Hong C, McDonald F, Pittford T. Physical And Chemical Properties Of A New Root-End Filling Material. *J Endod*. 1995 Jul;21(7):349–53.
115. Yildirim T, Er K, Taşdemir T, Tahan E, Buruk K, Serper A. Effect Of Smear Layer And Root-End Cavity Thickness On Apical Sealing Ability Of Mta As A Root-End Filling Material: A Bacterial Leakage Study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology*. 2010 Jan;109(1):E67–72.
116. Bates Cf, Carnes Dl, Del Rio Ce. Longitudinal Sealing Ability Of Mineral Trioxide Aggregate As A Root-End Filling Material. *J Endod*. 1996 Nov;22(11):575–8.
117. Asgary S, Eghbal Mj, Parirokh M. Sealing Ability Of A Novel Endodontic Cement As A Root-End Filling Material. *J Biomed Mater Res A*. 2008 Dec 15;87a(3):706–9.
118. Dammaschke T, Gerth Huv, Züchner H, Schäfer E. Chemical And Physical Surface And Bulk Material Characterization Of White Proroot Mta And Two Portland Cements. *Dental Materials*. 2005 Aug;21(8):731–8.
119. Funteas Ur, Wallace Ja, Fochtman Fw. A Comparative Analysis Of Mineral Trioxide Aggregate And Portland Cement. *Australian Endodontic Journal*. 2003 Apr 11;29(1):43–4.
120. Camilleri J. Hydration Mechanisms Of Mineral Trioxide Aggregate. *Int Endod J*. 2007 Jun 9;40(6):462–70.
121. Bozeman Tb, Lemon Rr, Eleazer Pd. Elemental Analysis Of Crystal Precipitate From Gray And White Mta. *J Endod*. 2006 May;32(5):425–8.
122. Poggio C, Lombardini M, Alessandro C, Simonetta R. Solubility Of Root-End-Filling Materials: A Comparative Study. *J Endod*. 2007 Sep;33(9):1094–7.

123. Sluyk Sr, Moon Pc, Hartwell Gr. Evaluation Of Setting Properties And Retention Characteristics Of Mineral Trioxide Aggregate When Used As A Furcation Perforation Repair Material. *J Endod.* 1998 Nov;24(11):768–71.
124. Torabinejad M, Hong C, Lee S, Monsef M, Pittford T. Investigation Of Mineral Trioxide Aggregate For Root-End Filling In Dogs. *J Endod.* 1995 Dec;21(12):603–8.
125. Thomson T, Berry J, Somerman M, Kirkwood K. Cementoblasts Maintain Expression Of Osteocalcin In The Presence Of Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 2003 Jun;29(6):407–12.
126. Mah T, Basrani B, Santos J, Pascon E, Tjaderhane L, Yared G, Et Al. Periapical Inflammation Affecting Coronally-Inoculated Dog Teeth With Root Fillings Augmented By White Mta Orifice Plugs. *J Endod.* 2003 Jul;29(7):442–6.
127. Keiser K, Johnson C, Tipton D. Cytotoxicity Of Mineral Trioxide Aggregate Using Human Periodontal Ligament Fibroblasts. *J Endod.* 2000 May;26(5):288–91.
128. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, And Antibacterial Properties. *J Endod.* 2010 Jan;36(1):16–27.
129. Bozeman Tb, Lemon Rr, Eleazer Pd. Elemental Analysis Of Crystal Precipitate From Gray And White Mta. *J Endod.* 2006 May;32(5):425–8.
130. De Bruyne Maa, De Bruyne Rje, Rosiers L, De Moor Rjg. Longitudinal Study On Microleakage Of Three Root-End Filling Materials By The Fluid Transport Method And By Capillary Flow Porometry. *Int Endod J.* 2005 Feb 24;38(2):129–36.
131. Lamb El, Loushine Rj, Weller Rn, Kimbrough Wf, Pashley Dh. Effect Of Root Resection On The Apical Sealing Ability Of Mineral Trioxide Aggregate. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology.* 2003 Jun;95(6):732–5.
132. Hamad Ha, Tordik Pa, Mcclanahan Sb. Furcation Perforation Repair Comparing Gray And White Mta: A Dye Extraction Study. *J Endod.* 2006 Apr;32(4):337–40.

133. Ford Trp, Torabinejad M, Abedi Hr, Bakland Lk, Kariyawasam Sp. Using Mineral Trioxide Aggregate As A Pulp-Capping Material. *The Journal Of The American Dental Association*. 1996 Oct;127(10):1491–4.
134. 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 Mar 19;35(3):245–54.
135. 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. *Dental Traumatology*. 2005 Jun 6;21(3):150–4.
136. Chacko Drv, Kurikose Drs. Human Pulpal Response To Mineral Trioxide Aggregate (Mta): A Histologic Study. *Journal Of Clinical Pediatric Dentistry*. 2006 Apr 1;30(3):203–9.
137. Fayad Ml, Hawkinson R, Daniel J, Hao J. The Effect Of Co2 Laser Irradiation On Pdl Cell Attachment To Resected Root Surfaces. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology*. 2004 Apr;97(4):518–23.
138. Bonson S, Jeansonne Bg, Lallier Te. Root-End Filling Materials Alter Fibroblast Differentiation. *J Dent Res*. 2004 May 6;83(5):408–13.
139. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Leakage And Biocompatibility Investigations. *J Endod*. 2010 Feb;36(2):190–202.
140. Kogan P, He J, Glickman Gn, Watanabe I. The Effects Of Various Additives On Setting Properties Of Mta. *J Endod*. 2006 Jun;32(6):569–72.
141. Torabinejad M, Rastegar Af, Kettering Jd, Pitt Ford Tr. Bacterial Leakage Of Mineral Trioxide Aggregate As A Root-End Filling Material. *J Endod*. 1995 Mar;21(3):109–12.
142. Shie My, Huang Th, Kao Ct, Huang Ch, Ding Sj. The Effect Of A Physiologic Solution Ph On Properties Of White Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2009 Jan;35(1):98–101.
143. Fridland M, Rosado R. Mineral Trioxide Aggregate (Mta) Solubility And Porosity With Different Water-To-Powder Ratios. *J Endod*. 2003 Dec;29(12):814–7.

144. Al-Hezaimi K, Al-Shalan Ta, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon Jhs, Rotstein I. Antibacterial Effect Of Two Mineral Trioxide Aggregate (Mta) Preparations Against Enterococcus Faecalis And Streptococcus Sanguis In Vitro. *J Endod*. 2006 Nov;32(11):1053–6.
145. Shah Pmm, Chong Bs, Sidhu Sk, Pitt Ford Tr. Radiopacity Of Potential Root-End Filling Materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology*. 1996 Apr;81(4):476–9.
146. Vallet-Regí M. Evolution Of Bioceramics Within The Field Of Biomaterials. *Comptes Rendus Chimie*. 2009 Jun 10;13(1–2):174–85.
147. Veljović D, Čolić M, Kojić V, Bogdanović G, Kojić Z, Banjac A, Et Al. The Effect Of Grain Size On The Biocompatibility, Cell–Materials Interface, And Mechanical Properties Of Microwave-Sintered Bioceramics. *J Biomed Mater Res A*. 2012 Nov 26;100a(11):3059–70.
148. Drs Ken Koch Db& Aanu. A Review Of Bioceramic Technology In Endodontics. *Ce Article*. 2012;4–12.
149. Mangat P, Azhar S, Rathore G, Masarat F, Yand N, Sah S. Bioceramics In Endodontics: A Review. *International Journal Of Oral Care And Research*. 2021;9(2):59.
150. Camilleri J, Pitt Ford Tr. Mineral Trioxide Aggregate: A Review Of The Constituents And Biological Properties Of The Material. *Int Endod J*. 2006 Oct 3;39(10):747–54.
151. Swarup S Ra. *Bioceramics In Pediatric Endodontics*. Lap Lambert Academic Publishing. 2013;
152. Baranwal A, Paul M, Mazumdar D, Adhikari H, Vyavahare N, Jhajharia K. An Ex-Vivo Comparative Study Of Root-End Marginal Adaptation Using Grey Mineral Trioxide Aggregate, White Mineral Trioxide Aggregate, And Portland Cement Under Scanning Electron Microscopy. *Journal Of Conservative Dentistry*. 2015;18(5):399.
153. Siboni F, Taddei P, Prati C, Gandolfi Mg. Properties Of Neo <Scp>Mta</Scp> Plus And <Scp>Mta</Scp> Plus Cements For Endodontics. *Int Endod J*. 2017 Dec 14;50(S2).

154. Surya Raghavendra S, Jadhav Gr, Gathani Km, Kotadia P. Bioceramics In Endodontics – A Review. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2017 Nov 17;51(0).
155. Primus Cm, Tay Fr, Niu L Na. Bioactive Tri/Dicalcium Silicate Cements For Treatment Of Pulpal And Periapical Tissues. *Acta Biomater*. 2019 Sep;96:35–54.
156. Chang Jpcnp. Increasing Use Of Bioceramics In Endodontics: A Narrative Review. Oral Health Group. 2017;
157. Witte. Portland Cement A Material For Filling. *The Dental Register*. 1878 May;32(5):219–20.
158. Torabinejad M, Watson Tf, Pitt Ford Tr. Sealing Ability Of A Mineral Trioxide Aggregate When Used As A Root End Filling Material. *J Endod*. 1993 Dec;19(12):591–5.
159. Vosoughhosseini S, Lotfi M, Shahi S, Baloo H, Mesgariabbasi M, Saghiri Ma, Et Al. Influence Of White Versus Gray Mineral Trioxide Aggregate On Inflammatory Cells. *J Endod*. 2008 Jun;34(6):715–7.
160. Oviir T, Pagoria D, Ibarra G, Geurtsen W. Effects Of Gray And White Mineral Trioxide Aggregate On The Proliferation Of Oral Keratinocytes And Cementoblasts. *J Endod*. 2006 Mar;32(3):210–3.
161. Lotfi M, Vosoughhosseini S, Saghiri Ma, Rahimi S, Zand V, Reyhani Mf, Et Al. Effect Of Synthetic Tissue Fluid On Microleakage Of Grey And White Mineral Trioxide Aggregate As Root-End Filling Materials : An In Vitro Study. *Sultan Qaboos Univ Med J*. 2012 Aug;12(3):323–9.
162. Hawley M, Webb Td, Goodell Gg. Effect Of Varying Water-To-Powder Ratios On The Setting Expansion Of White And Gray Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2010 Aug;36(8):1377–9.
163. Patel N. Comparing Gray And White Mineral Trioxide Aggregate As A Repair Material For Furcation Perforation: An In Vitro Dye Extraction Study. *Journal Of Clinical And Diagnostic Research*. 2014;
164. Darvell Bw, Wu Rct. “Mta”—An Hydraulic Silicate Cement: Review Update And Setting Reaction. *Dental Materials*. 2011 May;27(5):407–22.

165. Fuks Ab. Current Concepts In Vital Primary Pulp Therapy. *Eur J Paediatr Dent*. 2002 Sep;3(3):115–20.
166. Yoo Y, Baek S, Kum K, Shon W, Woo K, Lee W. Dynamic Intratubular Biomineralization Following Root Canal Obturation With Pozzolan-Based Mineral Trioxide Aggregate Sealer Cement. *Scanning*. 2016 Jan 14;38(1):50–6.
167. Torabinejad M, Hong C, Lee S, Monsef M, Pittford T. Investigation Of Mineral Trioxide Aggregate For Root-End Filling In Dogs. *J Endod*. 1995 Dec;21(12):603–8.
168. Reffitt Dm, Ogston N, Jugdaohsingh R, Cheung Hfj, Evans Baj, Thompson Rph, Et Al. Orthosilicic Acid Stimulates Collagen Type 1 Synthesis And Osteoblastic Differentiation In Human Osteoblast-Like Cells In Vitro. *Bone*. 2003 Feb;32(2):127–35.
169. Camilleri J. Tricalcium Silicate Cements With Resins And Alternative Radiopacifiers. *J Endod*. 2014 Dec;40(12):2030–5.
170. Loushine Ba, Bryan Te, Looney Sw, Gillen Bm, Loushine Rj, Weller Rn, Et Al. Setting Properties And Cytotoxicity Evaluation Of A Premixed Bioceramic Root Canal Sealer. *J Endod*. 2011 May;37(5):673–7.
171. Shokouhinejad N, Razmi H, Khoshkhounejad M, Javani A, Raoof M. Surface Microhardness Of Different Thicknesses Of A Premixed Bioceramic Material With Or Without The Application Of A Moist Cotton Pellet. *Dent Res J (Isfahan)*. 2016;13(1):58.
172. Zhou S, Ma J, Shen Y, Haapasalo M, Ruse Nd, Yang Q, Et Al. In Vitro Studies Of Calcium Phosphate Silicate Bone Cements. *J Mater Sci Mater Med*. 2013 Feb 1;24(2):355–64.
173. Takagi S, Chow Lc, Hirayama S, Sugawara A. Premixed Calcium-Phosphate Cement Pastes. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2003 Nov 15;67(2):689–96.
174. Leroux L, Hatim Z, Frèche M, Lacout Jl. Effects Of Various Adjuvants (Lactic Acid, Glycerol, And Chitosan) On The Injectability Of A Calcium Phosphate Cement. *Bone*. 1999 Aug;25(2 Suppl):31s–34s.

175. Persson C, Engqvist H. Premixed Calcium Silicate Cement For Endodontic Applications. *Biomater*. 2011 Jul 29;1(1):76–80.
176. Zhang H, Shen Y, Ruse Nd, Haapasalo M. Antibacterial Activity Of Endodontic Sealers By Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus Faecalis*. *J Endod*. 2009 Jul;35(7):1051–5.
177. Islam I, Kheng Chng H, Jin Yap Au. Comparison Of The Physical And Mechanical Properties Of Mta And Portland Cement. *J Endod*. 2006 Mar;32(3):193–7.
178. Malhotra S. Bioceramic Technology In Endodontics. *Br J Med Med Res*. 2014 Jan 10;4(12):2446–54.
179. Abdelmotelb Ma, Gomaa Yf, Khattab Nma, Elheeny Aah. Premixed Bioceramics Versus Mineral Trioxide Aggregate In Furcal Perforation Repair Of Primary Molars: In Vitro And In Vivo Study. *Clin Oral Investig*. 2021 Aug 22;25(8):4915–25.
180. Nassar M, Nassar R, Maki H, Al-Yagoob A, Hachim M, Senok A, Et Al. Phytic Acid: Properties And Potential Applications In Dentistry. *Front Mater*. 2021 Mar 17;8.
181. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation Of The Hydration And Bioactivity Of Radiopacified Tricalcium Silicate Cement, Biodentine And Mta Angelus. *Dental Materials*. 2013 May;29(5):580–93.
182. Malkondu Ö, Kazandağ Mk, Kazazoğlu E. A Review On Biodentine, A Contemporary Dentine Replacement And Repair Material. *Biomed Res Int*. 2014;2014:1–10.
183. Kaur M. Mta Versus Biodentine: Review Of Literature With A Comparative Analysis. *Journal Of Clinical And Diagnostic Research*. 2017;
184. Piconi C, Maccauro G. Zirconia As A Ceramic Biomaterial. *Biomaterials*. 1999 Jan;20(1):1–25.
185. Camilleri J. Characterization Of Hydration Products Of Mineral Trioxide Aggregate. *Int Endod J*. 2008 May 20;41(5):408–17.

186. Grech L, Mallia B, Camilleri J. Investigation Of The Physical Properties Of Tricalcium Silicate Cement-Based Root-End Filling Materials. *Dental Materials*. 2013 Feb;29(2):E20–8.
187. Subramanyam D. Effect Of Oral Tissue Fluids On Compressive Strength Of Mta And Biodentine: An In Vitro Study. *Journal Of Clinical And Diagnostic Research*. 2017;
188. Giraud T, Jeanneau C, Rombouts C, Bakhtiar H, Laurent P, About I. Pulp Capping Materials Modulate The Balance Between Inflammation And Regeneration. *Dental Materials*. 2019 Jan;35(1):24–35.
189. Huang Y, Jin X, Zhang X, Sun H, Tu J, Tang T, Et Al. In Vitro And In Vivo Evaluation Of Akermanite Bioceramics For Bone Regeneration. *Biomaterials*. 2009 Oct;30(28):5041–8.
190. Nikhil V Avjpvm. Non Surgical Management Of Trauma Induced External Root Resorption At Two Different Sites In A Single Tooth With Biodentine: A Case Report. *Endodontology*, 24(2). 2012;
191. Talabani Rm, Garib Bt, Masaali R. Bioactivity And Physicochemical Properties Of Three Calcium Silicate-Based Cements: An In Vitro Study. *Biomed Res Int*. 2020 May 27;2020:1–10.
192. Al-Sherbiny Im, Farid Mh, Abu-Seida Am, Motawea It, Bastawy Ha. Chemico-Physical And Mechanical Evaluation Of Three Calcium Silicate-Based Pulp Capping Materials. *Saudi Dent J*. 2021 May;33(4):207–14.
193. S P, Ranjan M. Review On Biodentine-A Bioactive Dentin Substitute. *Iosr Journal Of Dental And Medical Sciences*. 2014;13(1):13–7.
194. Arora Dv. Bioactive Dentin Replacement. *Iosr Journal Of Dental And Medical Sciences*. 2013;12(4):51–7.
195. Bakland Lk, Andreasen Jo. Will Mineral Trioxide Aggregate Replace Calcium Hydroxide In Treating Pulpal And Periodontal Healing Complications Subsequent To Dental Trauma? A Review. *Dental Traumatology*. 2012 Feb 5;28(1):25–32.

196. Mouawad S, Artine S, Hajjar P, McConnell R, Fahd Jc, Sabbagh J. Frequently Asked Questions In Direct Pulp Capping Of Permanent Teeth. *Dent Update*. 2014 May 2;41(4):298–304.
197. Ramos Jc, Palma Pj, Nascimento R, Caramelo F, Messias A, Vinagre A, Et Al. 1-Year In Vitro Evaluation Of Tooth Discoloration Induced By 2 Calcium Silicate–Based Cements. *J Endod*. 2016 Sep;42(9):1403–7.
198. Butt N, Bali A, Talwar S, Chaudhry S, Nawal R, Yadav S. Comparison Of Physical And Mechanical Properties Of Mineral Trioxide Aggregate And Biodentine. *Indian Journal Of Dental Research*. 2014;25(6):692.
199. Formosa Lm, Mallia B, Camilleri J. The Effect Of Curing Conditions On The Physical Properties Of Tricalcium Silicate Cement For Use As A Dental Biomaterial. *Int Endod J*. 2012 Apr 2;45(4):326–36.
200. Andrade C, Blanco Vm, Collazo A, Keddām M, Nóvoa Xr, Takenouti H. Cement Paste Hardening Process Studied By Impedance Spectroscopy. *Electrochim Acta*. 1999 Jul;44(24):4313–8.
201. Dawood A, Manton D, Parashos P, Wong R, Palamara J, Stanton D, Et Al. The Physical Properties And Ion Release Of Cpp-Acp-Modified Calcium Silicate-Based Cements. *Aust Dent J*. 2015 Dec;60(4):434–44.
202. Koubi G, Colon P, Franquin Jc, Hartmann A, Richard G, Faure Mo, 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 Jan 14;17(1):243–9.
203. Hashem Df, Foxton R, Manoharan A, Watson Tf, Banerjee A. The Physical Characteristics Of Resin Composite–Calcium Silicate Interface As Part Of A Layered/Laminate Adhesive Restoration. *Dental Materials*. 2014 Mar;30(3):343–9.
204. Odabaş Me, Bani M, Tirali Re. Shear Bond Strengths Of Different Adhesive Systems To Biodentine. *The Scientific World Journal*. 2013;2013:1–5.
205. Cantek N K, Avcı S. Evaluation Of Shear Bond Strength Of Two Resin-Based Composites And Glass Ionomer Cement To Pure Tricalcium Silicate-Based Cement (Biodentine®). *Journal Of Applied Oral Science*. 2014 Jul;22(4):302–6.

206. Gandolfi Mg, Siboni F, Prati C. Chemical–Physical Properties Of Theracal, A Novel Light-Curable Mta-Like Material For Pulp Capping. *Int Endod J*. 2012 Jun 31;45(6):571–9.
207. Aggarwal V, Miglani S, Kohli S, Singla M. Comparative Evaluation Of Push-Out Bond Strength Of Proroot Mta, Biodentine, And Mta Plus In Furcation Perforation Repair. *Journal Of Conservative Dentistry*. 2013;16(5):462.
208. 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. *J Endod*. 2013 Mar;39(3):380–4.
209. 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. *J Endod*. 2013 Mar;39(3):380–4.
210. Oliveira Lv, De Souza Gl, Da Silva Gr, Magalhães Tea, Freitas Gan, Turrioni Ap, Et Al. Biological Parameters, Discolouration And Radiopacity Of Calcium Silicate-Based Materials In A Simulated Model Of Partial Pulpotomy. *Int Endod J*. 2021 Nov 6;54(11):2133–44.
211. Rodrigues Mnm, Bruno Kf, Alencar Ahg De, Silva Jds, Siqueira Pc De, Decurcio D De A, Et Al. Comparative Analysis Of Bond Strength To Root Dentin And Compression Of Bioceramic Cements Used In Regenerative Endodontic Procedures. *Restor Dent Endod*. 2021;46(4).
212. Benetti F, Queiroz Ío De A, Cosme-Silva L, Conti Lc, Oliveira Shp De, Cintra Lta. Cytotoxicity, Biocompatibility And Biomineralization Of A New Ready-For-Use Bioceramic Repair Material. *Braz Dent J*. 2019 Jul;30(4):325–32.
213. Ghilotti J, Sanz Jl, López-García S, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret Mp, Lozano A, Et Al. Comparative Surface Morphology, Chemical Composition, And Cytocompatibility Of Bio-C Repair, Biodentine, And Proroot Mta On Hdpcs. *Materials*. 2020 May 10;13(9):2189.
214. Leal F, De-Deus G, Brandao C, Luna A, Souza E, Fidel S. Similar Sealability Between Bioceramic Putty Ready-To-Use Repair Cement And White Mta. *Braz Dent J*. 2013 Jul;24(4):362–6.

215. Snellings R, Mertens G, Elsen J. Supplementary Cementitious Materials. *Rev Mineral Geochem.* 2012 Jan 1;74(1):211–78.
216. Rodríguez-Camacho Re, Uribe-Afif R. Importance Of Using The Natural Pozzolans On Concrete Durability. *Cem Concr Res.* 2002 Dec;32(12):1851–8.
217. Jang Yj, Kim Yj, Vu Ht, Park Jh, Shin Sj, Dashnyam K, Et Al. Physicochemical, Biological, And Antibacterial Properties Of Four Bioactive Calcium Silicate-Based Cements. *Pharmaceutics.* 2023 Jun 9;15(6):1701.
218. Weld Jt, Gunther A. The Antibacterial Properties Of Sulfur. *Journal Of Experimental Medicine.* 1947 May 1;85(5):531–42.
219. Choi Y, Park Sj, Lee Sh, Hwang Yc, Yu Mk, Min Ks. Biological Effects And Washout Resistance Of A Newly Developed Fast-Setting Pozzolan Cement. *J Endod.* 2013 Apr;39(4):467–72.
220. Retrieved From https://cdn.shopify.com/s/files/1/0343/3958/6180/files/5._Endocem_Mta_Premixed_Regular_Catalog_Lower.pdf?v=168558104. Maruchi; Endocem Mta Premixed Regular Broşür. Erişim. 2023.
221. Kim Hm, Lee D, Kim Sy. Biocompatibility And Osteogenic Potential Of Calcium Silicate-Based Cement Combined With Enamel Matrix Derivative: Effects On Human Bone Marrow-Derived Stem Cells. *Materials.* 2021 Dec 15;14(24):7750.
222. Espir Cg, Guerreiro-Tanomaru Jm, Spin-Neto R, Chávez-Andrade Gm, Berbert Flcv, Tanomaru-Filho M. Solubility And Bacterial Sealing Ability Of Mta And Root-End Filling Materials. *Journal Of Applied Oral Science.* 2016 Apr;24(2):121–5.
223. Sun Q, Meng M, Steed Jn, Sidow Sj, Bergeron Be, Niu L Na, Et Al. Manoeuvrability And Biocompatibility Of Endodontic Tricalcium Silicate-Based Putties. *J Dent.* 2021 Jan;104:103530.
224. Cruz Hondares T, Hao X, Zhao Y, Lin Y, Napierala D, Jackson Jg, Et Al. Antibacterial, Biocompatible, And Mineralization-Inducing Properties Of Calcium Silicate-Based Cements. *Int J Paediatr Dent.* 2024 Apr 11;

225. Comparisons Of Microleakage And Scanning Electron Microscope Sem Analyzes Of The Use Of Different Pulp Coverage Materials. *Makara Journal Of Health Research*. 2022;
226. İlislulu Sc, Gürcan At, Sismanoglu S. Effects Of Different Irrigation Protocols On Push-Out Bond Strength Of Pre-Mixed Calcium Silicate-Based Cements. *Journal Of The Australian Ceramic Society*. 2023 Dec 8;59(5):1381–8.
227. Camilleri J. Color Stability Of White Mineral Trioxide Aggregate In Contact With Hypochlorite Solution. *J Endod*. 2014 Mar;40(3):436–40.
228. Vallés M, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Bourdelande JI, Roig M. Influence Of Light And Oxygen On The Color Stability Of Five Calcium Silicate-Based Materials. *J Endod*. 2013 Apr;39(4):525–8.
229. Felman D, Parashos P. Coronal Tooth Discoloration And White Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*. 2013 Apr;39(4):484–7.
230. Hutcheson C, Seale Ns, Mcwhorter A, Kerins C, Wright J. Multi-Surface Composite Vs Stainless Steel Crown Restorations After Mineral Trioxide Aggregate Pulpotomy: A Randomized Controlled Trial. *Pediatr Dent*. 2012;34(7):460–7.
231. Zhang Y, Yang Y, Zheng J, Hua W, Chen G. Effects Of Oxidizing Additives On Optical Properties Of Bi₂O₃–B₂O₃–SiO₂ Glasses. *Journal Of The American Ceramic Society*. 2008 Oct;91(10):3410–2.
232. Song Js, Mante Fk, Romanow Wj, Kim S. Chemical Analysis Of Powder And Set Forms Of Portland Cement, Gray Proroot Mta, White Proroot Mta, And Gray Mta-Angelus. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontology*. 2006 Dec;102(6):809–15.
233. Torabinejad M, Higa Rk, Mckendry Dj, Pitt Ford Tr. Dye Leakage Of Four Root End Filling Materials: Effects Of Blood Contamination. *J Endod*. 1994 Apr;20(4):159–63.
234. Plotino G, Buono L, Grande Nm, Pameijer Ch, Somma F. Nonvital Tooth Bleaching: A Review Of The Literature And Clinical Procedures. *J Endod*. 2008 Apr;34(4):394–407.

235. Hattab Fn, Qudeimat Ma, Al-Rimawi Hs. Dental Discoloration: An Overview. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 1999 Nov;11(6):291–310.
236. Kenneth H, Lb. Cohen's Pathways Of The Pulp Expert Consult. (Eleventh Edition). United States: Elsevier. 2015;
237. Howell Ra. Bleaching Discoloured Root-Filled Teeth. *Br Dent J*. 1980 Mar 18;148(6):159–62.
238. Heller D, Skriber J, Lin Lm. Effect Of Intracoronar Bleaching On External Cervical Root Resorption. *J Endod*. 1992 Apr;18(4):145–8.
239. Nathoo Sa. The Chemistry And Mechanisms Of Extrinsic And Intrinsic Discoloration. *The Journal Of The American Dental Association*. 1997 Apr;128:6s-10s.
240. Nassau K. Color For Science, Art And Technology. Elsevier Science. 1997;
241. Chang Jy, Chen Wc, Huang Tk, Wang Jc, Fu Ps, Chen Jh, Et Al. Evaluation Of The Accuracy And Limitations Of Three Tooth-Color Measuring Machines. *J Dent Sci*. 2015 Mar;10(1):16–20.
242. Munsell Ah. A Pigment Color System And Notation. *Am J Psychol*. 1912 Apr;23(2):236.
243. Sproull Rc. Color Matching In Dentistry. Part I. The Three-Dimensional Nature Of Color. *J Prosthet Dent*. 2001 Nov;86(5):453–7.
244. Rosenstiel Sflmffj. Contemporary Fixed Prosthodontics. (4th Ed.). Philadelphia: Mosby Inc. 2006;
245. Paravina R.D. Pjm. Esthetic Color Training In Dentistry. Elsevier- Mosby, China. 2004;
246. Kubiliene L, Laugaliene V, Pavilonis A, Maruska A, Majiene D, Barauskaite K, Et Al. Alternative Preparation Of Propolis Extracts: Comparison Of Their Composition And Biological Activities. *Bmc Complement Altern Med*. 2015 Dec 27;15(1):156.
247. Seghi Rr, Hewlett Er, Kim J. Visual And Instrumental Colorimetric Assessments Of Small Color Differences On Translucent Dental Porcelain. *J Dent Res*. 1989 Dec 9;68(12):1760–4.

248. Bayindir F, Kuo S, Johnston Wm, Wee Ag. Coverage Error Of Three Conceptually Different Shade Guide Systems To Vital Unrestored Dentition. *J Prosthet Dent*. 2007 Sep;98(3):175–85.
249. Berns Rs, Reiman Dm. Color Managing The Third Edition Of *Billmeyer And Saltzman's Principles Of Color Technology*. *Color Res Appl*. 2002 Oct 27;27(5):360–73.
250. Rosenstiel Sf, Lmf And Fj. Contemporary Fixed Prosthodontics. 3rd Edition. Mosby Inc, St Louis, 183-184. 2001;
251. Burkinshaw Sm. Colour In Relation To Dentistry. *Fundamentals Of Colour Science*. *Br Dent J*. 2004 Jan 10;196(1):33–41.
252. Ly Bck, Dyer Eb, Feig Jl, Chien Al, Del Bino S. Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique For Objective Skin Color Measurement. *Journal Of Investigative Dermatology*. 2020 Jan;140(1):3-12.E1.
253. Ruyter Ie, Nilner K, Möller B. Color Stability Of Dental Composite Resin Materials For Crown And Bridge Veneers. *Dental Materials*. 1987 Oct;3(5):246–51.
254. Paravina Rd, Ghinea R, Herrera Lj, Bona Ad, Igiel C, Linninger M, Et Al. Color Difference Thresholds In Dentistry. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2015 Mar 17;27(S1).
255. Brook Ah, Smith Rn, Lath Dj. The Clinical Measurement Of Tooth Colour And Stain. *Int Dent J*. 2007 Oct;57(5):324–30.
256. Joiner A. Tooth Colour: A Review Of The Literature. *J Dent*. 2004 Jan;32:3–12.
257. Chen My -H., Chen K -L., Chen C -A., Tayebaty F, Rosenberg Pa, Lin Lm. Responses Of Immature Permanent Teeth With Infected Necrotic Pulp Tissue And Apical Periodontitis/Abscess To Revascularization Procedures. *Int Endod J*. 2012 Mar 14;45(3):294–305.
258. Bahannan Sa. Shade Matching Quality Among Dental Students Using Visual And Instrumental Methods. *J Dent*. 2014 Jan;42(1):48–52.
259. Bayindir F, Kuo S, Johnston Wm, Wee Ag. Coverage Error Of Three Conceptually Different Shade Guide Systems To Vital Unrestored Dentition. *J Prosthet Dent*. 2007 Sep;98(3):175–85.

260. Culpepper Wd. A Comparative Study Of Shade-Matching Procedures. *J Prosthet Dent.* 1970 Aug;24(2):166–73.
261. Collins Lz, Maggio B, Liebman J, Blanck M, Lefort S, Waterfield P, Et Al. Clinical Evaluation Of A Novel Whitening Gel, Containing 6% Hydrogen Peroxide And A Standard Fluoride Toothpaste. *J Dent.* 2004 Jan;32:13–7.
262. Heymann Ho, Sej, Jr, Bsc, Mkn, Jr, Wad, Jr, Mgb, Ve Pca. Clinical Evaluation Of Two Carbamide Peroxide Tooth-Whitening Agents. *Compendium Of Continuing Education In Dentistry*,. 1998;
263. Van Der Burgt Tp, Ten Bosch Jj, Borsboom Pcf, Kortsmit Wjpm. A Comparison Of New And Conventional Methods For Quantification Of Tooth Color. *J Prosthet Dent.* 1990 Feb;63(2):155–62.
264. Ragain Jc, Johnston Wm. Color Acceptance Of Direct Dental Restorative Materials By Human Observers. *Color Res Appl.* 2000 Aug;25(4):278–85.
265. Olms C, Klinke Th, Pirek P, Hannak Wb. Randomized Multi-Centre Study On The Effect Of Training On Tooth Shade Matching. *J Dent.* 2013 Dec;41(12):1259–63.
266. Goodkind Rj, Schwabacher Wb. Use Of A Fiber-Optic Colorimeter For In Vivo Color Measurements Of 2830 Anterior Teeth. *J Prosthet Dent.* 1987 Nov;58(5):535–42.
267. Kim-Pusateri S, Brewer Jd, Davis El, Wee Ag. Reliability And Accuracy Of Four Dental Shade-Matching Devices. *J Prosthet Dent.* 2009 Mar;101(3):193–9.
268. Collins Lz, Maggio B, Liebman J, Blanck M, Lefort S, Waterfield P, Et Al. Clinical Evaluation Of A Novel Whitening Gel, Containing 6% Hydrogen Peroxide And A Standard Fluoride Toothpaste. *J Dent.* 2004 Jan;32:13–7.
269. Barizon Ktl, Bergeron C, Vargas Ma, Qian F, Cobb Ds, Gratton Dg, Et Al. Ceramic Materials For Porcelain Veneers. Part I: Correlation Between Translucency Parameters And Contrast Ratio. *J Prosthet Dent.* 2013 Nov;110(5):397–401.
270. Douglas Rd. Precision Of In Vivo Colorimetric Assessments Of Teeth. *J Prosthet Dent.* 1997 May;77(5):464–70.
271. Chu Sj, Trushkowsky Rd, Paravina Rd. Dental Color Matching Instruments And Systems. Review Of Clinical And Research Aspects. *J Dent.* 2010 Jan;38:E2–16.

272. Berns Rs, Reiman Dm. Color Managing The Third Edition Of *Billmeyer And Saltzman's Principles Of Color Technology*. Color Res Appl. 2002 Oct 27;27(5):360–73.
273. Johnston Wm, Hesse Ns, Davis Bk, Seghi Rr. Analysis Of Edge-Losses In Reflectance Measurements Of Pigmented Maxillofacial Elastomer. J Dent Res. 1996 Feb 8;75(2):752–60.
274. Kim Y, Son Hh, Yi K, Kim Hy, Ahn J, Chang J. The Color Change In Artificial White Spot Lesions Measured Using A Spectroradiometer. Clin Oral Investig. 2013 Jan 27;17(1):139–46.
275. Lim Hn, Yu B, Lee Yk. Spectroradiometric And Spectrophotometric Translucency Of Ceramic Materials. J Prosthet Dent. 2010 Oct;104(4):239–46.
276. Lim Hn, Yu B, Lim J1, Lee Yk. Correlations Between Spectroradiometric And Spectrophotometric Colors Of All-Ceramic Materials. Dental Materials. 2010 Nov;26(11):1052–8.
277. Joiner A, Luo W. Tooth Colour And Whiteness: A Review. J Dent. 2017 Dec;67:S3–10.
278. Okubo Sr, Kanawati A, Richards Mw, Childressd S. Evaluation Of Visual And Instrument Shade Matching. J Prosthet Dent. 1998 Dec;80(6):642–8.
279. Ishikawa-Nagai S, Ishibashi K, Tsuruta O, Weber Hp. Reproducibility Of Tooth Color Gradation Using A Computer Color-Matching Technique Applied To Ceramic Restorations. J Prosthet Dent. 2005 Feb;93(2):129–37.
280. Lagouvardos Pe, Fougia Ag, Diamantopoulou Sa, Polyzois Gl. Repeatability And Interdevice Reliability Of Two Portable Color Selection Devices In Matching And Measuring Tooth Color. J Prosthet Dent. 2009 Jan;101(1):40–5.
281. Kim Hk. Evaluation Of The Repeatability And Matching Accuracy Between Two Identical Intraoral Spectrophotometers: An *In Vivo* And *In Vitro* Study. J Adv Prosthodont. 2018;10(3):252.
282. Wee Ag, Lindsey Dt, Kuo S, Johnston Wm. Color Accuracy Of Commercial Digital Cameras For Use In Dentistry. Dental Materials. 2006 Jun;22(6):553–9.

283. Jarad Fd, Russell Md, Moss Bw. The Use Of Digital Imaging For Colour Matching And Communication In Restorative Dentistry. *Br Dent J*. 2005 Jul 9;199(1):43–9.
284. Luo W, Westland S, Brunton P, Ellwood R, Pretty Ia, Mohan N. Comparison Of The Ability Of Different Colour Indices To Assess Changes In Tooth Whiteness. *J Dent*. 2007 Feb;35(2):109–16.
285. Bengel Wm. Digital Photography And The Assessment Of Therapeutic Results After Bleaching Procedures. *Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry*. 2003 Dec 30;15(S1).
286. Caglar A, Yamanel K, Gulsahi K, Bagis B, Özcan M. Could Digital Imaging Be An Alternative For Digital Colorimeters? *Clin Oral Investig*. 2010 Dec 18;14(6):713–8.
287. Jang Jh, Kang M, Ahn S, Kim S, Kim W, Kim Y, Et Al. Tooth Discoloration After The Use Of New Pozzolan Cement (Endocem) And Mineral Trioxide Aggregate And The Effects Of Internal Bleaching. *J Endod*. 2013 Dec;39(12):1598–602.
288. Kang Sh, Shin Ys, Lee Hs, Kim So, Shin Y, Jung Iy, Et Al. Color Changes Of Teeth After Treatment With Various Mineral Trioxide Aggregate–Based Materials: An Ex Vivo Study. *J Endod*. 2015 May;41(5):737–41.
289. Krastl G, Allgayer N, Lenherr P, Filippi A, Taneja P, Weiger R. Tooth Discoloration Induced By Endodontic Materials: A Literature Review. *Dental Traumatology*. 2013 Feb 19;29(1):2–7.
290. Pavicic D, Spalj S, Uhac I, Lajnert V. A Cross-Sectional Study Of The Influence Of Tooth Color Elements On Satisfaction With Smile Esthetics. *Int J Prosthodont*. 2017 Mar;30(2):156–9.
291. Kovacevic Pavicic D, Pavlic A, Kinkela Devcic M, Lajnert V, Spalj S. Tooth Color As A Predictor Of Oral Health-Related Quality Of Life In Young Adults. *Journal Of Prosthodontics*. 2019 Apr 31;28(4).
292. Saltovic E, Pavicic D, Pavlic A, Debeljak V, Zulijani A, Spalj S. Perfectionism, Self-Esteem, And Body Image Related To Self-Perception Of Orofacial Appearance—Development And Validation Of Psychometric Instrument. *Int J Prosthodont*. 2023 Dec 19;36(6):E168–89.

293. Gavic L, Budimir M, Tadin A. The Association Between Self-Esteem And Aesthetic Component Of Smile Among Adolescents. *Prog Orthod*. 2024 Mar 4;25(1):9.
294. Ahmed N, Adil H, Batool U, Sakrani H, Heboyan A. Transforming Smiles: Aesthetic Rehabilitation With Layered Zirconia Veneers And Crowns For Spaced Dentition And Faulty Crowns—A Case Report. *Sage Open Med Case Rep*. 2024 Jan 25;12.
295. Beatty H, Svec T. Quantifying Coronal Tooth Discoloration Caused By Biodentine And Endosequence Root Repair Material. *J Endod*. 2015 Dec;41(12):2036–9.
296. Camilleri J. Staining Potential Of Neo Mta Plus, Mta Plus, And Biodentine Used For Pulpotomy Procedures. *J Endod*. 2015 Jul;41(7):1139–45.
297. Lenherr P, Allgayer N, Weiger R, Filippi A, Attin T, Krastl G. Tooth Discoloration Induced By Endodontic Materials: A Laboratory Study. *Int Endod J*. 2012 Oct 16;45(10):942–9.
298. Kohli Mr, Yamaguchi M, Setzer Fc, Karabucak B. Spectrophotometric Analysis Of Coronal Tooth Discoloration Induced By Various Bioceramic Cements And Other Endodontic Materials. *J Endod*. 2015 Nov;41(11):1862–6.
299. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Et Al. Buonocore Memorial Lecture. Adhesion To Enamel And Dentin: Current Status And Future Challenges. *Oper Dent*. 2003;28(3):215–35.
300. Salz U, Bock T. Testing Adhesion Of Direct Restoratives To Dental Hard Tissue - A Review. *J Adhes Dent*. 2010 Oct;12(5):343–71.
301. Cavalcante Lma, Peris Ar, Ambrosano Gmb, Ritter Av, Pimenta Laf. Effect Of Photoactivation Systems And Resin Composites On The Microleakage Of Esthetic Restorations. *J Contemp Dent Pract*. 2007 Feb 1;8(2):70–9.
302. Marconyak Lj, Kirkpatrick Tc, Roberts Hw, Roberts Md, Aparicio A, Himel Vt, Et Al. A Comparison Of Coronal Tooth Discoloration Elicited By Various Endodontic Reparative Materials. *J Endod*. 2016 Mar;42(3):470–3.
303. Beatty H, Svec T. Quantifying Coronal Tooth Discoloration Caused By Biodentine And Endosequence Root Repair Material. *J Endod*. 2015 Dec;41(12):2036–9.

304. Van Der Burgt Tp, Plasschaert Ajm. Bleaching Of Tooth Discoloration Caused By Endodontic Sealers. *J Endod.* 1986 Jan;12(6):231–4.
305. Kang Sh, Shin Ys, Lee Hs, Kim So, Shin Y, Jung Iy, Et Al. Color Changes Of Teeth After Treatment With Various Mineral Trioxide Aggregate–Based Materials: An Ex Vivo Study. *J Endod.* 2015 May;41(5):737–41.
306. Shokouhinejad N, Nekoofar Mh, Pirmoazen S, Shamshiri Ar, Dummer Pmh. Evaluation And Comparison Of Occurrence Of Tooth Discoloration After The Application Of Various Calcium Silicate–Based Cements: An Ex Vivo Study. *J Endod.* 2016 Jan;42(1):140–4.
307. Felman D, Parashos P. Coronal Tooth Discoloration And White Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 2013 Apr;39(4):484–7.
308. Ioannidis K, Mistakidis I, Beltes P, Karagiannis V. Spectrophotometric Analysis Of Crown Discoloration Induced By Mta- And ZnOE-Based Sealers. *Journal Of Applied Oral Science.* 2013 Apr;21(2):138–44.
309. Vallés M, Mercadé M, Duran-Sindreu F, Bourdelande JI, Roig M. Influence Of Light And Oxygen On The Color Stability Of Five Calcium Silicate–Based Materials. *J Endod.* 2013 Apr;39(4):525–8.
310. Marconyak LJ, Kirkpatrick TC, Roberts HW, Roberts MD, Aparicio A, Himmel VT, Et Al. A Comparison Of Coronal Tooth Discoloration Elicited By Various Endodontic Reporative Materials. *J Endod.* 2016 Mar;42(3):470–3.
311. Partovi M, Al-Havvaz AH, Soleimani B. *In Vitro* Computer Analysis Of Crown Discolouration From Commonly Used Endodontic Sealers. *Australian Endodontic Journal.* 2006 Dec 15;32(3):116–9.
312. Van Der Burgt Tp, Plasschaert Ajm. Bleaching Of Tooth Discoloration Caused By Endodontic Sealers. *J Endod.* 1986 Jan;12(6):231–4.
313. Parsons J, Walton R, Rickswilliamson L. In Vitro Longitudinal Assessment Of Coronal Discoloration From Endodontic Sealers. *J Endod.* 2001 Nov;27(11):699–702.

314. Guo H, Wang F, Feng H, Gou X, Li K, Wu T, Et Al. [The Investigation Of Color Selection Of 4340 Cases Of Ceramic Restorations]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2000 Jun;18(3):174–7.
315. Bolt Ra, Bosch Jj Ten, Coops Jc. Influence Of Window Size In Small-Window Colour Measurement, Particularly Of Teeth. *Phys Med Biol*. 1994 Jul 1;39(7):1133–42.
316. Van Der Burgt Tp, Ten Bosch Jj, Borsboom Pcf, Kortsmit Wjpm. A Comparison Of New And Conventional Methods For Quantification Of Tooth Color. *J Prosthet Dent*. 1990 Feb;63(2):155–62.
317. Ten Bosch Jj, Coops Jc. Tooth Color And Reflectance As Related To Light Scattering And Enamel Hardness. *J Dent Res*. 1995 Jan 8;74(1):374–80.
318. Stephen J. Chu / Alessandro Devigus / Rade D. Paravina / Adam J. Miesleszko. *Fundamentals Of Color Shade Matching And Communication In Esthetic Dentistry*. 2nd Edition. 2011.
319. Esmaeili B, Alaghehmand H, Kordafshari T, Daryakenari G, Ehsani M, Bijani A. Coronal Discoloration Induced By Calcium-Enriched Mixture, Mineral Trioxide Aggregate And Calcium Hydroxide: A Spectrophotometric Analysis. *Iran Endod J*. 2016;11(1):23–8.
320. Dozić A, Kleverlaan Cj, El-Zohairy A, Feilzer Aj, Khashayar G. Performance Of Five Commercially Available Tooth Color-Measuring Devices. *Journal Of Prosthodontics*. 2007 Mar 14;16(2):93–100.
321. Al-Hiyasat As, Ahmad Dm, Khader Ys. The Effect Of Different Calcium Silicate-Based Pulp Capping Materials On Tooth Discoloration: An In Vitro Study. *Bmc Oral Health*. 2021 Dec 2;21(1):330.
322. Francis G, Acharya Sr, Kini S. To Determine Tooth Discolouration After Treatment With Various Endodontic Materials Using Spectrophotometric Analysis-An In-Vitro Study. *Journal Of Clinical And Diagnostic Research*. 2019;
323. Choi Yl, Jang Ye, Kim Bs, Kim Jw, Kim Y. Pre-Application Of Dentin Bonding Agent Prevents Discoloration Caused By Mineral Trioxide Aggregate. *Bmc Oral Health*. 2020 Dec 3;20(1):163.

324. Rodríguez-Lozano Fj, Lozano A, López-García S, García-Bernal D, Sanz JI, Guerrero-Gironés J, Et Al. Biomineralization Potential And Biological Properties Of A New Tantalum Oxide (Ta₂O₅)–Containing Calcium Silicate Cement. Clin Oral Investig. 2022 Feb 12;26(2):1427–41.
325. Pariookh M, Torabinejad M, Dummer Pmh. Mineral Trioxide Aggregate And Other Bioactive Endodontic Cements: An Updated Overview – Part I: Vital Pulp Therapy. Int Endod J. 2018 Feb 21;51(2):177–205.
326. Nagas E, Ertan A, Eymirli A, Uyanik O, Cehreli Zc. Tooth Discoloration Induced By Different Calcium Silicate–Based Cements: A Two-Year Spectrophotometric And Photographic Evaluation *In Vitro*. Journal Of Clinical Pediatric Dentistry. 2021 Apr 1;45(2):112–6.
327. Tawfeek Ha, El-Bardissy Aaa, Abou El-Yazeed M, Youssef R, Abd Alsamad Am. Clinical And Radiographic Evaluation Of Neomta Versus Conventional White Mineral Trioxide Aggregate In Revascularization Of Non-Vital Immature Permanent Anterior Teeth (A Randomized Controlled Trial). Bdj Open. 2023 Apr 28;9(1):17.
328. Park Yj, Kang Jh, Hyeon S, Song Hj, Park Yj. Effect Of Compositional Variation Of Dental Mta Cements On Setting Time. Korean Journal Of Dental Materials. 2021 Jun 30;48(2):99–118.
329. Kim Y, Lee D, Kye M, Ha Yj, Kim Sy. Biocompatible Properties And Mineralization Potential Of Premixed Calcium Silicate-Based Cements And Fast-Set Calcium Silicate-Based Cements On Human Bone Marrow-Derived Mesenchymal Stem Cells. Materials. 2022 Oct 28;15(21):7595.