YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENDODONTİ ANABİLİM DALI

FARKLI KANAL AĞZI BARİYER MATERYALLERİ UYGULANMIŞ DİŞLERDE İNTRAKORONAL BEYAZLATMA AJANLARININ SERVİKAL BÖLGEYE PENETRASYONUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

DOKTORA TEZİ

Buğçe SAKALLI

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Fatma BASMACI

Lefkoşa

Haziran, 2022

Onay

Buğçe SAKALLI tarafından hazırlanan "**Farklı Kanal Ağzı Bariyer Materyalleri Uygulanmış Dişlerde İntrakoronal Beyazlatma Ajanlarının Servikal Bölgeye Penetrasyonunun Değerlendirilmesi**" başlıklı tez, kapsam ve nitelik açısından kalite standartlarına uygunluğu ile ilgili Endodonti Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak 30/06/2022 tarihinde kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Adı - Soyadı	İmza
Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Yaşar Meriç TUNCA	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Meltem Dartar ÖZTAN	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Özlem DALMIZRAK	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Özgür IRMAK	
Jüri ve Tez Danışmanı:	Yrd. Doç. Dr. Fatma BASMACI	

Anabilim Dalı Başkanı Onayı

30/06//2022

Doç. Dr. Umut AKSOY

Anabilim Dalı Başkanı

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

30/06/2022

Prof. Dr. Kemal Hüsnü Can Başer

Enstitü Müdürü

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ 1968

Etik İlkelere Uygunluk Beyanı

Bu tezin içinde sunduğum verileri, bilgileri ve belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kurallar gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Buğçe SAKALLI

30/06/2022

Teşekkür

Asistanlığım ve doktora hayatım boyunca, değerli bilgi ve deneyimlerini her koşulda sevgisiyle benimle paylaşarak bana yol gösteren, benimle birlikte sabır ve özveriyle çalışan, hayatımın her döneminde her konuda bana destek olarak bugüne gelmemde büyük emeği olan, öğrencisi olduğum için mutluluk duyduğum, aynı zamanda bana bir abla olarak kalbini açan, değerli danışman hocam **Yrd. Doç. Dr. Fatma BASMACI**'ya tezimde ve doktora eğitimimde vermiş olduğu tüm emek ve yardımlarından dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Doktora eğitim sürecimin ilk gününden itibaren bilgi birikimi ve tecrübesini her zaman özveriyle benimle paylaşarak bana yol gösteren, mesleki olarak gelişmemizde büyük katkısı olan, hoşgörüsüyle her zaman bizlere destek olan, değerli hocam, anabilim dalı başkanımız **Doç. Dr. Umut AKSOY**'a,

Doktora eğitim sürecimin ilk zamanlarında, değerli bilgi ve deneyimlerinden faydalanma şansı yakaladığım, eski anabilim dalı başkanımız, tez sınav jürimde bulunan değerli hocam **Prof. Dr. Yaşar Meriç TUNCA**'ya,

Değerli vaktini ayırıp, davetimizi kırmayıp tez jürimde bulunan, tezime olan katkısı ve harcadığı kıymetli vakit için **Prof. Dr. Meltem Dartar ÖZTAN**'a,

Tez çalışmamın başlangıcından bitimine kadar, deney aşamasında birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, sabırla ve özveriyle, olumsuz durumlarda bile hoşgörüsünü ve desteğini esirgemeyen, tez sınav jürimde bulunan değerli hocam **Prof. Dr. Özlem DALMIZRAK**'a, tezime olan katkısı ve harcadığı vakit için teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitim sürecimde bilgeliğiyle her zaman ufkumu açan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak çalışmalarıma ilham kaynağı olan ve ayrıca klinik ve akademik olarak gelişip bugünlere gelmemde büyük emeği olan, her zaman örnek olarak gördüğüm, sevgisini ve desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, tez sınav jürimde bulunan değerli hocam **Doç. Dr. Özgür IRMAK**'a kıymetli vaktini ayırarak

tez çalışmamın veri analizlerini gerçekleştirerek çalışmama olan katkısı için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Endodonti Anabilim Dalı'na girdigim ilk günden beri eğitimime katkısı olan pratik ve teorik bilgilerini benden esirgemeyen, her koşulda hoşgörü ve sevgiyle yardımıma koşan, beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum bölüm hocalarım, **Yrd. Doç. Dr. Mohamad ABDULJALIL**'e, **Yrd. Doç. Dr. Meltem KÜÇÜK**'e, **Yrd. Doç. Dr. Dilan KIRMIZI**'ya ve **Dr. Dt. Abdullah SEBA**İ'ye bana kattıkları için çok teşekkür ederim.

Üniversite hayatımın en başından doktora eğitimimin sonuna kadar olan süreçte, hayatımın en önemli adımlarını hep birlikte attığımız, en zorlu sınavların üstesinden hep el ele geldiğimiz, birlikte gülüp, birlikte ağladığımız, benim için çok değerli olan can yoldaşlarım, meslek arkadaşlarım **Dr. Dt. Dilara KORUK YÜRÜN**, **Dr. Dt. Gizem ANDAÇ YANAL**, **Dr. Dt. Gökalp COŞAN** ve **Dt. Ghassan DANDACHE**'ye her zaman yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.
Tez çalışma dönemim boyunca arkadaşlıklarıyla hep yanımda olup beni hoşgörüyle karşılayan, yardımıma koşan ve destek veren, aramıza yeni katılan, birlikte çalışmaktan keyif aldığım, değerli asistan arkadaşlarım **Dt. Alhasan Ali ALMASRİ**, **Dt. Nildem İNÖNÜ** ve **Dt. Selin Nur AYAZ**'a çok teşekkür ederim.

Aynı yolu paylaştığımız, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki tüm çalışma arkadaşlarım'a, özellikle de bilgisiyle ve arkadaşlığıyla hep yanımda olan, tüm samimiyeti ile yardımlarını esirgemeyen, değerli arkadaşım **Dt. Aziz ÇALIŞKAN**'a, Desteğini ve sevgisini her zaman hissettiğim, yardımlarını benden hiç esirgemeyen canım arkadaşım **Dt. Emine PARALI ATASAYAR**'a, bu süreçte bana olan destek ve katkıları için çok teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde beni hiçbir anımda yalnız bırakmayan, destek ve sevgilerini her koşulda bana gösteren, dostlukları için kendimi şanslı hissettiğim, canım arkadaşlarım **Meliz AKDORA** ve **Gizem SEBATLI**'ya çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca, benim mutlu olmam ve iyi bir eğitim almam için hayatını adayan, beni yetiştirip bu günlere gelebilmem için sonsuz emek ve fedakarlıklarda bulunan, desteğini ve sevgisini her koşulda hissettiğim, üzerimdeki emeklerinin karşılığını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim, bana inanan ve güç veren Canım babam **İlker SAKALLI**'ya, Canım Annem **Handan SAKALLI**'ya ve biricik ablam **Tuğçe OKMAN**'a bana kendimi şanslı hissettirdikleri için tüm kalbimle sonsuz teşekkür ederim.

Buğçe SAKALLI

Özet

Farklı Kanal Ağzı Bariyer Materyalleri Kullanılarak İntrakoronal Beyazlatma Ajanlarının Servikal Bölgeye Penetrasyonunun Değerlendirilmesi

SAKALLI, Buğçe
Doktora, Endodonti Anabilim Dalı
30/06/2022 112 Sayfa

Bu çalışma, %35 Hidrojen peroksit jel ve sodyum perborat tetrahidrat + distile su karışımının intrakoronal beyazlatma ajanı olarak uygulandıklarında, farklı kanal ağzı bariyer materyallerinin sızdırmazlık özellikleri üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmamızda genç bireylerden (14-25) çekilmiş, 120 adet, tek köklü, mandibuler premolar dişleri kullanıldı. Mine-sement birleşiminde (CEJ) dentin açıklığı veya sement defekti olmadığından emin olmak için, dişler x10 büyütme altında stereomikroskopta incelendi. Dişlerin oklüzal yüzeylerine endodontik giriş kaviteleri açıldıktan sonra çalışma boyu belirlendi ve her bir kök kanalının enstrümantasyonu, belirlenen çalışma uzunluğunda ProTaper Gold döner sistemi ile yapıldı. Ardından güta-perka ve AH Plus kanal patı kullanılarak tek kon tekniği ile kök kanalları dolduruldu. Güta perka kanal dolgusu mine-sement sınırının 3 mm altından uzaklaştırıldı. Kanal ağzı bariyer materyali olarak Cam iyonomer siman (CIS), TheraBase, ProProot MTA ve Biodentin kullanıldı (n=30/grup). Her bir bariyer grubu, 1., 4. ve 7. Günlerde uygulanan intrakoronal beyazlatma ajanına göre (HP/SP) alt gruplara ayrıldı. Dişlerin servikal 3 mm'lik kısmı hariç tüm dış yüzeyleri 2 kat tırnak ojesi ve şekillendirme mumu ile kaplandı. Örnekler, 2 mL distile su içeren 5 ml'lik bir Eppendorf tüpüne daldırıldı. Peroksit penetrasyonu, kolorimetrik demir tiyosiyanat yöntemi kullanılarak ölçüldü. Verilerin istatistiksel analizi üç yönlü ANOVA ve Tukey testi ile yapıldı (P=0,05). HP gruplarında CIS, 1. günde test edilen diğer gruplarla karşılaştırıldığında en yüksek peroksit salınımını gösterdi (P<0.05). Biodentin ve ProRoot MTA, 1. ve 4. günlerde CIS ve TheraBase ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha düşük peroksit sızıntısı sergiledi (P<0.05). CIS ve TheraBase kullanılırken, HP, 1. ve 4. günlerde SP ile karşılaştırıldığında daha yüksek peroksit penetrasyonu gözlemledi (P<0.05). Çalışmamızda, peroksit

penetrasyonunun, kullanılan kanal ağzı bariyer materyali ve beyazlatna ajanının türünden önemli ölçüde etkilendiği bulunmuştur.

***Anahtar Kelimeler*:** Hidrojen peroksit; intrakoronal beyazlatma; monosodyum perborat tetrahidrat; peroksit sızıntısı; silikat siman; Therabase

Abstract

Evaluation of the Penetration of Intracoronal Bleaching Agents into the Cervical Region Using Different Intraorifice Barriers

SAKALLI, Buğçe

PhD, Department of Endodontics

30/06/2022 112 Pages

The present study aimed to make a comparison between the effects of 35% hydrogen peroxide gel (HP) and sodium perborate with distilled water (SP) bleaching agents on the sealing characteristics of glass ionomer cement (GIC), TheraBase, ProRoot MTA and Biodentine intraorifice barriers. One hundred and twelve single-rooted mandibular human premolar teeth extracted from young patients (14-25 years) were chosen. Root cement and enamel-cement junction of teeth were examined under a stereomicroscope at 10x magnification to ensure there were no cement defect or dentin gap in enamel-cement junction. After the endodontic access cavities were opened on the occlusal surfaces of the teeth, the working length was determined. Instrumentation of each root canal was performed with a ProTaper Gold rotary system in the determined working length and filled with gutta-percha+AH Plus with a single cone technique using. Root fillings were removed 3 mm short of the cementoenamel junction (CEJ) and sealed with one of the following intraorifice barrier materials (n=30/group): 1. GIC; 2. TheraBase; 3. ProProot-MTA; 4. Biodentine. In each of the sub-groups, either HP or SP was used to perform intracoronal bleaching on days 1, 4, and 7. All outer surfaces of the specimens except the 3 mm cervical region were covered with nail polish and modeling wax layers. Specimens were immersed in a 5 ml Eppendorf tube that contained 2 mL of distilled water. The penetration of peroxide release was measured using the colorimetric ferric thiocyanate method. Statistical analysis of the data was performed with Three-way ANOVA and Tukey's test (P=0.05). In the HP groups, GIC showed the greatest peroxide release when compared with other tested groups on day 1 (P<0.05). Biodentine and ProRoot MTA displayed a significantly lower peroxide leakage when

compared to GIC and TheraBase on days 1 and 4 ($P<0.05$). While GIC and TheraBase were used, HP observed higher peroxide penetration when compared with SP on days 1 and 4 ($P<0.05$). Peroxide diffusion was significantly influenced by the kind of intracoronal bleaching agents and intraorifice barrier materials used.

Keywords: Hydrogen peroxide; intracoronal bleaching; peroxide leakage; silicate cement; monosodium perborate tetrahydrate; Therabase

İçindekiler

Onay I

Etik İlkelere Uygunluk Beyanı II

Teşekkür III

Özet VI

Abstract VIII

İçindekiler X

Tablolar Listesi XIII

Şekiller Listesi XIV

Simgeler ve Kısaltmalar XV

BÖLÜM I

Giriş..... 1

BÖLÜM II

Genel Bilgiler 5

Dişlerdeki Renklenmeler 5

Dışsal Renklenmeler 5

İçsel Renklenmeler 7

Beyazlatmanın Tarihçesi 12

Beyazlatmada Kullanılan Ajanlar 12

Hidrojen Peroksit 13

Karbamid Peroksit 15

Sodyum Perborat 16

Sodyum Perkarbonat 17

Beyazlatmanın Etki Mekanizması 18

Devital Beyazlatma Yöntemleri 18

Walking Bleach Tekniği 19

Termokatalitik Teknik 20

Termofotokalatilik Teknik 21
İç/Dış (inside/outside) Beyazlatma Tekniği 21
Devital beyazlatma Tedavilerinin Yan Etkileri 22
Dişin Sert Dokuları Üzerine Etkileri 22
Çevre Dokular Üzerine Etkileri 25
Adezivlerin Bağlanması Üzerine Etkileri 26
Devital Beyazlatma Yapılan Dişlerin Prognozu 27
Hidrojen Peroksitin Biyolojik Ortamdan Analizi 28
Çalışmamızda Kullanılan Kanal Ağzı Bariyer Materyalleri 30
Rezin Modifiye Cam Iyonomer Siman 30
Kalsiyum Silikat Esaslı Simanlar 31
TheraBase 34

BÖLÜM III

Yöntem 35
Çalışmaya Dahil Edilecek Dişlerin Seçilmesi 35
Dişlerin Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Doldurulması 36
Deney ve Kontrol Gruplarının Belirlenmesi 37
Power Analizi ile Grup Sayılarının Belirlenmesi 38
Kanal Ağzı Koruyucu Bariyer Materyalinin Uygulanması 39
Beyazlatma Materyalinin Pulpa Odasına Uygulanması 43
Deney Düzeneğinin Hazırlanması 44
Penetre Olan Hidrojen Peroksit Miktarının Tayini 48
Kalibrasyon Eğrisinin Elde Edilmesi 50
Sonuçların İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi 52

BÖLÜM IV

Bulgular 53

BÖLÜM V

Tartışma 57

BÖLÜM VI

Sonuç ve Öneriler..... 73

Kaynakça 75

EKLER 97

Ek-1. Etik Kurul Raporu 97

Ek-2. Yayın 98

Ek-3. İntihal Raporu 107

Özgeçmiş 111

Tablolar Listesi

Sayfa

Tablo 1. Gruplar 38

Tablo 2. Kontrol grubunda bulunan distile suya salınan peroksit değerleri (µg/mL) (Ortalama±Standart Sapma) 53

Tablo 3. Hidrojen peroksit grubunda bulunan distile suya salınan peroksit değerleri (µg/mL) (Ortalama±Standart Sapma) 54

Tablo 4. Sodyum perborat grubunda bulunan distile suya salınan peroksit değerleri (µg/mL) (Ortalama±Standart Sapma) 55

Tablo 5. 1., 4. ve 7. günlerde (n=10/grup) bariyer materyali gruplarının peroksit difüzyonunun ortalama ve standart sapma değerleri (µg/mL) 56

Şekiller Listesi

Sayfa

Şekil 1. Katalizör ve enzim varlığında Hidrojen Peroksit'in iyonizasyonu 14

Şekil 2. Peroksit'in Kimyasal Reaksiyonu 15

Şekil 3. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Dolumunda Kullanılan Malzemeler 37

Şekil 4. Etüv 39

Şekil 5. Cam İyonomer Siman 40

Şekil 6. ProRoot MTA 41

Şekil 7. Biodentin 41

Şekil 8. TheraBase 42

Şekil 9. Güta Perkanın Mine-Sement Sınırından 3 mm Uzaklaştırılması (A) ve Kanal Ağzı Bariyer Materyali Uygulanması (B) 42

Şekil 10. Hidrojen Peroksit 43

Şekil 11. Sodyum Perborat Tetrahidrat 44

Şekil 12. Örneklerin Eppendorf Tüplerine Yerleştirilmesi 45

Şekil 13. Örneklerin (A) ve Deney Düzeneğinin (B) Şematik Gösterimi 46

Şekil 14. Günlük Hazırlanan Reaktiflerin Saklanması 47

Şelil 15. Reaktiflerin Hazırlanması 47

Şekil 16. Eppendorf Tüplerinden Distile Su Örneklerinin Alınması (A), Alınan Örneklerin Kuyucuklardaki Mikroplakalara Aktarımı (B), Reaktiflerin Örneklerin Üzerine Konulması (C), Peroksit Varlığında Örneklerin Oluşturduğu Renklerin Örneği (D) 49

Şekil 17. Mikroplaka Okuyucu 50

Şekil 18. Hidrojen peroksitin kalibrasyon eğrisi 51

Simgeler ve Kısaltmalar

#	Numara
%	Yüzde
°	Derece
°C	Derece Santigrat
<	Küçüktür
>	Büyüktür
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
ISO	Uluslararası Standardizasyon Kuruluşu
ml	Mililitre
Mm	Milimetre
n	Sayı
NaOCl	Sodyum Hipoklorit
Ni-Ti	Nikel Titanyum
pH	Hidrojen gücü
Rpm	Dakikada Devir Sayısı
Sn	Saniye
HP	Hidrojen peroksit
SP	Sodyum perborat
KP	Karbamit Peroksit
RMCIS	Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
CIS	Cam iyonomer siman
MTA	Mineral trioksit aggregat
SKR	Servikal servikal rezorpsiyon
SPK	Sodyum Perkabonat
CEM	Kalsiyumdan zenginleştirilmiş karışım
CEJ	Mine-sement sınırı

Super-EBA	Super-etoksi benzoik asit
mM	Millimolar
µL	Mikrolitre
M	Molar
nm	Nanometre
ml	Mililitre

BÖLÜM 1

Giriş

Dişlerde renklenme, lokal veya sistemik birçok içsel ve dışsal faktörlere bağlı olarak veya bu faktörlerin bir kombinasyonu sonucu meydana gelmektedir. Devital dişlerin renklenmesine neden olan lokal içsel sebeplerin başında travma, intrapulpal hemoraji, tam olarak uzaklaştırılamayan pulpa dokusu, endodontik ve restoratif materyaller gelmektedir (Attin, 2003). Renklenme gösteren dişler özellikle ön bölgede estetik açıdan önemli bir sorun yaratmakla birlikte, kişinin özgüvenini, yaşam kalitesini, sosyal ve duygusal davranışlarını olumsuz yönde etkilediği için düzeltilmesi gereken kozmetik bir problemdir (Carrasco vd., 2004).

Kişilerin estetiğe olan eğilimlerinin fazlalaşması diş hekimliğinde çeşitli estetik uygulamaların ve birçok üretici firmanın yeni ve yüksek teknolojili materyallerinin üretiminde artışına neden olmaktadır. Renklenmiş dişleri tedavi etmek için uygulanan beyazlatma işlemi, kompozit rezin, porselen veneer ve tam kron uygulamarına kıyasla uygulanması kolay, güvenli, ekonomik, ve diğer işlemlere benzer etkide sonuçlar gösteren konservatif bir yaklaşımdır (Cappelletto Nogueira Teihexeria E, 2003).

Endodonti bilim dalının esas konusu mevcut ağrının dindirilmesi ve dişte oluşan enfeksiyonun elimine edilerek tedavi edilmesi olmakla birlikte, genellikle içsel sebeplere bağlı olarak gelişen diş renklenmelerinin beyazlatılması, endodontistlerin güncel pratik uygulamalarından birisi olmuştur (Çalışkan, 2006).

Devital dişlerin beyazlatılmasında, ‘termokatalitik teknik’, ‘walking bleach’ tekniği veya her iki tekniğin kombinasyonu yaygın olarak kullanılmaktadır. Renklenmenin giderilmesinde her iki tekniğin de farklı uygulama yöntemleri olmasına rağmen benzer sonuçlar elde edilmektedir (Plotino vd., 2008). Ancak, ‘walking bleach’ tekniği seansların daha kısa sürmesi, hasta için konforlu ve güvenilir olması sebepleriyle yaygın olarak tercih edilen devital beyazlatma yöntemidir (Attin vd., 2003).

‘Walking bleach’ tekniği, ilk olarak 1961 yılında Spasser tarafından pulpa odasına sodyum perborat (SP) ve su karışımı uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı aynı zamanda , SP ve distile su karışımının kanal tedavisi tamamlanmış dişlerde, pulpa odasında birkaç gün bırakılarak belirli aralıklarla beyazlatma ajanının değiştirilmesini önermiştir (Greenwall, 2001).

Günümüzde, beyazlatma işlemi için kullanılan teknik ve materyaller, renklenmiş dişlerde etkili bir beyazlatma sağlamanın yanı sıra diş dokuları, oral mukoza ve hastanın genel sağlığına zararlı etkilerinin olmaması da göz önünde bulundurularak gelişim göstermiştir (Carrasco vd., 2004).

Hidrojen peroksit (HP) ve SP, devital dişlerin beyazlatılması için farklı konsantrasyonlarda yaygın olarak kullanılan ağartma maddeleridir. HP, %30-35'lik bir konsantrasyonla intrakoronal olarak pulpa odasına doğrudan uygulanabilir. SP, distile su karışımıyla veya HP ile okside edici ajan olarak karıştırılıp birlikte kullanılabilir. Aynı zamanda, SP, kimyasal reaksiyonu sonucu düşük seviyede HP açığa çıkarabilen kimyasal bileşendir. HP ile karıştırıldığında, SP’nin ayrı kullanımına göre intrakoronal beyazlatmada klinik olarak daha etkili sonuçlar gösterdiği birçok kez belirtilmiştir (De Souza-Zaroni, 2009).

İntrakoronal beyazlatma, konservatif bir işlem olmasına rağmen en önemli komplikasyonu invaziv servikal kök rezorpsiyonudur (SKR). Yapılan birçok çalışma, intrakoronal beyazlatma SKR’nin sebebini uygulanan beyazlatma ajanlarının dentin kanalcıkları yolu ile çevre dokulara difüzyonu olarak bildirmektedir (Harrington &Natkin, 1979; Walton&Torabinejad, 1989). Özellikle, semental kök defekti varlığında, intrakoronal olarak uygulanan HP’nin düşük moleküler ağırlığı ve yüksek oksidatif gücü nedeniyle kök içerisine olan difüzyonunun daha fazla olduğunu gösteren *in vitro* çalışmalar mevcuttur. Bu durum, osteoklastik aktivitenin başlangıcı için optimal olan asidik pH ortamı sağlamaktadır. (Patel,2009,Rotstein vd., 1991b; Koulaouzidou vd., 1996). Ek olarak, yapılan *in vivo* araştırmalar, intrakoronal beyazlatma kaynaklı SKR’yi doğrulamıştır (Madison & Walton, 1990; Heller vd., 1992).

Bunun yanı sıra, HP kullanımı, dentin geçirgenliğinin artması, dentinin kimyasal yapısındaki değişiklikler ve diş sert dokusunun fiziksel özelliklerinin genel olarak zayıflaması gibi komplikasyonlara da sebep olmaktadır. Bu nedenle servikal bölgedeki çevre dokularında geri dönüşü olmayan hasarları önlemek için uygun materyaller kullanarak penetrasyon mümkün olduğunca sınırlandırılmalıdır. Bu durum, geleneksel yaklaşımlarla aynı düzeyde etkinliğe sahip olan ancak ilgili komplikasyonları olmayan alternatif ajanların araştırılmasına yol açmıştır. Bu amaçla, intrakoronal beyazlatmada güvenli beyazlatma ajanı olarak SP sıklıkla kullanılır (De Souza-Zaroni, 2009; Chng, 2004).

Diş beyazlatma işleminde, koruyucu bariyer materyalinin beyazlatma maddelerinden açığa çıkan peroksitin pulpa odasından servikal bölgeye penetrasyonunu önlemek veya azaltmak için kök kanalının koronal üçte birine uygulanması esastır. Böylelikle, komplikasyonların oluşma riski oldukça azaltılmış ve hasta isteğine cevap verebilecek başarılı bir tedavi sağlanmış olacaktır (Plotino vd.,2008; Chen, 2020).

Şimdiye kadar, koronal beyazlatma işlemi sırasında peroksit sızıntısını önlemek veya azaltmak için koronal bariyer materyali olarak kullanılmak üzere kavit, amalgam, çinko oksit ojenol, süper etoksi benzoik asit (Süper-EBA), kompozit rezin, kalsiyumdan zenginleştirilmiş karışım (CEM), cam iyonomer siman (CIS), mineral trioksit agregat (MTA) ve Biodentine gibi çeşitli materyaller önerilmiştir. CIS, beyazlatma maddelerinin koronal sızıntısını önlemek veya azaltmak için koruyucu bariyer materyali olarak genellikle tercih edilir (Zarenejad, 2015). Son zamanlarda, yüksek marjinal adaptasyonları, biyouyumlulukları ve uygun sızdırmazlık özelliklerine izin verme yetenekleri nedeniyle endodontik tedavi prosedürlerinde kalsiyum silikat esaslı simanlar aktif olarak kullanılmaktadır (McCabe, 2015).

Bu çalışmanın amacı, iki farklı devital beyazlatma materyali uygulanmış dişlerde çeşitli koronal bariyer materyallerinin sızdırmazlık özellikleri üzerine etkilerini *in vitro* olarak incelemektir.

Bu çalışma bu konuda yapılacak ilk araştırma olacaktır. Literatürde bulunmayan çözüm önerilerini içeren farklı modifikasyonlar uygulanarak beyazlatma işlemi esnasında komplikasyonları en aza indirerek dişin ve çevre dokuların zarar görmemesine anlamlı bir değer katıp katmadığı değerlendirilecektir. Klinikte uygulanabilecek yöntemler elde edilir ise dişin ve çevre dokuların zarar görerek eksternal servikal rezorpsiyon oluşumunun önlenmesi söz konusu olacaktır. Bu da hastanın endodontik tedavi görmüş renklenmiş dişinin tedavisi için gereken yüksek maliyet miktarını büyük oranda düşürecek ve doğal yapıyı koruyan daha konservatif bir çözüm olacaktır.

BÖLÜM II

Genel Bilgiler

Dişlerdeki Renklenmeler

Daimi dişlerdeki sağlıklı minenin rengi mavi-beyaz, grimsi beyaz veya sarımsı beyaz tonları arasında değişkenlik göstermektedir (Alaçam, 2000). Dişlerin normal renklerinin bozulup farklı bir renk almalarına 'diş renklenmeleri' denmektedir. Dişler arasındaki renk değişiklikleri mine ve dentin dokularının ışığı yansıtma ve absorbe etme özelliklerine göre farklılık göstermektedir (Joiner & Luo, 2017). Mine yarısaydam özelliği ile dentin tabakasının rengini yansıtmaktadır, bu yüzden diş renginin belirlenmesinde mine kalınlığı ve geçirgenliği, dentin tabakası ve pulpa önemli bir rol oynamaktadır. Dişin rengi genel olarak dentin rengi ve içsel-dışsal renklenmelerin bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Mine, dentin veya kron pulpasının yapısında oluşabilecek herhangi bir değişiklik dişin ışık iletimi özelliğini değiştirebilmektedir (Watts & Addy, 2001).

Daimi dişlerde gelişen renklenmelerin kalıcı hale gelmemesi için iyi bir oral hijyen alışkanlığının edinilmesi ve gerekli ise beyazlatma yöntemleri ile desteklenmesi gerekmektedir. Beyazlatmanın başarısını etkileyen birçok faktör olmasıyla birlikte, en önemli faktör diş renklenmesinin etyolojisinin doğru bir şekilde belirlenebilmesidir. Doğru bir tanı başarılı bir tedavi planlanması yapılmasını sağlayacaktır (Watts & Addy, 2001). Diş renklenmeleri kalıtsal olabileceği gibi hastanın davranışına, yaşına ve hastalığına bağlı olabilir veya dental ve tıbbı tedaviler sebebiyle iyatrojenik olarak da ortaya çıkabilir (Ari vd., 2002; Walton & Torabinejad, 2009).

Dışsal Renklenmeler

Dişin dış yüzeyinde meydana gelen renklenmeler, sıklıkla karşılaşılan ve çok çeşitli nedenlere bağlı olarak oluşabilen renklenme tipleridir. Dışsal renklenmelerde, renklenmenin sebebi olan madde diş yüzeyine değişik kuvvetlerle çekilerek bağlanmaktadır. Bu nedenle bu tip renklenmeler daha yüzeyseldir. (Walton & Torabinejad, 2009). Dışsal renklenmeler genç hastalarda farklı renklerde ve ağırlıklı

olarak dişin servikal bölgesinde gözlemlenirken, yaşlı hastalarda ise kahverengi-siyah ya da gri renklerde ve dişeti dokusuna komşu alanlarda gözlemlenmektedir. Bu tip renklenmeler, Nasmyth zarı kalıntıları, restorasyonlar, ağız hijyenin kötü olması, dişeti kanamaları, plak birikimi, diyet alışkanlıkları ve kromojenik mikroorganizmalar nedeniyle ortaya çıkabilir (Aschheim vd., 2001).

Dışsal renklenmelerde, mesleki olarak metal tuzlarına maruz kalan bireylerde veya metal içerikli ilaçların kullanımına bağlı olarak dişlerde siyah renklenmelere yol açan metalik renklenmeler görülebilmektedir (Nordbo vd., 1982). Bakır tuzları içeren gargaralar yeşil renklenmeler yaparken (Waerhag vd., 1984), potasyum permanganat içerikli gargaraları kullananlarda mordan siyaha doğru diş renklenmeleri görülebilmektedir (Watts & Addy, 2001). Diş hekimliği uygulamalarında kullanılan gümüş nitrat dişlerde gri renklenme yapmaktadır (Dayan vd., 1983). Ayrıca, stanöz florid ise dişlerde sarı kahverengi renklenmeye yol açmaktadır (Ellingsen vd., 1982).

Dışsal renklenmelerde, kahve, çay gibi içecekler ve diğer kromojenik yiyecekler, ilaç veya sigara tüketimi sonucunda dişlerde katran koyu, kahverengimsi renk değişimleri görülebilmektedir. Ayrıca, aşırı tüketilmesi sonucunda turunçgillerde bulunan zayıf asitin minede hızlı bir dekalsifikasyona yol açtığı bilinmektedir (Rodrigues vd.,2015; Roberson vd., 2006). Kötü ağız hijyeni daha pürüzlü diş yüzeylerine yol açarak renklenmenin etkisini hızlandırmaktadır (Setezer, 2016). Değişik bölgelerde yaşayan insanların sahip olduğu beslenme alışkanlıkları milletlere özgü farklı renkleşmelerin meydana gelmesinde önemli bir faktördür. Betel nut ve benzeri maddelerin devamlı bir şekilde çiğnenmesi dişlerde ciddi oranda siyah renk değişimlerine neden olabilir.

Nathoo (2002), dış kaynaklı renklenmeleri N1, N2 ve N3 olacak şekilde 3 sınıfa ayırarak tanımlamıştır (Setezer, 2016). Bu sınıflandırmaya göre N1 tip renklenmelerde, renklenmeye neden olan maddenin ve dişte meydana gelen renklenmenin rengi aynıdır. N1 tip renklenmelere örnek olarak, çay, kahve ve şarap gibi içecekler renkli materyallerini doğruca diş yüzeyinde biriktirerek dişte renklenmeye neden olabilirler. Ayrıca, tükürük içinde bulunan demir, bakır gibi bazı

metaller de diş yüzeylerine tutunarak renklenmeye neden olabilmektedirler. N2 tip renklenmelerde, renklenmeye yol açan maddenin rengi dişe bağlandıktan sonra değişmektedir. Örnek olarak, ağız hijyeninin kötü olduğu kişilerde oluşan pelikılın renginin gün geçtikçe koyulaşması verilebilir. N3 tip renklenmelerde ise, dişlerde renklenmeye neden olan kromojen maddenin dişe bağlandığı sırada renksiz olması fakat zamanla oluşan kimyasal reaksiyonlar ile renginin değişmesi gözlenmektedir. Bu reaksiyonlara 'maillard' ya da non-enzimatik reaksiyonlar denilmektedir. Bu gruba örnek olarak, klorheksidin ve kalay floridin neden olduğu renklenmeler gösterilebilmektedir (Norbdova vd, 1997; Nathov & Goffar, 1993; Dolar,1998).

Dışsal renklenmeleri ortadan kaldırmak amacıyla en sık abraziv diş macunları kullanılmaktadır. Abraziv diş macunlarının yetersiz kaldığı durumlarda ise mekanik abrazyon veya beyazlatma tedavilerinin uygulanması olumlu yanıt vermektedir. Fakat, tedavinin başarısı ne olursa olsun, aynı maddelere maruz kalınmaya devam edildikçe renk değişimi tekrar oluşmaktadır (Sundfeld vd., 2014).

İçsel Renklenmeler

Dişlerin oluşumu sırasında veya sonrasında diş sert dokularının yapılarında veya kalınlıklarında meydana gelen renklenmelerdir (Sulieman, 2008). Klinisyen ve hastalar için yaygın bir sorun olan bu renklenmelerin çoğu dentinde görülür ve eksternal beyazlatma yöntemleri ile tedavi edilmesi zordur (Walton & Torabinejad, 2009). Bu renklenmeler dişin bir bölümünü veya tamamını etkileyebilir (Yamanel vd., 2011).

İçsel renklenmenin sebepleri, şöyle sıralanabilir:

Porfiria: Çoğunlukla konjenital geçiş gösteren bir metabolizma bozukluğu olan eritropoetik porfiriada porfirin pigmentinin gelişen dentin içerisinde birikmesi sonucunda dişlerde kırmızı kahverengi renklenmeler oluşabilir (Jordan & Boksman, 1983, Faunce vd.,1983; Ciftci vd., 2019). Beyazlatma tedavilerine genellikle olumlu sonuç verir. Şiddetli renklenmelerin olduğu vakalarda estetik restoratif tedaviler uygulanır (Kooijman & Brand, 2005).

Hemolitik Anemi (Eritroblastozis Fetalis): Yeni doğanlarda Rh uyuşmazlığı sonucu kanın hemolizi ve yıkımı ile karakterize bir kan hastalığıdır. Her iki dentisyonu da etkilemektedir. Pigmentler dişlerde yeşil, mavi, siyah veya kahverengi renklenmeler oluşturabilir. Çoğunlukla zamanla kendiliğinden geçmektedir (Faunce vd.,1983; Can, 2012).

Hiperbilirubinemi: Doğumsal olarak kandaki bilirübin miktarının yüksek olması nedeniyle dişte genellikle yeşil renklenmeler görülmektedir. Etkilenmiş eritrosit miktarına göre tedaviye cevap değişiklik göstermektedir (Can, 2012).

Amelogenezis imperfekta: Herediter, otozomal dominant geçişli bir anomalidir. Mine oluşumu esnasında mineralizasyon veya matriks formasyonu esnasında kesinti meydana gelmektedir. Hem süt hem daimi dişlerin minelerini etkilemektedir. Hipoplastik ve hipokalsifiye olmak üzere iki tipi vardır. Klinik olarak sarı veya kahverengi renklenmeler meydana gelir (Abd Alraheam & Donovan, 2020; Jordan & Boksman,1983). Mine etkilendiği için beyazlatma tedavileri endike değildir. Protetik yaklaşımlar tercih edilebilir (Watts & Addy, 2001).

Dentinogenezis İmperfekta: Dentin defektleri genetik veya çevresel faktörler sonucu ortaya çıkabilir. Tek başına gelişebileceği gibi bir sistemik hastalıkla birlikte de görülebilir. Eklemlerde elastisite, kemikte kırılganlık, sklerada mavimsi renk ve opak dentin ile karakterizedir. Dentinogenezis imperfekta 3 tipten oluşmaktadır. Tip I, bağ dokusunda oluşan tip I kollajen bozukluğudur ve osteogenezis imperfekta ile beraber görülmektedir. Tip II herediterdir ve sadece dentin dokusunu etkilemektedir. Opak dentin görüntüsü ile karakterize edilmektedir. Dişlerin rengi genellikle mavi ya da kahverengimsidir. Tip III, dış görünüş olarak Tip I ve Tip II'ye benzerlik göstermektedir ancak primer dentisyonda ek olarak pulpa perforasyonları mevcuttur. Radyografide ise kabuk diş "shell teeth" görüntüsü vermektedir (Tredwin vd.,2005). Bu tip defektlerde beyazlatma tedavileri kontraendikedir ve protetik olarak tedavi edilmelidir (Witkop, 1988).

Fenilketonüri: Otozomal resesif geçişlidir. Tirozin mekanizması bozukluğudur. Dişlerde kahverengi renklenme görülür (Ciftci vd., 2019). Beyazlatma

tedavilerinde genellikle sonuç alınır. Şiddetli renklenmelerde estetik restoratif tedavi uygulanır (Can, 2012).

Dentin Displazisi: Otozomal dominant geçişlidir. Tip I dentin displazisi her iki dentisyondaki dişlerde normal şekil ve formda görülmektedir. Tip II dentin displazisinde ise pulpa taşlarıyla birlikte deve dikeni şeklinde pulpa odası karakterizedir. Dişlerde sarı kahverengi renklenmeler görülmektedir (Alhilou vd., 2018).

Beyaz Nokta Lezyonları: Gelişimsel, kazanılmış ya da her ikisinin kombinasyonu sonucu görülebilmektedir. Gelişimsel lezyonlar, diş gelişiminin matriks formasyonu veya kalsifikasyon aşamalarında meydana gelen farklılıklardan kaynaklanmaktadır. En sık görülen sebepleri arasında ise endemik florozis ve travma yer almaktadır. Kazanılmış lezyonlar ise, sıklıkla ağız hijyeni kötü olan ve sabit ortodontik aparey kullanan kişilerde görülmektedir. Hafif bir renk değişiminden opak tebeşirimsi renge kadar farklı renklerde görülmektedir. Lezyon büyüklüğü, dağılımı ve penetrasyon derinliği çeşitlilik göstermektedir (Yamanel vd., 2011). Beyazlatma işlemlerine sonuç vermez. Basit aşındırma işlemleri ve daha sonrası flor uygulaması tavsiye edilmektedir (Can, 2012).

West Sendromu: Epilepsi ve kas spazmı olan hastaların dişlerinde mavi renklenme şeklinde görülmektedir (Can, 2012).

Florozis: Endemik florozis, mine matriks formasyonu ve kalsifikasyon sırasında florür miktarının çok fazla miktarlarda (1,5 ppmden fazla) olması ile oluşur. Dişlerde görülen renklenmeler, içme suyundan alınan florid, florürlü diş macunları, flor tabletler, jel, köpük, çözelti, flor içeren ağız gargaraları veya vernik gibi kaynaklardan alınan toplam florür iyonunun yüksek olmasına bağlı olarak ortaya çıkabilir. Derecesi alınan flor miktarı ve alım zamanı ile orantılı olarak değişmektedir. Florozis, mine yüzey görünümünde hafif beyazlıktan oluşan diffuz opasite farklılıkları içeren görünümü ile karakterizedir. İçme suyundaki flor miktarının 1 ppm den fazla olduğu durumlarda meydana gelmektedir. Fazla flor alınımı sonucunda 3 tip renklenme gözlenmektedir. Basit florozis olgularında diş yüzeylerinde geniş kahverengi renklenme kahverengi renklenmeler mevcuttur. Opak

floroziste mine yüzeyinde hafif, aralıklı beyaz noktalar, tebeşirimsi veya opak bölgeler görülmektedir. Çukurlu floroziste ise minede çeşitli noktasal erozyonlar oluşmakta ve renklenme diğer tiplere göre daha koyu izlenmektedir (Gu vd., 2020). Ciddi estetik ve psikolojik sorunlara sebebiyet veren dental florozis renklenmelerinin tedavisinde estetiği kazandırıp dişe en az zarar veren tedavi yöntemi tercih edilmelidir. Sarı-kahverengi bantlara beyazlatma tedavileri uygulanabilir. Beyaz opak lezyonlara ise aşındırma tedavisi uygulanabilir (Mani vd., 2019).

Tetrasiklin: Dişlerdeki renklenme mekanizması tam olarak bilinmese de, mineralizasyon sırasında tetrasiklin molekülünün, kalsiyumla şelasyon yaparak hidroksiapatit kristallerinin yapısına girerek meydana getirdiği düşünülmektedir. Daimi dişlerin gelişiminin 12 yaşına kadar sürdüğü düşünüldüğü için bu yaşa kadar olan çocuklarda tetrasiklin kullanımından kaçınılmalıdır. Renk değişikliğinin şiddeti; kullanılan ilaçların tipine, dozuna, süreye ve ilacın verildiği zamana bağlı olarak değişmektedir. Tetrasiklinin bir kısmı minede birikmesine rağmen, büyük çoğunluğu dentinde birikmektedir. Bu durum, dentin apatit kristallerinin mine apatit kristallerinden daha geniş yüzeye sahip olması nedeniyle oluşmaktadır (Aschheim vd., 2001). Tetrasiklin dişlerde sarı, sarı-kahverengi, kahverengi, gri veya mavi renklenmelere yol açmaktadır. Renklenmenin dağılımı yaygın olup ciddi vakalarda bantlar şeklinde görülür (Yamanel vd., 2011). Tetrasiklin renklenmeleri dört derecede incelenir; Birinci derece; ağartma tedavilerine cevap verebilmektedir. İkinci derece; ağartma tedavilerine verdiği cevap renklenmenin yoğunluğuna bağlı farklılık göstermektedir. Üçüncü derece ve dördüncü derece; ağartma tedavilerine cevap vermemektedir (Küçükekenci vd., 2018).

Pulpal Renklenmeler: Travmaya sonucunda bazı dişlerde pulpal kanama gözlenmektedir. Kanama sonucu ilk olarak pembe renklenme gözlenmektedir. Zamanla nekrotik pulpa ürünleri ve kan yıkım ürünleri, özellikle demir sülfitler dentin tübüllerine girerek dişlerde nekroza bağlı kahverengimsi gri renklenmeler şeklinde değişmektedir (Attin vd., 2003).

Servikal Rezorpsiyona Bağlı Oluşan Renklenmeler: Dentin dokusunun rezorpsiyonu sonucunda vasküler yapının mineden yansıması sonucu meydana

gelmektedir. Mine-sement sınırında genellikle semptomsuz pembe renklenmeye neden olmaktadır. Radyografik görüntüsünde genellikle tanımlanmamış sınırları olan amorf bir radyolüsensi görülmektedir (Warnsinck, 2018).

Endodontik Tedavi Sırasında Görülen Renklenmeler: Pulpa dokusunun kök kanallarından uzaklaştırıldığı esnada oluşan aşırı miktarda kanama veya pulpa artıklarının tümüyle uzaklaştırılmadığı durumlarda, giriş kavitesinde kalan kan ürünlerinin parçalanması sonucunda içsel renklenmeler meydana gelmektedir. Giriş kavitelerinin yetersiz açıldığı durumlarda pulpa boynuzlarında kalan artık pulpa dokuları koronal renklenmeye neden olmaktadır (Setien, 2008). Baryum, iodin, bizmud oksit veya gümüş içeren endodontik ilaçlar, mine-sement sınırının üstünde kalan güta perka artıkları ve kanal patları dişlerde renklenmeye neden olmaktadır (Ahmed ve Abbott, 2012). Kanal içi ilaç yada kanal patları nedeniyle oluşan renklenmeler, turuncu-kırmızı, koyu kırmızı, gri veya siyah renkte ortaya çıkabilmektedir (Bizhang vd., 2003). Dentinle kimyasal olarak etkileşim gösteren bileşenlerin korozyonu veya reaksiyona girmeyen bileşenlerin varlığı sebebiyle kanal dolgu patları genellikle zaman içerisinde renk değişikliğine neden olmaktadır (Parsons vd., 2001). Kök kanalı irrigasyonunda kullanılan iyotlu solüsyonlar, fenol, kresatin ve penisilin, streptomisin veya kloramfenikol içeren solüsyonlar da renklenmeye neden olmaktadır (Burgt & Plasschaert, 1985). En şiddetli renk değişikliği N2 pastaları ve tetrasiklin içeren poliantibiyotik pastaları, özellikle de Deklomisin içeren ürünlerin kullanımı sonucu görülmektedir (Gutiérrez vd., 1968).

Amalgam gibi restoratif materyaller dişlerde ve çevre yumuşak dokularda renklenmelere neden olmaktadır (Wei & Ingram, 2016). Renklenme; amalgam partiküllerinden ayrılan civanın dentin tübülleri içerisinde birikmesi ve civanın sülfit iyonları ile reaksiyona girmesi sonucunda oluşmaktadır (Kurosaki, 1970). Amalgam restorasyonların sebep olduğu gri renklenmenin beyazlatma işlemleri ile giderilmesi zordur ve zaman içinde geri dönmektedir (Kasraei & Azarsina, 2010). Dentin pinleri, metalik postlar gibi metalik materyaller de zaman içinde korozyona uğrayarak koronal renklenmeye neden olabilmektedir (Wei & Ingram, 2016). Rezin kompozit restorasyonlar; kompleks ağız içi bakteriyel ortam, mikrosızıntı ve tüketilen besinler nedeniyle genellikle zaman içinde renklenme gösterebilmektedir (Ardu, 2010).

Gri MTA pulpotomide kullanıldığında, tedavi edilmiş vakaların %60' ı renk değişikliği göstermiştir (Naik & Hedge, 2005; Maroto vd., 2005). Sonrasında üretilen beyaz MTA, gri MTA'ya göre pulpa cevabında önemli derecede bir fark göstermemiştir (Holland vd., 2001). Beyaz MTA ve gri MTA'nın kimyasal yapısındaki en büyük farklılık, renk değişikliğinin esas sebebi olarak kabul edilen Al_2O_3, MgO ve FeO gibi metal oksitlerin konsantrasyonudur. Vital pulpa tedavisinde uygulanan beyaz MTA'nın dişte renk değişikliğine sebep olduğu görülmüştür (Boutsioukis vd.,2008; Belobrov & Parashos, 2011). İntrakoronal beyazlatma yapılan dişlerde görülen renk değişikliği dentinde değil kaviteye yerleştirilen MTA'da oluşmaktadır. Bu yüzden MTA diş dokusundan uzaklaştırıldığı zaman dentinin rengi önemli ölçüde iyileşmektedir (Belobrov & Parashos, 2011).

Beyazlatmanın Tarihçesi

Diş hekimliğinde beyazlatmayla ilgili bilgilere 1799 yılında ilk kez Macintosh'un klorid içeren beyazlatma ajanıyla ilgili yaptığı çalışmada rastlanmaktadır (Fasanaro, 1992). 1860 yılında ise vital olmayan dişlerin beyazlatılmasında kalsiyum hidroklorit ve asetik asit çözeltisindeki klorinin kullanımının etkili bir yöntem olduğu ileri sürülmüştür (Sulieman, 2004). HP kullanımı ilk olarak 1884 yılında Harlan tarafından önerilmiştir. Pearson, 1958 yılında cansız dişlere pirozon (eter peroksit) kullanarak dışardan beyazlatma yaparken aynı zamanda da pulpa odasına %35'lik hidrojen peroksit yerleştirilmesini tavsiye etmiştir (Fasanaro, 1992). Spasser, 1961 yılında "walking bleach" yönteminden bahsetmiştir. SP ile distile su karışımının kanal tedavisi yapılmış dişlerde, pulpa odasının içerisinde bekletilmesi ve birkaç gün aralıklarla beyazlatma ajanının değiştirilmesini önermiştir (Bartlett, 2001).

Beyazlatmada Kullanılan Ajanlar

Beyazlatma ajanlarının aktif bileşeni peroksit bileşimleridir. Güncel olarak, sık kullanılan beyazlatma ajanları; HP (H_2O_2), SP ($NaBO_3$) ve Karbamid Peroksit (KP) ($CH_6N_2O_3$). Ayrıca sodyum perkorbonat (SPK) **(**$2Na_2CO_3.3H_2O_2$) da kullanılabilir. Beyazlatma ajanları toz, sıvı ya da jel formunda olabilirler. Ayrıca, ayrı ayrı kullanıldıkları gibi kombine olarak da kullanılabilmektedirler (Attin vd.,

2003). HP ve KP daha çok, ekstrakoronal beyazlatmada kullanılırken, SP intrakoronal beyazlatmada tercih edilmektedir (Brown, 1965; Howell, 1980; Rotstein vd., 1996; Rotstein & Li, 2008). Hem SP hem de KP, sulu ortamda ayrıştığında HP'yi serbest bırakmaktadırlar (Rotstein & Li, 2008).

Garg & Garg (2007) ideal bir beyazlatma materyalinde bulunması gereken özellikleri tanımlamışlardır. Buna göre; beyazlatma materyali dişlere kolay uygulanabilmelidir, nötral pH'a sahip olmalıdır, dişleri etkili bir şekilde beyazlatabilmelidir, minimum miktarla, maksimum sonuç elde edilebilmelidir. Ayrıca oral dokuları irrite etmemeli, diş sert dokularına zarar vermemeli, dişleri dehidrateetmemelidir. Hekim tarafından kolaylıkla kontrol edilebilmeli ve hastanın ihtiyaçları doğrultusunda farklı şekillerde uygulanabilmelidir.

Hidrojen Peroksit (H_2O_2)

HP, beyazlatma ajanlarının arasında en çok kullanılan serbest radikaller açığa çıkarabilen okside edici ve stabil olmayan kimyasal bir bileşiktir (Frysh vd., 1995). Yapısı bozulduğunda en kuvvetli serbest oksijen radikallerinden olan perhidroksil (HO_2) açığa çıkmaktadır. Perhidroksil oluşumunu arttırmak için gerekli optimum pH 9.5 ile 10.8 arasıdır. Bu pH aralığında daha yüksek perhidroksil oluşur. Bu da diğer pH düzeylerinde aynı zamanda elde edilen beyazlatma etkisinden daha fazla beyazlatma etkisi ile sonuçlanır (Frysh vd., 1995).

HP'nin aktif oksijene ayrışması: ısı, ışık ve sodyum hidroksit ilavesi ile hızlanmaktadır. Kararsız yapıları sayesinde hızlıca oksijen açığa çıkarıp, patlayabilirler. Bu nedenle hidrojen peroksit karanlık, kuru ve soğuk yerlerde saklanmalıdır (Hardman vd., 1985; Chen vd., 1993; Walton & Torabinejad, 2009). Saf likit formundaki hidrojen peroksitin yıkılmasını engellemek ve raf ömrünü uzatmak için hafif asidik olarak hazırlanmaktadır.

Ağızda bulunabilen bazı enzimler, reaksiyonu hiç serbest radikal oluşmayacak şekilde değiştirerek, HP'nin beyazlatma özelliğini ortadan kaldırabilirler. Bu reaksiyon sonucunda serbest radikal oluşmaz ve hidrojen peroksit beyazlatma ajanı olarak etki edemez. Serbest radikallerin oluşmaması durumunda HP

beyazlatma ajanı olarak etkisizdir. Ağızdaki enzimler oksijen toksisitesine vücudun savunma mekanizmalarıdır. Bu nedenle beyazlatma işlemi esnasında dişlerin kuru olmaları gerekmektedir (Carlsson, 1987).

Şekil 1

Katalizör ve enzim varlığında Hidrojen Peroksit'in iyonizasyonu (Carlsson,1987)

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

HP, direkt olarak uygulanabileceği gibi SP veya KP'nin kimyasal reaksiyonu sonucu üretilerek uygulanabilmektedir. HP peperatlarının düşük konsantrasyonları dişeti hastalıkları tedavisinde kullanılmaktayken, %30-%35 konsantrasyonları intrakoronal beyazlatma için kullanılmaktadır (Gold, 1983).

HP'nin eterdeki %25' lik solüsyonu 'pyrozen' olarak isimlendirilir ve eterin yüzey geriliminin düşük olmasından dolayı dentin kanallarına penetrasyonu oldukça iyidir ve daha iyi beyazlatma sağlanabilir. Ancak sızması halinde yakıcıdır ve kokusu mide bulandırıcı olabilir (Çalışkan, 2006).

HP'nin sudaki %30"luk solüsyonu süperoksol olarak adlandırılır. Bu solüsyon, HP'nin en yaygın solüsyon tipidir ve yumuşak dokularla temas ettiğinde yanıklara neden olmaktadır. Deride ve oral mukozoda beyaz peteşiler oluşturarak ağrılı bir yanma meydana getirmektedir (Naik & Hedge, 2005). Işık, hidrojen peroksit moleküllerinde parçalanmalar meydana getirdiği için koyu renkli ışık almayan şişelerde ve serin yerlerde saklanmalıdır (Walsh, 2000). Yapılan bir araştırmada hidrojen peroksitin buzdolabı koşullarında saklanmasına rağmen, beyazlatma etkinliğini altı ay sonra %50 kaybettiği belirtilmiştir (Tredwin vd., 2005).

Mine ve dentin duvarlarında yüzey gerilimini düşürür ve bu sayede hidrojen peroksit radikallerinin tübüllerin içine daha kolay penetre olmasını sağlar. Beyazlatma işlemi 'redoks reaksiyonu' olarak da bilinen oksiredüksiyon tepkimesiyle çalışmaktadır (Frysh vd., 1995). Benetti vd. (2004), beyazlatma süresi boyunca peroksitin konsantrasyonun daha da arttığını bildirmiştir.

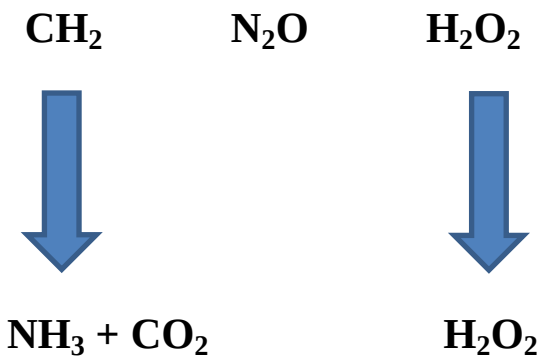
HP, kostik kimyasal olduğu için dokularla temasında yanık oluşturabilirler. Bu nedenle oldukça dikkatli kullanılmalıdırlar (Walsh, 2000).

Karbamid Peroksit ($CH_6N_2O_3$)

KP, değişik konsantrasyonlarda (%3-15) kullanılan, üre ve hidrojen peroksitten oluşan, organik, kristal, beyaz bir bileşiktir (Gürgan vd., 1996). Üre hidrojen peroksit olarak da bilinen KP piyasada %3-25 konsantrasyonlarda bulunur. Dişlerin beyazlatılmasında genellikle KP'in %10-25'lik konsantrasyonları kullanılmaktadır. %10'luk KP, %3,6'lık HP (H_2O_2) dönüşerek, üre (CH_4N_2O), amonyak, CO_2 açığa çıkartır (Alaçam, 2012). Yüzde 10' luk KP beyazlatma ajanı içeriğinde bulunan üreden dolayı %0.2' lik klorheksidin solüsyonundan daha fazla antibakteriyel etkiye sahiptir (Gurgan vd., 1996).

Şekil 2

Karbamid Peroksit'in Kimyasal Reaksiyonu



Üre, doğal olarak vücutta bulunan tükrük bezlerinden salgılanan ve gingival sıvıda bulunan bir bileşik olarak; kendiliğinden veya bakteriyel metabolizma sonucu, karbondioksit ve amonyağa parçalanır. pH üzerine etkisi konsantrasyon ve uygulanan süreye bağlıdır (Farawati vd., 2019).

Beyazlatma tedavisinde üre açığa çıkınca; hidrojen peroksiti stabilize etmektedir. Solüsyonun pH' sını yükseltmekte, çürük önleyici etkisinin artması, tükrük uyarılması ve yara iyileştirme özelliği gibi bazı olumlu özelliklerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır (Farawati vd., 2019). Günümüzde KP içeren beyazlatma ajanlarının çoğu gliserin içermektedir ve bu ajanlar hidrojen peroksite

göre daha sabit bir yapıya sahiptir (Plotino vd.,2008). Bazılarında ise koyulaştırıcı ajan olarak bir poliakrilik asit polimeri olan karbopol bulunur (Rotstein & Li, 2008). Karbopol; HP salınımını yavaşlatmaktadır. Ağartma işleminin etkinliğini değiştirmez ve raf ömrünü uzatır (Basting, 2005).

KP jellerin beyazlatma etkinliğini gösterebilmeleri için ilk olarak aktif etkileri HP'ye parçalanmaları gerekmektedir (Haywood & Heymann, 1991; Kaneko vd., 2000).

KP'nin olası yan etkileri hidrojen peroksit ile ilişkili komplikasyonlardan daha az şiddetlidir çünkü indirekt hidrojen peroksit salınımının ortaya çıkması beklenmektedir (Haywood & Heymann, 1989; Perrine vd., 2000; Yui vd., 2008). Ayrıca KP'nin insanlarda karsinojenik olmadığı gösterilmiştir (Woolverton vd., 1993).

Sodyum Perborat (Na BO_3.4H_2O)

En yaygın kullanılan materyallerden biri olan bu okside ajan çeşitli tiplerde beyaz, kristal yapıda, kokusuz bir tozdur. SP, taze olduğunda %95 perborat ve %9,9 oksijen içerir. Kuru toz halindeyken stabildir. suda çözündüğünde ise sodyum metaborat, HP ve serbest oksijene parçalanmaktadır (Alaçam, 2012; Garg & Garg, 2007). Açığa çıkan HP; pH değeri, ışık etkisi ve ısı mevcudiyetine bağlı olarak değişik radikaller ya da iyonlar meydana getirebilir (Feinman vd., 1991; Frysh vd., 1995). Böylece perhidroksil radikalleri, etkili beyazlatma ajanlarının oluşturduğu alkalen ortamda ortaya çıkarlar (Frysh vd., 1995).

SP'nin kristalizasyondaki su içeriğine göre monohidrat, trihidrat ve tetrahidrat formları vardır (Weiger vd., 1994). Monohidrat, trihidrat ya da tetrahidrat formundaki sodyum perborat, 1907' den beri deterjanlarda hidrojen peroksit açığa çıkaran, okside edici ve beyazlatıcı ajan olarak kullanılmaktadır (Attin vd., 2003). Bu karışımların suyla veya hidrojen peroksitle birlikte beyazlatma etkinliği farklı değildir (Arı & Üngör, 2002).

SP'nin beyazlatma etkinliğini belirleyen ise yapısındaki oksijen konsantrasyonudur. Walking Bleach" tekniğinde sodyum perborat tozu; su, anestezi

veya etkinliğini artırmak icin HP ile karıştırılarak kullanılmaktadır (Barakah, 2019). SP-su karışımının eksternal rezorpsiyon riskini azalttığı rapor edilmiştir. Hidrojen peroksit solüsyonlarına göre daha güvenilir ve kontrol edilmeleri kolaydır (Zoya vd., 2019). Bu yüzden intrakoronal beyazlatmada en fazla tercih edilen materyaldir (Walton & Torabinejad, 2009).

Sodyum Perkarbonat ($2Na_2CO_3.3H_2O_2$)

HP kaynağı olan, beyaz granüllü bir üründür. Yüzde 13 oranında oksijen içeren sodyum perkarbonat katı HP olarak da bilinmektedir. SPK, nemli ortamda daha stabil toza sahipken, solüsyon halindeyken sodyum karbonat ve HP'ye ayrışır. Bu nedenle beyazlatma etkinliği SP'ye benzerdir (Kaneko vd., 2000). Yüzde 19' luk SPK içeriğine sahip olan bir beyazlatma jeli yaklaşık olarak %5.3 oranında HP açığa çıkarmaktadır (White vd., 2002). Günümüzde, intrakoronal beyazlatma ürünlerinin hiçbirinde SPK içeren bir ajan yoktur, fakat silikon polimer formulasyonu içinde, gece boyunca yapılan vital beyazlatma için kullanılan tipi mevcuttur (Kim vd., 2004). Ancak son yıllarda, intrakoronal ve ekstrakoronal beyazlatma işlemlerinde sodyum perborata alternatif olarak sunularak diş hekimliği literatürüne girmiştir (Kaneko vd., 2000; Date vd., 2003; Mahony vd., 2003; Karpinia vd., 2003; Gökay vd., 2005). Tek başına yeterli serbest radikal oluşturma potansiyeli olan sodyum perkarbonatın %30'luk HP ile kombine kullanımına gereksinim duyulmadığı vurgulanmıştır (Kaneko vd., 2000).

Günümüzde, intrakoronal beyazlatma ürünlerinin hiçbirinde sodyum perkarbonat içeren bir ajan yoktur, fakat silikon polimer formulasyonu içinde, gece boyunca yapılan vital beyazlatma için kullanılan tipi mevcuttur (Kim vd., 2004).

Literatürde, SPK'nın ağız ve diş dokularına karşı güvenliğini kanıtlayan çok az sayıda çalışma rapor edilmiştir (Fernandez vd., 2010).

Beyazlatmanın Etki Mekanizması

Beyazlatma materyalinde serbest radikaller mevcuttur. Bunlar aşırı derecede hidrofilik ve kararsızdırlar. Diğer organik moleküllere bağlanarak kararlı hale geçmeye çalışırlar ve böylelikle diğer radikalleri oluştururlar. Bu radikaller doymamış bağlarla reaksiyona girerek, elektron çekimini bozar ve minenin organik moleküllerinin soğurma enerjisini değiştirirler ve böylelikle ışığı daha az yansıtan daha basit moleküller oluşur. Bu süreç, HP'nin minenin inorganik tuzları arasındaki inorganik maddelerle tepkimeye girdiği zaman gerçekleşir (Frysh vd., 1995).

İdeal beyazlatma tedavisinde optimum beyazlatma sağlanırken; aşırı beyazlatma işlemi yapıldığı zaman dişin yapısı bozulmaktadır. Ağartma işlemi devam ederse yalnızca hidrofilik renksiz yapıların kaldığı aşamaya gelinir. Bu, materyalin saturasyon noktasıdır ve ağartma bu noktada bir anda yavaşlamaya başlar. Bu nedenle beyazlatma tedavisi doyma noktasına kadar yapılmalıdır. Tedavide iki seans arasında gözle görülen renk farkının olmaması beyazlama derecesinin doyma noktasına ulaştığını göstermektedir (Kwon & Wertz, 2015).

Beyazlatma işleminin etkinliğini ve başarısını etkileyen faktörler vardır. Bunlar; hastanın yaşı, cinsiyeti, dişin rengi, kullanılan beyazlatma materyali ve uygulama sıklığı, uygulama süresi gibi uygulama metodunun şeklidir (Li vd., 2003). Isı ve ışık kaynakları beyazlatma reaksiyonunu hızlandırabilir. Bu kaynaklar; LED, CO_2 lazer, mavi ışıklı plazma ark lambalar, mavi halojen lambalar, GaA1As lazer ve ultraviole ışıklarıdır (Zıemba, 2005).

Devital Beyazlatma Yöntemleri

Vital olmayan dişlerde uygulanan bir kron içi ağartma tekniğidir. Etkili, kolay ve nispeten düşük fiyatta olduğundan dolayı tercih edilir. Endodontik tedavili dişlerdeki renklenmelerin ağartılmasında sıklıkla termokatalitik teknik, walking bleach tekniği veya her ikisinin kombinasyonu uygulanabilir. Her iki tekniğin benzer sonuçlar ortaya çıkardığı gösterilmiştir.

Ancak walking bleach tekniği hasta için daha rahat, güvenilir ve komplikasyon riski düşük olması açısından tercih edilir (Freccia vd., 1982; Rotstein vd., 1993).

Endikasyonları :

- Pulpa odasında oluşan renklenmeler
- Dentin renklenmeleri
- Kron dışı beyazlatmaya uygun olmayan renklenmeler

Kontrendikasyonları :

- Yüzeyel mine renklenmeleri
- Defektli mine varlığı
- Şiddetli dentin kaybı
- Çürük varlığı
- Renklenmiş kompozit restorasyonlar

Walking Bleach Tekniği

İlk kez 1924 yılında Prinz pulpa odasınının temizlenmesini sodyum perborat ve su karışımının ısı uygulanması ile yapılmasını önermiştir. 1961 yılında Spasser (1996) SP ve su karışımının pulpa odasına yerleştirilmesini tekrar gündeme getirdi. 1963 yılında, Nutting & Poe (1963) su yerine %30' luk HP'nin kullanılmasıyla yöntem modifiye edilmiştir.

Walking bleach tekniği; intrakoronal ağartma gerektiren tüm vakalarda uygulanabilmektedir. Hasta için rahat, güvenilir ve seans süresinin kısa olması sebebiyle günümüzde tercih edilen bir tedavi yöntemi olmasını sağlamıştır (Zimmerli vd., 2010). Bu tekniğe 'walking bleach' denilmesinin sebebi, beyazlatma işlemlerinin 3-7 gün arasında yapılıyor olmasıdır (Hattab vd., 1999).

Walking Bleach tekniğinde beyazlatma prosedürüne başlamadan önce, etiyolojinin ve renkleşmenin nedenlerinin tam olarak değerlendirilmesinden sonra bir tanı konulması gereklidir. Ayrıca mevcut endodontik tedavi klinik ve radyografik olarak değerlendirilmeli, yetersiz kök kanal dolgusu semptom veya periapikal lezyon varlığında kök kanal tedavisi yenilenmelidir (Alaçam, 2012; Setezer,2016).

Bu teknikte başarılı bir şekilde yapılmış endodontik tedaviye sahip ve eğer restorasyon varsa herhangi bir defekt ve restorasyona bağlı renklenme olmayan dişlerde rubber-dam ile iyi bir izolasyon yapılarak beyazlatma prosedürüne başlanır. Öncelikle giriş kavitesi dentin açığa çıkacak şekilde temizlenir ve en az 2 mm kalınlığında bariyer materyali yerleştirilir. Walking bleach patı plastik bir nesne yardımı ile pulpa odasına yerleştirilerek pamuk peletle hem fazla likit uzaklaştırılır hem de patın pulpa odasının her yerine temas etmesi sağlanır. Geçici dolgu maddesi dikkatli bir şekilde yerleştirilir. Hasta iki hafta sonra tekrar çağrılarak tedavi sonucu kontrol edilir. Gerekli görülürse işlem tekrarlanır.

İntrakoronal beyazlatma işlemlerinde mine-sement birleşimi hızasında kök kanal dolgusunun üzerine en az 2 mm kalığında koruyucu bariyer yerleştirilmesi önerilmektedir (Steiner & West, 1994; Rotstein vd., 1992).

Renkleşmenin derecesi ve kullanılan beyazlatma materyalinin etkinliğine bağlı olarak 3 ile 10 gün arasındaki bir süre sonunda işlemin tekrarlanması gerekebilir. Ayrıca bu işlemin en fazla 3 kez tekrarlanması gerektiği, herhangi bir komplikasyona sebebiyet verilmemesi için sonuç elde edilmezse uygulamadan vazgeçilmesi gerektiği bildirilmiştir (Hattab vd., 1999; Amato vd., 2006; Plotino vd., 2008; Setezer, 2016).

Termokatalitik Teknik

İlk kez 1924 yılında HP ve SP karışımının intrakoronal olarak yerleştirilip, ışıkla aktive edilerek uygulandığı bildirilmiştir. Daha sonra, Stewart (1990) süperoksolle doyurulmuş pamuk peletin pulpa odasına yerleştirerek sıcak bir aletle ısıtıldığı termokatalitik ağartma tekniğini uygulamışlardı.. Yıllar sonra ise yönteme; pulpa odası içerisine yerleştirilen beyazlatma ajanının sıcak bir aletle ısıtılmasıyla ‘termokatalitik ağartma tekniği’ ismi verilmiştir (Plotino vd., 2008).

Bu teknik, pulpa odasına %30-35’ lik HP’nin yerleştirilmesinin ardından elektrikli ısıtıcı aletler veya özel dizayn edilmiş lambalarla ısı uygulamasını içermektedir. Isı uygulamasının, hidrojen peroksitin beyazlatma özelliğini arttıran bir reaksiyon olduğu bildirilmiştir (Zimmerli vd., 2010). Isı, ısıtılmış metal

enstrümanlar kullanılarak veya özel üretilmiş ısı aplikatörleri yardımıyla da uygulanabilir (Touch' n Heat, System B, Analytic Technology, Orange, CA). Isı uygulaması beyazlatma ajanının pulpa odasına uygulamasının ardından 3-4 kez yapılır. Isı uygulamasının ardından bir köpürme meydana gelir ve karışımdaki oksijen serbest kalır (Plotino vd., 2008). Isı, hastanın tolere edebileceği derecede 50-60 °C aralığında olmalıdır (Rotstein vd., 1991d).

Termokatalitik tekniğin en önemli komplikasyonu sement ve periodontal ligamentte oksitleyeci ajanın ısı ile kombine kullanımına bağlı oluşan irritasyon sonucu muhtemel servikal kök rezobsiyonudur (Harrington & Natkin, 1979; Lado vd., 1983). Bu yüzden beyazlatma esnasında ısıtma işlemleri sınırlı tutulmalıdır Termokatalitik tekniğin diğer metodlardan daha etkili olmaması ve SKR gibi istenmeyen durumlara sebebiyet vermesi nedeniyle rutin intrakoronal beyazlatma için önerilmemektedir (Cvek & Lindvall, 1985; Madison & Walton, 1990; Rotstein vd., 1991;Trope, 1997).

Termofotokatalitik Teknik

Yüksek konsantrasyonda hidrojen peroksit kullanılmaktadır. Hekim ışık uygulamasıyla beyazlatıcı ajanı aktive eder. Beyazlatma ajanlarının etkinliğini arttırmak için kullanılan ışık kaynakları arasında halojen lambalar, lazerler ve plazma ark lambası sayılabilir (Zimmerli vd., 2010) .

İç/Dış (inside/outside) Beyazlatma Tekniği

Bu teknikte, kök kanal dolgusunun koronal bölümü mine-sement seviyesine kadar 2-3 mm kalınlığında siman ile örtülendikten sonra pulpa odası açık bırakılmaktadır. Düşük konsantrasyonlardaki beyazlatma ajanı, evde hasta tarafından hem pulpa odasının içine hem de dişin mine yüzeyine uygulanmaktadır. Beyazlatma miktarını değerlendirmek için hasta 2-3 günlük aralıklar ile kontrole çağırılır. Genellikle birkaç seans sonunda iyi sonuçlar elde edilmektedir. Dezavantajı ise hasta uyumunun ve el becerisinin gerekli olmasıdır (Settembrini vd., 1997).

Devital Beyazlatma Tedavilerinin Yan Etkileri

Diş Dokuları Üzerine Etkileri

Peroksitler; dişin sert dokularındaki organik ve inorganik bileşenlerin oranını değiştirerek diş dokusunda modifikasyonlara neden olabilirler (Haywood, 1992b; Heling vd., 1995; Lewinstein vd., 1994; Powell & Bales, 1991; Tong vd., 1993).

Mine Yapısında

Beyazlatma ajanlarının en önemli lokalize yan etkilerden biri mine sertliğinde azalma ile karakterize mine ve dentindeki değişikliklerdir (Attin vd., 1993). 1996 yılında yapılan bir çalışmada mine dokusu üzerinde %30'luk hidrojen peroksit kullanılmış, uygulama sonrasında kalsiyum seviyesi ölçülmüş ve kalsiyum seviyesinin uygulama öncesine göre anlamlı bir azalma; fosfor seviyesinde ise artış olduğu belirtilmiştir (Rotstein vd., 1996). Yapılan başka bir çalışmada ise %35 hidrojen peroksitin minenin kimyasal yapısında herhangi bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmiştir (Ruse vd., 2016) Beyazlatmanın mine yapısı üzerinde yol açtığı değişiklikler (Bitter, 1992) , pitler, çukurcuklar, pörözite ve erozyon alanları şeklinde meydana geldiğini bildirilmiştir (Haywood & Heymann,1991).

Rodrigues vd. (2005) farklı yöntemler ile beyazlatma işlemi yapıldıktan sonra minenin mikrosertliğinin düştüğünü bildirmişlerdir. Bununla birlikte, çalışmalar mine yüzeyinin mikrosertliğinin modifikasyonunu azaltmak için remineralizasyon esnasında veya öncesinde floridlerin uygulanmasını önermişlerdir, çünkü yüksek konsantrasyonlu floridler, mine yüzeylerinde kalsiyum-florür benzeri tabaka oluştururlar (Plotino vd., 2008).

Joiner vd. (2004) yaptıkları çalışmada %6'lık HP'nin mine ve dentin mikrosertliği üzerinde önemli bir etki oluşturmadığını savunmaktadır. Beyazlatma ajanının konsantrasyonu arttıkça ajanın uygulandığı mine yüzeyinde pürüzlülüğünün artmaktadır. Bu pürüzlülük artışı Streptococcus mutans'ın adezyonunun artmasına neden olmaktadır (Hosoya vd., 2000).

Dentin Yapısında

Jiang vd. (2007), HP'nin protein oksidasyonu ile dentinin yıkılmasına neden olmasının yanı sıra mineral içeriğinde de farklılıklar oluşturduğunu vurgulamışlardır. Bu ajanlar, dokuda potasyum, sülfür, fosfor ve kalsiyum seviyelerinde değişikliğe neden olarak açığa çıkan kalsiyum ve fosforun seviyesini azaltmaktadır.

HP ve KP dokunun organik ve inorganik komponentleri arasındaki oranı değiştirerek intertübüler ve peritübüler dentini etkileyerek zayıflamış iyon bağı ile çözünürlülüğü atrırarak diş yapısında değişimlere neden olur (Attin vd., 2003). Jiang vd. (2007)'ne göre dentin demineralizasyonu HP'nin asidik özelliğinden daha çok oksidizasyon özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Beyazlatma sonrası, peritübüler dentinin intertübüler dentine göre HP'ye daha dirençli olmasına rağmen her ikisi de HP'den etkilenmektedir. Bunun sebebi intertübüler dentin ve peritübüler dentinin kompozisyonunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Peritübüler dentin hipermineralizedir ve kollojen yapısı eksiktir. İntertübüler dentinin ise organik matriksinin %92'si kollojendir (Chng vd., 2004).

Yüzde 30'luk HP'nin dentinin germe ve makaslama kuvvetleri gibi biyomekanik özellikleri üzerinde de olumsuz etkileri olduğu bulunmuştur (Chng vd., 2004). Chng vd. (2004) yaptıkları çalışmada; %35'lik hidrojen peroksit jeli, %30'luk hidrojen peroksit solüsyonu, %35'lik KP karışımı dentinin mikro sertliğini azaltırken, SP'nin su ile karışımı ve %30'luk HP ile karışımının dentin mikrosertliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığını belirtmiştir. HP'in uygulama süresi ne kadar fazla olursa dişin mikrosertliğindeki azalma o kadar artmaktadır (Lewinstein vd., 1994).

Beyazlatma işlemlerinden önce dişe uygulanan endodontik tedavi, dişin nem kaybı ve kök kanal duvarlarının zayıflaması gibi nedenlerle kırılmaya yatkın hale gelmektedir (Kishen, 2006; Silva vd., 2018). Bu nedenle, beyazlatma işlemlerinin kırılganlığı arttırıp artırmadığı tedavi sonuçları açından önemlidir. Özellikle ısı ile aktive edilen beyazlatma işlemleri sonrasında mine ve dentinin kurumasına bağlı olarak koroner diş yapısının kırılganlığının artması söz konusudur (Leonardo Rde

vd., 2014). Pobbe Pde vd. (2008) endodontik tedavi görmüş dişlere beyazlatma tedavisi uygulamış; %38'lik hidrojen peroksiti LED-lazer sistemi ile aktive etmiş ve ikinci seans sonunda dişlerin kırılma direncinin azaldığını bildirmiştir. Khoroushi vd. (2010) yaptıkları çalışma sonucunda endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direncinin beyazlatma tedavisi sonrası azaldığı sonucuna varmış, sodyum askorbat kullanımı ile azalan kırılma direncini tersine çevirebileceklerini ileri sürmüşlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise intrakoronal olarak %35 HP, %37 KP, %15 HP kullanılmış ve aralarındaki kırılma direnci farklarına bakılmıştır. Bütün grupların kırılma direncinin benzer olduğu bulunmuş, beyazlatma tedavileri uygulanan dişlerde, ağartılmamış dişlere göre kırılma direncinin düştüğü saptanmıştır (Leonardo Rde vd., 2014).

Servikal Kök Rezorpsiyonu (SKR)

SKR, devital beyazlatma işleminin en ciddi komplikasyonudur. Rezorpsiyon gelişen dişler genellikle asemptomatik olup rutin radyografilerde teşhis edilmektedir. Ancak, bazen beyazlatma işlemi sonrasında dişlerin papillası şişebilir veya bu dişler perküsyona hassas olabilir (Harrington & Natkin, 1979; Lado vd., 1983).

Dişlerin sement ve dentin dokusunda görülen rezorpsiyonunun cerrahi işlemler ve periodontal yara iyileşmesi aşamasında oluşabileceği bildirilmiştir (Karring vd., 1984; Magnusson vd., 1985). Aşırı ve kontrolsüz ortodontik kuvvetler kök rezorpsiyonuna sebep olmaktadır (Langford, 1982). Ek olarak, beyazlatma işlemlerinde uygulanan ağartma maddelerinin servikal bölgeye sızıntısı da rezorpsiyona sebep olabilmektedir. Diğer faktörlerden biri ve beyazlatma tedavisinin kombinasyonu SKR olasılığını arttırmaktadır.

SKR vakalarının araştırıldığı bir çalışmada %24 ortodontik tedavi, %15'i travma, %5'i cerrahi operasyonlar ve %4'ünün de intrakoronal beyazlatma sonucunda olduğunu bildirilmiştir (Heithersay, 1999). Heithersay, (2016) servikal rezorbsiyona eğilimi en çok arttıran faktörün travma ve beyazlatma tedavisi kombinasyonu olduğunu belirtmiştir.

Beyazlatma sonrası meydana gelen kök rezorpsiyonun gerçek mekanizması tam anlamıyla anlaşılmamıştır. 1983 yılında yapılan bir çalışmada ise devital beyazlatmada kullanılan ağartma ajanlarının dentin tübüllerine penetre olabileceği ve

dişin servikal bölgedesinde dentini denatüre edebileceği bildirilmiş, böylece enflamatuar olayların başlaması için o bölgenin daha yatkın olduğu ileri sürülmüştür (Lado vd., 1983).

SKR'nin difüzyon kapasitesi; penetre olan ajanın yapısına (Pashley & Livingston, 1978; Wang & Hume, 1988; Fuss vd., 1989), dişin yapısına, ekspoze olmuş yüzey alanına (Outhwaite vd., 1976) ve lokalizasyonuna (Hampson & Atkinson, 1964), kalan dentin kalınlığına (Outhwaite vd., 1976), önceden uygulanmış ajanlara (Hampson & Atkinson, 1964; Pashley & Livingston, 1978; Pashley vd., 1983a), smear tabakasının kaldırılıp kaldırılmadığına (Pashley & Livingston, 1978) ve ısıya bağlıdır (Outhwaite vd., 1976; Pashley vd., 1983b; Rotstein, 1991; Koulaouzidou vd., 1996).

SKR riskini azaltmak için; termokatalitik teknik kullanılmamalı, tam bir servikal sızdırmazlık sağlanmalı ve ağartma ajanları yüksek konsantrasyonlarda kullanılmamalıdır (Zimmerli vd., 2010).

Çevre Dokular Üzerine Etkileri

İntrakoronal beyazlatma işleminde pulpa odasına yerleştirilen ajanlar dişte uzun süre tutulduğunda diş dokularına patolojik etkileri olmaktadır. Dişeti ve ağız içi yumuşak dokularda irritasyon ve ülserasyon oluşumuna yol açabilirler. Beyazlatma materyallerinin dişeti fibroblastları üzerine toksik etkiye sahip olduğu ve birçok hücresel fonksiyonu inhibe ettiği belirtilmiştir. Ancak ağız ortamındaki HP'yi yıkan enzimlerin, ağız dokuları ve komponent hücreleri olabilecek toksik etkilerden koruyacağı ileri sürülmektedir (Tipton vd., 1995). Beyazlatma ajanının ortaya çıkardığı oksijen, kanal duvarlarından sızarak periapikal dokulara yayılır ve ağrı ile sonuçlanabilir (Hayes vd. 1986).

HP, yüksek konsantrasyonda kullanıldığında (%30-35) mukozal membranda yakıcı bir etkiye yol açar ve dişetlerinde beyazlama ve yanmaya sebep olabilir. Sodyum perborat güvenilirdir, fakat %30'luk HP yakıcıdır ve dokularla temasında kimyasal yanıklara ve dişetinde soyulmalara neden olabilir (Walsh, 2000). Bu güçlü kimyasallar kullanıldığında, dokuların rubber-dam ve vazelin kullanılarak korunması şarttır.

Dokularda yanık oluştuysa acilen ilgili bölge bolca serum fizyolojik ile yıkanmalı ve dokuya yağlı bir krem ile masaj yapılmalıdır (Walton &Torabinejad, 2009).

Adezivlerin Bağlanması Üzerine Etkisi

Beyazlatma işlemini takiben pulpa odasındaki rezidüel peroksitlerin varlığı kompozit rezinlerin polimerizasyonunu ve dentin ile mineye bağlanma kuvvetini olumsuz etkiler. Yapılan araştırmalar, peroksit bazlı materyallerin minenin bağlanma dayanımı ve yapısı üzerine etkisinin azaldığını saptamıştır. Bu azalma, klinik olarak bağlanma değerlerinde önemli ölçüde rol oynamaktadır (Shannon vd., 1993; Ttitley vd., 1992).

İntrakoronal beyazlatmadan sonra yapılacak daimi restorasyon için en önemli koşul, restorasyonun mikrosızıntısının engellenmesidir. Daimi restorasyon için rezin kompozit restorasyonlardan yararlanmak, diş ile restorasyon arasındaki örtücülüğü arttırarak sızıntıyı azaltacaği ileri sürülmüştür (Jordan & Boksman, 1993; Bayne vd., 1994). Beyazlatma işlemlerinden hemen sonra daimi restorasyon olarak rezin kompozitlerin uygulanabilmesi için yapılan bonding işleminin, rezin kompozitin bağlanma özelliğinin olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Demarco vd., 2001). Katalaz kullanımının, giriş kavitesinden artık peroksitlerin hızlı bir şekilde eliminasyonunu sağladığı düşünülmüştür (Walton & Torabinejad, 2009).

Beyazlatma tedavisi sonrası kompozit dolgu yapılmadan önce bir antioksidan olan sodyum askorbatın mine ve dentin yüzeyine uygulanması, kompozit dolgunun ağartılmış mine ve dentine bağlanma gücünü önemli ölçüde artırabileceği ileri sürülmüştür (Dabas vd., 2011). Feiz vd. (2017) beyazlatma ajanının tipine, konsantrasyonuna ve uygulama süresine bakılmaksızın; dolgu yapılmadan önce antioksidan kullanılmasının kompozitle diş arası bağlanmayı önemli derecede artırabileceğini ileri sürmüştür.

Beyazlatma işlemi bittikten sonra mine ve dentindeki bağlanma gücündeki azalmanın geri döndürülebilir olduğu gösterildiği için literatürlere göre en iyi yöntem; birçok çalışmada 24 saatten bir haftaya, hatta 2 ile 4 haftaya kadar restorasyonun yapım işleminin ertelenmesi gerektiği bildirilmiştir (Bulut vd., 2006).

Devital Beyazlatma Yapılan Dişlerin Prognozu

Beyazlatmanın prognozu ile ilgili birçok klinik vaka raporu olmasına rağmen bu vakaların uzun dönem gözlemini bildiren çalışma sayısı daha azdır. Ayrıca birçok vaka raporu beyazlatmanın hemen ardından optimal sonuçlar vermektedir. (Niederman vd., 1998; Anitua vd., 1990; Glockner vd., 1999). Fakat, zaman ilerledikçe değişen derecede renklenmede geri dönüş olduğunu da göstermektedir (Howell, 1980; Rotstein vd., 1993a; Baratieri vd., 1995). Hidrojen peroksitle beyazlatma sonucu oluşan oksidasyon ürünlerinin kimyasal olarak indirgenmesine bağlı olarak yeniden renkleşme oluşabilir. Renkte geriye dönüş beyazlatılmış ve restore edilmiş kaviteye sıvı sızıntısından dolayı da olabilir (Howell, 1980; Ho & Goering, 1989; Baratieri vd., 1995). Ayrıca beyazlatma işleminden sonra yapılan koronal restorasyondaki örtücülüğün yetersiz olması mikroorganizmalar veya onların toksinlerinin kavite duvarı boyunca ya da kök kanal dolgusundaki boşluklar nedeniyle periapikal dokulara ulaşması tedavinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir (Galvan vd., 2002).

İntrakoronal beyazlatmadan sonra yapılan daimi restorasyon için en önemli koşul estetik restorasyonun mikrosızıntıyı engellemesidir. Kompozit rezin restorasyonların, diş ve restorasyon arasındaki kapatıcılığı arttırarak sızıntıyı azaltığı ileri sürülmüştür (Jordan vd., 1993; Bayne vd., 1994).

İntrakoronal beyazlatma tekniği birçok vakada etkili ve konservatif bir yaklaşımdır. Feiglin (1987), 20 vakada termokatalitik yöntem kullanılarak yaptıkları çalışmada 1 yıl sonunda %80 başarı bildirilirken, 6 yıl sonunda %45 başarı bildirilmişlerdir.

Bazı araştırmacılar uzun süredir renkleşmiş dişlerin kısa süredir renkleşmiş dişler kadar beyazlatma tedavisine cevap vermediğini söylemişlerdir (Plotino vd., 2008). Howell (1980) bu görüşe katılmamaktadır. Beyazlatma tedavisi sonrası dişlerdeki kararmanın dişlerdeki renklenmenin ağır mı ılımlı mı olduğunda daha çok olduğu bilinmemektedir (Howell, 1980; Brown, 1965; Howell, 1981).

Restoratif materyallerden kaynaklanan renkleşmelerde uygulanan beyazlatma işleminin prognozu şüphelidir (Burgt & Plaesschaert, 1985). Bakır, gümüş, iyot gibi metalik iyonların neden olduğu renkleşmelerin beyazlatma uygulamaları ile giderilmesi oldukça zordur. Çünkü bunların beyazlatılmaları oldukça zordur ve ürünlerin dental dokulara difüze olmaları sebebiyle nüks oluşma ihtimalleri oldukça yüksektir (Plotino vd., 2008; Rostein I, 2002; Howell, 1980).

Brown (1965), travma ve nekroze pulpa kaynaklı renkleşmelerin medikamanlar ve restorasyon kaynaklı renkleşmelerle karşılaştırıldığında %95 oranında vakaların başarılı şekilde beyazlatma tedavisine cevap verdiğini bildirmiştir.

Bazı çalışmalar genç hastalardaki geniş dentin kanalları ve beyazlatma ajanlarının bu kanallardan kolay difüzyonu sebebiyle beyazlatma tedavilerine daha iyi cevap alındığını bildirmişlerdir (Howell 1980; Plotino vd., 2008).

Hidrojen Peroksitin Biyolojik Ortamdan Analizi

İntrakoronal beyazlatma tekniklerin kullanıldığı in vitro çalışmalarda ortama salınan HP'in biyolojik ortamdan analizi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar titrasyon yöntemi, enzim kullanılması ve kolorimetrik yöntem gibi yöntemlerdir (Gordon vd., 1992).

Potasyum permanganat, sodyum arsenit, potasyum iodid-tiyosülfat, titanyum triklorit, potentiyometrik ve serik sülfat olmak üzere 6 farklı titrasyon yöntemi mevcuttur (Reichert vd., 1939). Demir, nikel, krom ve bakır gibi maddeler varlığında reaksiyon . Ayrıca meydana gelmektedir. Permangant ile birçok organik ve inorganik maddeler etkileşime girdiğinden özel durumlar dışında kullanımı tercih edilmemelidir (Gordon vd., 1992). Bu yöntemde her bir örnek için ayrı ayrı titrasyon yapılması gerektiği için deney aşamasında daha fazla zamana ihtiyaç duyulmaktadır (Reichert vd., 1939; Wagner vd., 1947).

Enzim kullanılan yöntemlerde, peroksitlerle kimyasal olarak bağlanan farklı enzim modelleri bulunmaktadır. HP tayininde en sık kullanılanı horseradish peroksidaz türevidir. Literatürlerde skopoletin uygulamasına da rastlanır.

Skopoletin 366 nm dalga boyunda mavi floresan yayar. HP varlığında nonfloresan ürün oluşturur (Thurman vd., 1972). Enzimlerin düşük konsantrasyonlarda kullanılabilmesi en büyük avantajı olsa da potansiyel olarak uygulamaları hakkında yeterli bulgu bulunmamaktadır. Ayrıca enzim yönteminde kullanılan enzimlerin pahalı olması ve fazla bekletildiğinde çabuk bozulmaları da dezavantajlarıdır.

Kolorimetrik yöntemler ise HP'nin ortamda renk oluşturma şiddetini ölçen yöntemlerdir. Potasyum permanganat, titanyum triklorit, demir tiyosiyanat ve miskellaneyos olmak üzere 4 tip kolorimetrik yöntem vardır (Reichert vd., 1939). Titanyum triklorit kolorimetrik yöntemde titanyum tuzunun HP varlığında oksidasyonu ile oluşan sarı rengin ölçülmesi en yaygın kullanılan şeklidir. Ancak ekonomik olmayışı en büyük dezavantajıdır. İlk olarak kullanılan fenolfitaleyn bileşiği ile 5-100 µg/ml seviyelerinde teşhis yapılabilmektedir (Dukes & Hydier, 1964).

Demir tiyosiyanat yönteminin başka bir alternatifi olan demir okside edilmiş ksenol orange (Ferrous Oxidation-Xylenol Orange 2) (FOX 2) yöntemi genellikle lipozomlardaki, plazmadaki ve lipoproteinlerdeki lipid HP'nin tayininde kullanılır. Demir tiyosiyanat yönteminde asidik ortamda HP ile ferrous iyonlar ferrik iyonlara dönüşmek için ksenol orange yerine tiyosiyanattan yararlanır (Burat & Bozkurt, 1996). Ferrik iyon bileşiklerine dayanan her iki yöntemde düşük miktarlarda örnek ve çözücü gerektiren durumlarda basittir, HP için özel ve hassastır (Bou vd., 2008). Maliyetinin ucuz olması ve diğer yöntemlerle yapılan ölçümlerdeki gibi hassas ve küçük miktarlarda HP ölçümü yapılabiliyor olması tekniğin avantajlarıdır.

Pahalı ve cihaz gerektiren bir yöntem olarak kolorimetrik yöntem ile kapiller elektroforez yöntemi birleştirilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Shihabi,2009).

Kolorimetrik bir yöntem olan demir tiyosiyanat yöntemi, Fe^{+2} (Ferrous) iyon organik peroksitlerin tayininde indirgeyici ajan olarak yaygın kullanıma sahiptir. İlk olarak 1978 yılında Boltz ve Howell tarafından açıklanan bu yöntem, daha sonrasında haline getirilerek sonuçların ppm düzeyinde (mg/mL) tayinini mümkün kılınmıştır.

Bu çalışamada kullanmış olduğumuz yöntem Fe^{+2} iyonunun peroksit varlığında Fe^{+3} (ferrik iyon) iyonuna yükseltgenir. Yükseltgenen demir iyonları asidik ortam içerisinde kırmızı renk oluşturur ve bu renk şiddeti spektrofotometre ile okunarak miktar tayini yapılır. Demir tiyosiyonat metodunun esası; renksiz demir tiyosiyonatın (Fe^{+2}) ortamda bulunan peroksitlere bağlı olarak oksitlenmesidir. Peroksit varlığında, demir (Fe^{+3}) yükseltgenerek, kırmızı renkli demir tiyosiyanat oluşur ve renk şiddeti spektrofotometrik olarak tayin edilir. Bu yöntem ile kan veya idrardaki peroksit miktarını tayin etmek de mümkündür. Bu metod ile sadece hidroperoksitler tayin edilebilir, diğer peroksitlerin tayininde duyarlılık göstermez.

Çalışmamızda Kullanılan Kanal Ağzı Bariyer Materyalleri

Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman (RMCIS)

Cam iyonomer simanlar 1972 yılında üretildikten sonra klinik diş hekimliğinde sıklıkla kullanılmaktadır (Wilson &Kent 1972). Cam iyonomer simanın flor salımı, bakteri asit metabolizmasını inhibe edici, biyouyumluluk, mine ve dentine kimyasal bağlanma gibi üstün özellikleri bulunmaktadır (dos Santos, Pithon vd. 2010, Flores, Saez vd 1999, Maruo, Godoy-Bezerra vd., 2010). Olumlu özelliklerinin yanı sıra cam iyonomer simanın uzun sertleşme süresi, sertleşme başlangıcında neme duyarlı olması, dehidratasyon, estetik ve mekanik özelliklerinin düşük olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Maneenut, Sakoolnamarka vd., 2010). Günümüzde, bu materyallerin içeriği değiştirilerek rezin içerikli, yüksek dolduruculu özelliklerde cam iyonomer simanlar üretilmiştir. İçeriği farklı olan cam iyonomer simanların bağlanma mekanizmaları, sertleşme reaksiyonları ve neme olan hassasiyetleri farklı olabilmektedir.

Cam iyonomer simanlar içeriklerine göre şu şekilde sınıflandırılabilirler;

- Geleneksel cam iyonomer simanlar
- Hibrit cam iyonomer simanlar
- Rezin modifiye cam iyonomer simanlar
- Poliasit modifiye kompozit rezinler (Kompomerler)
- Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar

- Giomerler
- Nano-iyonomerler (Hewlett &Mount, 2003; Kanık & Türkün, 2016)

Cam iyonomer simanların, mine ve dentine adhezyonları, biyouyumlu olmaları ve flor iyonu salınımlarına bağlı karyostatik etki göstermeleri gibi pozitif özelliklere sahip olduğu ve kimyasal çözünürlüklerinin de diğer simanlara göre daha az olduğu, Mitchem & Gronas (1978) ve Kohn & Wilson (1985) tarafından bildirilmiştir.

İntrakoronal beyazlatma işleminin genellikle anterior bölgedeki dişlere uygulanması nedeniyle, daimi restorasyon olarak kompozit rezin restorasyonlar tercih edilmektedir. Bu durumda koruyucu bariyer materyali olarak cam iyonomer simanların, rezin materyallerle uyumlu olması, diş dokularına fizikokimyasal olarak bağlanabilmesi ve birçok çalışmada daha az miktarda sızıntı göstermesi nedeniyle tercih edilebileceği bildirilmiştir (Aydın vd., 2006; Oliveria vd., 2003).

Kalsiyum Silikat Esaslı Simanlar

ProRoot MTA

Çimento esaslı ,“Mineral Trioksit Agregate” (MTA) ticari ismi ile bilinen materyal Torabinejad tarafından 1993 yılında geliştirilmiş, 1995 yılında patent almış ve pazarlanmış,1998 yılında endodontik uygulamalar için onaylanmıştır (Lee vd., 1993).

MTA'nın osteojenik, biyouyumlu ve sert doku oluşumunu indükleme özellikli bir materyal olduğu bilinmektedir. Güçlü alkalitesi sayesinde antibakteriyaldir. Sement benzeri sert doku oluşumunu uyarmakla birlikte osteoblastik tutunma ve kemik rejenerasyonu sağlar (Torabinejad M, Chivian N, 1999). Ayrıca, MTA üzerine yapılan çalışmalar, iyi bir sızdırmazlık yeteneği olduğunu, uzun vadede mükemmel bir prognoz sunduğunu ve göreceli olarak kolay bir manüplasyonu olduğunu ortaya koymuştur. Bu özellikler MTA’nın kullanımın daha cazip hale getirmiştir. (Parirokh & Torabinejad, 2010b; Rao ve diğerleri, 2009).

Bu özellikle i sayesinde MTA'nın kullanım alanları oldukça çeşitlidir.
MTA endikasyonları;

- Pulpa kuafajı
- Pulpotomi
- External veya internal rezorpsiyonlar
- Perforasyonların cerrahi veya cerrahi olmayan tedavisi
- Furkasyon perforasyonları
- Strip perforasyonlar
- Lateral perforasyonlar
- Retrograd dolgu
- Apeksifikasyon
- Apeksogenezis
- Kanalın tamamının doldurulması
- Horizontal kök kırıkları
- İnternal bleaching de koronal tıkaç olarak sıralanabilir.

MTA nın temeli Portland çimentosuna dayanmaktadır; hem gri hem de beyaz Portland çimentoları benzer ham maddelerden üretilirler. ProRoot MTA'nın formülü, gri renkli MTA içeriğinin temel bileşenlerinden (trikalsiyum silikat, bizmut oksit, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, tetrakalsiyum alüminoferrit ve kalsiyum sülfat dehidrat), tetrakalsiyum alüminoferritin çıkarılması ile elde edilmiştir. Hem gri hem de beyaz Portland simanları aynı hammaddeden üretilir (Ferris & Baumgartner, 2004). ProRoot MTA tanıtıldığı zamandan bu yana, özellikleri ve klinik uygulama alanlarının incelendiği çok sayıda çalışmada yer almıştır. ProRoot MTA ile ilgili yapılan ilk araştırmalar, o dönemde kullanılan diğer materyallere oranla daha üstün sızdırmazlık (Torabinejad vd., 1995a; Wu vd., 1998) ve biyouyumluluk sergilediğini, (Koh vd., 1998; Torabinejad vd., 1997) ve periradiküler dokuların rejenerasyonunu uyarmada daha etkili olduğu göstermiştir (Shabahang vd., 1999). Materyal aynı zamanda antimikrobiyal etkinlik (Stowe vd., 2004; Torabinejad vd., 1995a), radyoopasite, boyutsal stabilite ve neme dayanıklılık gibi silikat simanlarda aranan özellikler sergilemektedir (Koh vd., 1997). Fakat tüm avantajlarının yanında uzun

donma süresi, dişte renklenmeye sebep olması, yüksek maliyetli (Tanalp vd., 2012) ve manipülasyonu zor bir materyal olması gibi dezavantajları bildirilmiştir (Parirokh & Torabinejad, 2010; Tanalp vd., 2012). Bu özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla yeni materyal araştırmaları devam etmektedir.

Biodentin

Biodentin, su bazlı, trikalsiyum silikat içerikli bir materyaldir. 2009 yılında 'dentin ve kök yerine geçen materyal' olarak üretici tarafından diş hekimliğine tanıtılmıştır (Biodentin bilimsel katalog, 2010). Yapı olarak trikalsiyum silikat, dialsiyum silikat, trikalsiyum alüminat ve tetra-kalsiyum alüminoferrit içerir (Watson vd., 2014b). Biodentin, toz ve likiti ideal oranlarda belirlenmiş olarak bir kapsül şeklinde üretilmektedir. Toz içeriğinde %80,1 trikalsiyum silikat, %14,9 kalsiyum karbonat, %5 zirkonyum oksit bulunmaktadır. Yapısındaki kalsiyum karbonat; kalsiyum içeriği (doldurucu), biyouyumlu olması ve donma zamanını azaltması, zirkonyum oksit ise radyoopasite vermesi nedeniyle bulunmaktadır. Biodentinin, MTA'da bulunan kalsiyum sülfat, aluminat, alumino ferrit içermediği ve aliminyum oksitin bağlanmasını önlemek üzere üretiminin yapıldığı bildirilmiştir. Likitinde ise kalsiyum klorid, suda çözünebilen polimer ve su bulunmaktadır. Kalsiyum klorid, sertleşmeyi hızlandırıcı etkiye sahiptir ve Biodentin'in daha kısa sürede sertleşmesini sağlar (Kaur vd., 2017).

Çok amaçlı kullanımı olan materyalin MTA'dan daha geniş klinik endikasyonları olduğu bildirilmiştir. Örneğin; MTA'nın kullanıldığı pulpa kuafajı, pulpotomi, kök perforasyonlarının tamiri, bifurkasyo lezyonları, internal kök rezorpsiyonları, eksternal kök rezorpsiyonları, apeksifikasyon, endodontik cerrahide kökucu tıkama materyali olarak kullanımı dışında, güncel olarak koronal restorasyonlarda, deri servikal ve radiküler lezyonlarda kullanılabileceği bildirilmiştir. Ayrıca baskıya maruz kalan arka diş restorasyonlarında geçici dolgu materyali, derin arka diş kompozit restorasyonlarında kaide materyali olarak önerilmiştir (Atmeh vd., 2015; Jefferies, 2014; Watson vd., 2014b). Materyalin çalışma zamanının 6 dakika, son donmasının ise 10-12 dakika içinde tamamlandığı bildirilmiştir.

MTA ya kıyasla (12 dakika) daha kısa sürede donması, 3-4 saatlik başlangıç sertleşme süresine sahip olan MTA ile mümkün olmayan, restoratif işlemlerde kullanılabilmesini sağlamıştır (Jefferies, 2014).

TheraBase

TheraBase, kalsiyum ve florür salan, self adeziv, dual-cure bir bariyer ve astar materyalidir. THERA teknolojisini kullanan TheraBase, diş yapısına kimyasal olarak bağlanır ve kalsiyum ve florür iyonlarını serbest bırakır ve yeniden şarj eder. TheraBase kalsiyum salarak pulpa canlılığını destekleyen bir alkalin PH ortamı oluşturur. Işığın kullanıldığı derin restorasyonlarda bile polimerize olan dual-cure bir malzemedir. TheraBase, radyoopak olup radyografilerde kolay tanımlamaya imkan vererek hızlı ve etkili tanı sağlar.

Avantajları:

• Kalsiyum ve florür iyonlarının sürekli salınımını sağlar.

• Kendinden yapışkanlıdır, bağlayıcı madde gerektirmez.

• Yüksek basınç dayanımı, kırılma olmaksızın oklüzal kuvvetlerden kaynaklanan şok ve stresi emer.

• Radyoopak, radyograflarda tanımlamaya ve etkin tanıya olanak tanır.

• Otomatik karıştırma, ikili şırınga, sıfırdan minimuma malzeme israfıyla anında uygulama için tutarlı bir karışım sağlar.

• Işığın ulaşamadığı derin restorasyonlarda bile kürleşen bir materyaldir.

Klinik Faydaları:

• Pulpa canlılığını destekleyen bir alkali pH (pH=11*) oluşturur.

• Dentine güvenilir ve optimal bağlanma sağlayan yapışmayı artıran monomer MDP'yi içerir.

BÖLÜM III

Yöntem

‘Farklı Kanal Ağzı Bariyer Materyalleri Kullanılarak İntrakoronal Beyazlatma Ajanlarının Servikal Bölgeye Penetrasyonunun Değerlendirilmesi’ isimli *in-vitro* klinik deney çalışmamızın gerekli etik kurul onayı, Yakın Doğu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme Etik Kurulu tarafından 26.11.2020 tarihinde alınmıştır (Bknz: Ek 1. Etik Kurul Onay Raporu, no YDÜ/2020/85-1208).

Preparasyon öncesi dişlerin incelenmesi için periapikal röntgenlerin alınması, giriş kavitelerinin hazırlanması, kök kanallarının şekillendirilmesi ve doldurulması, kanal ağzı koruyucu bariyer materyallerinin uygulanması ve intrakoronal beyazlatma prosedürleri Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı’nda; dişlerin penetre olan HP miktarının tayini ise Yakın Doğu Üniversitesi, Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür. Hipotezler aşağıdaki gibi kurulmuştur.

H_0a: Farklı beyazlatma ajanları kullanıldığında servikal bölgeye peroksit penetrasyonlarının arasında anlamlı bir fark olmayacağı,

H_0b: Farklı koruyucu kanal ağzı bariyer materyalinin peroksit penatrasyonuna etkisinin olmayacağıdır.

Çalışmaya Dahil Edilecek Dişlerin Seçimi

Bu çalışma için ortodontik ve periodontal nedenlerle genç bireylerden (14-25 yaş) yeni çekilmiş, daimi, tek köklü, mandibular küçük azı insan dişleri kullanıldı. Çekimden sonra dişler, dehidratasyon ve çatlak oluşum riskine karşın distile su içerisinde bekletildi.Çalışmada kullanılacak dişlerin standardizasyonunu mümkün olduğunca sağlayabilmek için apeksi kapanmış, düz ve tek köklü, benzer boyutlarda, çürüğü ve herhangi bir restorasyonu olmayan dişler tercih edildi. Seçilen dişlerde herhangi bir defekt, kırık veya çatlak hattı olmadığından emin olmak için dişler x10 büyütme altında stereo mikroskop (Zeiss Stemi, Carl Zeiss, Zeiss Group, Jena, Germany) ile incelendi. Dişlerden alınan bukkolingual ve mesiodistal yöndeki periapikal radyografilerle kalsifikasyon ve rezorbsiyon varlığı kontrol edildi. Kalsifikasyon ve rezorbsiyon gösteren dişler çalışma dışı bırakıldı. Ayrıca mine-sement birleşiminde dentin açıklığı meydana gelmiş dişler de çalışmaya dahil

edilmedi. Bu özelliklere sahip 120 adet mandibular küçük azı dişi seçildi. Seçilen dişlerin kron ve kök yüzeylerindeki yumuşak doku ve eklentiler ultrasonik uç kullanılarak temizlendi. Dişler deney gerçekleştirilene kadar oda sıcaklığında distile su içerisinde bekletildi.

Dişlerin Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Doldurulması

Geleneksel endodontik giriş kaviteleri, 016 numaralı rond elmas frez (Hager&Meisinger, Neuss, Germany) ve 014 numaralı fissür frez (Hager&Meisinger,Neuss, Germany) kullanılarak yüksek hızlı su soğutmalı aeratör yardımıyla dişlerin oklüzal yüzeylerine açıldı. Pulpa dokusu tirnerf (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ile uzaklaştırıldıktan sonra #10 K tipi eğe kanala yerleştirilip apikal foramenden çıktığı noktadan 1 mm geri çekilerek çalışma boyu belirlendi. Kök kanallarının şekillendirilmesinde Protaper Gold (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner eğe sistemi ve endodontik motordan (X Smart Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) yararlanıldı. Bu amaçla, endodontik motorun Protaper Gold döner alet sistemi için tasarlanmış modu seçilerek her bir eğer için belirlenen hız (300 devir/dakika) ve tork ayarlarında 2.4 (SX&S1) - 1.5 (S2&S1) - 3.0 (F2&F3) N/cm crown-down prensiplerine uygun ve son kullanılan döner eğe F3 olacak şekilde kök kanalları şekillendirildi. Kök kanallarının temizleme ve şekillendirme işlemi sırasında her döner eğe değişiminde yıkama solüsyonu olarak 5 ml %5.25 sodyum hipoklorit (NaOCl) (Cerkamed Medical) solüsyonu kullanıldı. Son yıkama solüsyonu olarak, öncelikle smear tabakasını kaldırmak için %17'lik etilendiamin tetra asetik asit (EDTA) (Cerkamed Medical) her kanalda bir dakika kalacak şekilde bekletildi. Ardından 5 ml %5.25'lik NaOCl ve 3 ml serum fizyolojik ile kök kanallarının irrigasyonu tamamlandı. Şekillendirme ve irrigasyon işlemleri tamamlanan kök kanalları kağıt kon (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) yardımı ile kurulandıktan sonra epoksi rezin esaslı bir kök kanal doldurma patı olan AH Plus (Dentsply De Trey, Konstanz, Deutschland) kullanılarak tek kon yöntemi (F3, Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ile dolduruldu. Kök kanal dolumu tamamlanan dişlerin mine-sement sınırının koronalinde kalan güta perkaların uzaklaştırılması için ısıtılmış plugger kullanıldı. Güta perka ve kanal patı artıkları alkolle (Riedel de Haen, Seelze,Germany) ıslatılmış pamuk peletler kullanılarak

kaviteden temizlendi. Dişlerin pulpa odası distile su ile yıkandıktan sonra koronal giriş kavitesi geçici dolgu materyali (Dent-a-Cav, Barmstedt, Germany) ile kapatıldı. Daha sonra dişler kök kanal patının tamamen sertleşmesi için 35 ^{o}C etüvde, %100 nemli ortamda, 24 saat bekletildi.

Şekil 3

Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Dolumunda Kullanılan Malzemeler

Deney ve Kontrol Gruplarının Belirlenmesi

Örnekler rastgele herbirinde 10 diş bulunan (n=10) on iki ana gruba ayrıldı. Deney grupları kullanılan beyazlatma ajanına Hidrojen peroksit (%35 HP jel, Opalescence Endo, Ultradent, South Jordan, UT, ABD) ve Sodyum perborat (SP tetrahidrat tozu, Merck, KGaA) göre iki ana gruba ayrıldı (n=40). Beyazlatıcı ajan grupları kendi içlerinde uygulanan kanal ağzı koruyucu bariyer materyaline göre dört alt gruba ayrıldı (n=10): Cam iyonomer siman (Ionoseal, Voco GmbH, Almanya); TheraBase (Bisco IncSchaumburg, IL, ABD); ProRoot-MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) ve Biodentin (Septodont, Fransa). Kalan örnekler

beyazlatıcı ajan uygulanmaksızın dört negatif kontrol (kanal ağzı bariyeri + distile su) grubuna ayrıldı (n=10). (Tablo 1)

Tablo 1

Deney Grupları

		n
HP (Hidrojen Peroksit)	Cam iyonomer Siman	10
	ProRoot-MTA	10
	Biodentine	10
	TheraBase	10
	Toplam	**40**
SP (Sodyum Perborat)	Cam iyonomer Siman	10
	ProRoot-MTA	10
	Biodentine	10
	TheraBase	10
	Toplam	**40**
DİSTİLE SU (Kontrol)	Cam iyonomer Siman	10
	ProRoot-MTA	10
	Biodentine	10
	TheraBase	10
	Toplam	**40**
Toplam		**120**

Power Analizi ile Grup Sayılarının Belirlenmesi

Bu çalışmada, örnek sayısını belirlemek amacıyla power analizi yapıldı. %80 gücünde, 0.05 hata payı ile G*Power 3.1 programı programı (Heinrich Heine University, Dusseldorf, Germany) kullanılarak, her bir grup sayısının en az 10 olması gerektiği saptanmıştır. Yapılan güç analizi sonucu, her bir grupta 10 diş olmasına karar verilmiştir.

Kanal Ağzı Koruyucu Bariyer Materyalinin Uygulanması

Koruyucu kanal ağzı bariyer materyalini uygulayabilmek için dişin servikal kısmında uygun boşluğu yaratmak amacıyla, kök kanal dolumunun seviyesi mine-sement sınırının 3 mm aşağısında olacak şekilde güta perka kaldırıldı. Mine-sement birleşiminin referans noktası bukkalden ya da lingualden alındı. Bu amaçla, düşük devirde susuz çalışan bir angulduruvaya takılan 1.5 mm çapında olan post drilinden (LuxaPost; DMG, Hamburg, Germany) yararlanıldı. Her bir kouyucu kanal ağzı bariyer materyali üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanıp, mine-sement birleşiminin altında kalınlığı 3 mm olacak şekilde uygulandı. Koruyucu kanal ağzı bariyer materyalinin tamamen sertleşmesi için örnekler 35 ^{o}C etüvde %100 nemli ortamda 3 gün boyunca bekletildi.

Şekil 4

Etüv

Cam iyonomer siman (CIS) (Ionoseal, Voco GmbH, Germany) grubunda ışıkla sertleşen, kullanıma hazır şırınga şeklindeki ürün kullanıldı. Şırınga formu kullanım kolaylığıyla birlikte hassas ve uygun dozda bir kullanım sağladı. Materyal mine-sement sınırının altında 3 mm kalınlığında uygulandıktan sonra ışık kaynağı ile uygulanan bölgeye yakın tutularak 20 sn. polimerize edildi.

Şekil 5

Cam İyonomer Siman

Proroot MTA (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Memphis, TN) grubunda toz likit formunda olan ve bir kutu içerisinde 10 adet ve her biri 0.5 gr olan paketler kullanıldı. Proroot MTA'yı hazırlamak için 1 paket 0.5 gr toz ile MTA'nın kendi steril suyu ile 3:1 oranında kremsi kıvam elde edilinceye kadar karıştırma camında, siman spatülü ile karıştırıldı. Hazır olan materyal, mta taşıyıcısı ile pulpa odasına taşındıktan sonra mine-sement sınırırın 3 mm altında, 3 mm kalınlığında olacak şekilde plugger yardımı ile kaviteye yerleştirildi.

Şekil 6

ProRoot MTA

Biodentin (BD; Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France) grubunda yine toz likit formu olan ve bir kutu içerisinde 15 adet ve her biri 0.7 gr toz içeren kapsül ve 15 adet likit içeren pipetlerden yararlanıldı. Biodentin materyalini hazırlamak için 5 damla likit toz içeren kapsüle ilave edilerek 30 sn. süre ve 4000 rpm frekans ile kapsül karıştırıcıda karıştırıldı. Kıvamı hazır olan Biodentin materyalini mine-sement sınırının 3 mm altında 3 mm kalınlığında yerleştirebilmek için kapsül içerisinden kendi plastik spatülü ile alınarak, aplikatör fırça yardımıyla kondanse edildi.

Şekil 7

Biodentin

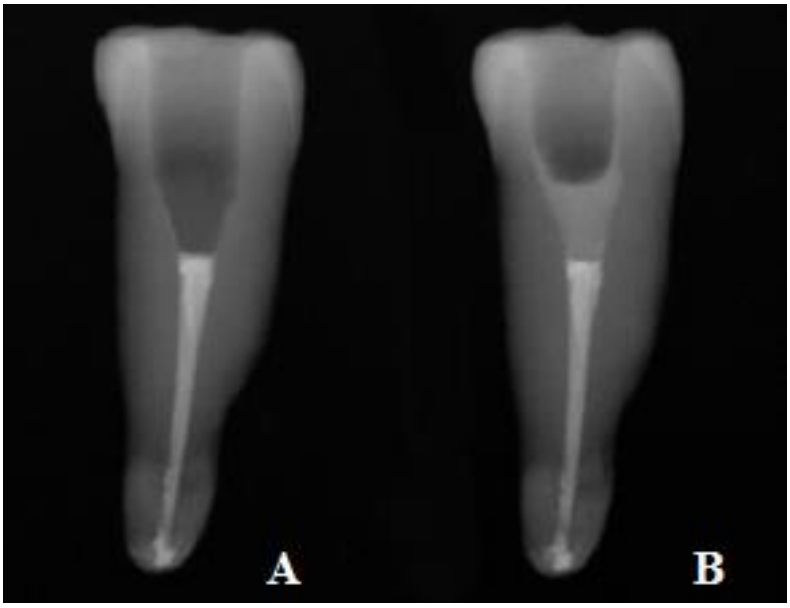
Therabase (Bisco, Schaumburg, IL, USA) grubunda ışıkla sertleşen, kullanıma hazır içerisinde 8 gr olan şiringa formu kullanıldı. Therabase, self-adeziv bir materyal olduğundan, uygulanacak bölgeye direkt olarak uygulanabilmektedir. Bu amaçla, mine-sement sınırının 3 mm altında 3 mm kalınlığında Therabase materyali uygulandıktan sonra ışık kaynağı ile uygulanan bölgeye yakın tutularak 20 sn. polimerize edildi.

Şekil 8

TheraBase

Şekil 9

Güta Perkanın Mine-Sement Sınırından 3 mm Uzaklaştırılması (A) ve Kanal Ağzı Bariyer Materyali Uygulanması (B)



Beyazlatma Materyalinin Pulpa Odasına Uygulanması

Örnekler, eppendorf tüp içerisinden çıkartıldıktan sonra beyazlatma materyallerini pulpa odasına yerleştirebilmek amacıyla her bir dişin koronal geçici dolgusu uzaklaştırıldı. Bu amaçla her bir deney grubundaki beyazlatıcı ajan üretici firma talimatları doğrultusunda dişlerin pulpa odalarına uygulandı.

HP gruplarında, intrakoronal beyazlatma materyali olarak %35 HP içeren, jel formunda, kullanıma hazır şırınga şeklindeki ajan kullanıldı (Opalescence Endo Grubu (Ultradent Products INC., South Jordan,U. S.). Bir kutu içerisinde 2 adet 1.2 ml jel içeren şırınga ve 20 adet şırınga ile uyumlu uçlar bulunmaktadır. Materyalin kullanım kolaylığı sayesinde hiçbir ön hazırlık gerektirmeden pulpa odasına özel uçları ile 0.03 ml enjekte edilerek uygulandı.

Şekil 10

Hidrojen Peroksit (Ultradent Products INC., South Jordan,U. S.)

Sodyum perborat tetrahidrat gruplarında, intrakoronal beyazlatma materyali olarak toz ve likit formunda olan sodyum perborat tetrahidrat kullanıldı (Merck, KgaA, Darmstadt, Germany). Üretici firmanın talimatı doğrultusunda, 2 gr toza 1 ml distile su (2:1) olacak şekilde, karıştırma camının üzerinde siman spatülü ile homojen bir şekilde ıslak kum kıvamı oluncaya kadar karıştırıldı. Hazırlanan karışım, 0.03 ml

olacak şekilde amalgam taşıyıcı ile pulpa odasına taşındı ve plastik aplikatör uçlar ile pulpa odasına kondanse edildi.

Şekil 11

Sodyum Perborat Tetrahidrat (Merck, KgaA, Darmstadt, Germany)

Hazırlanan her bir deney grubundaki örneklerin pulpa odalarına yerleştilen beyazlatma materyallerinin üzerine küçük bir teflon bant yerleştirilerek giriş kaviteleri geçici dolgu materyali Cavit (Dent-a-Cav, Barmstedt, Germany) ile kapatıldı.

Kontrol gruplarına ait örneklere intrakoronal beyazlatma işlemi uygulanmamıştır. Her bir dişin pulpa odasına, bir mikropipet (Sclavo Diagnostici, Siena,Italia) yardımıyla 0.03 ml distile su yerleştirildi.

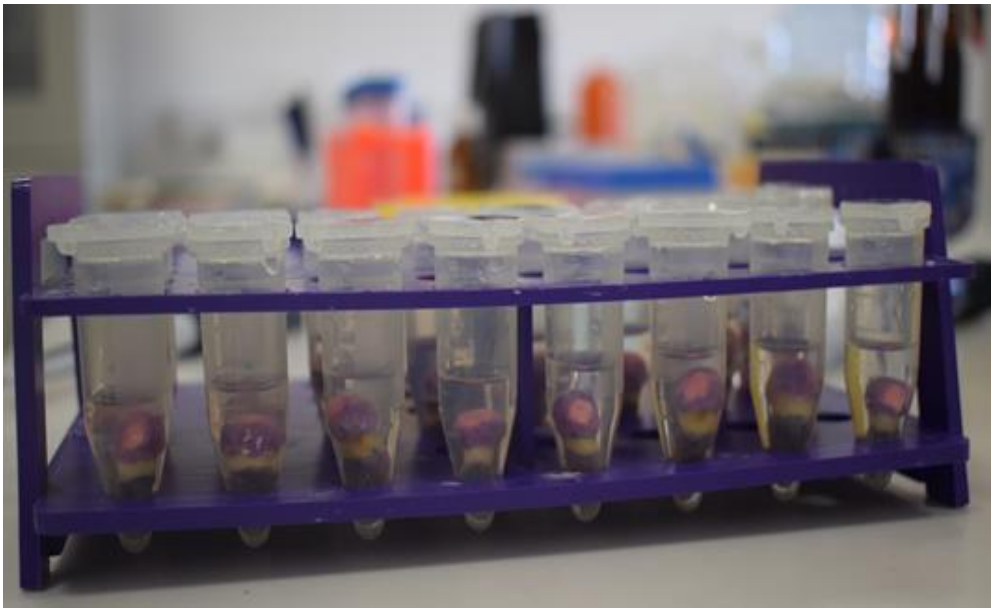
Deney Düzeneğinin Hazırlanması

Tüm dişlerin kök uçları apikal forameni içerecek şekilde kompozit rezin siman ile kapatıldı. Ardından, beyazlatma materyali yerleştirilen her bir örneğin koronal ve kök yüzeyinden oluşabilecek sızıntıları önlemek ve izolasyonu sağlamak

amacıyla mine-sement sınırının altından itibaren 3 mm'lik servikal kısım hariç diğer tüm yüzeyler 2 kat renkli tırnak ojesi (Golden Rose, Erkul Kozmetik, Türkiye) ve şekillendirme mumu (BMS Dental, Italy) ile kapatıldı. Her bir örnek, içerisinde 2 ml distile su içeren 5 ml eppendorf tüpü (Labor Teknik, Başakşehir, İstanbul, Türkiye) içerisine, dişin tüm yüzeyleri su ile temasta olacak şekilde tüplerin içerisine atıldı ve kapağı kapatıldı. Eppendorf tüpü içerisindeki distile su, standardize edilebilmesi için her seferinde mikropipet yardımı ile her tüpe eşit şekilde eklendi. Tüm örnekler 35 ^{0}C etüvde, %100 nemli ortamda beklemeye bırakıldı. HP miktarını ölçmek üzere örnekler 1., 4. ve 7. günlerde etüvden alınarak toplamda 3 kez ölçüm yapıldı. Her bir ölçüm gününün ardından tüp içerisindeki distile su tamamen çıkartılıp yeniden 2 ml distile su ilave edildi ve dişler daha önce anlatıldığı gibi tekrar tüplerin içerisine atıldı. Tüm işlemler tek bir kişi tarafından gerçekleştirildi.

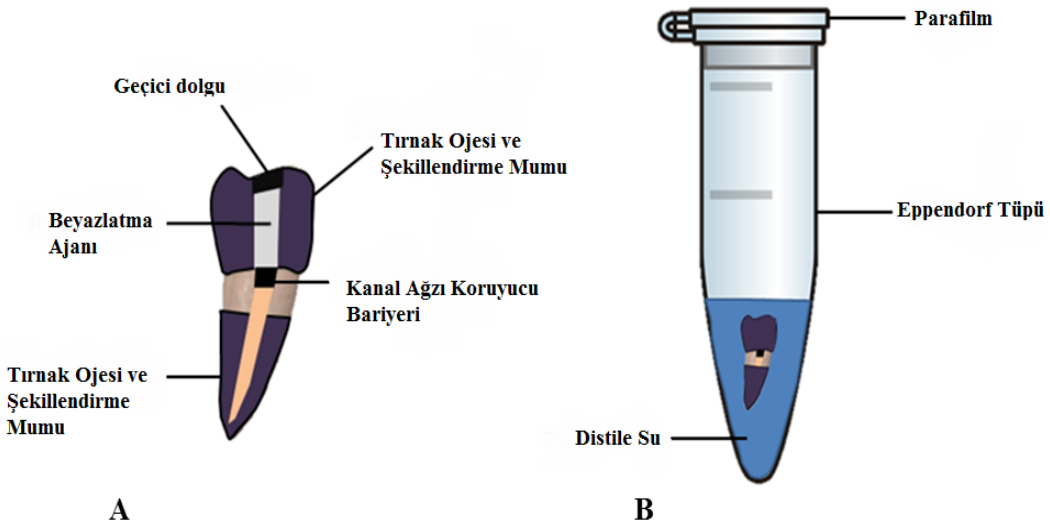
Şekil 12

Öreneklerin Eppendorf Tüplerine Yerleştirilmesi



Şekil 13

Örneklerin (A) ve Deney Düzeneğinin (B) Şematik Gösterimi



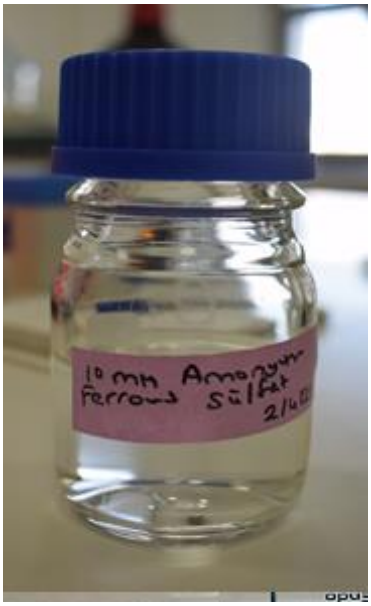
Reaktiflerin Hazırlanması

Çalışmamızda, peroksit varlığını belirleyen reaktiflerin ortamdaki oksijen ile etkileşime girip stabiliteyi bozmaması için taze olarak günlük hazırlandı. Uzun süre bekletilen reaktiflerin dayanıklılığı azalmakla birlikte yükseltgenme reaksiyonunu tamamlama verimi de azalmaktadır.

0.142 gr. Amonyum demir (II) sülfat (AFG Bioscience LLC) 50 ml distile su içerisinde çözülerek 10 mM çözelti elde edildi. Benzer şekilde 9.515 gr amonyum tiyosiyanat (Riedel-de Haen) 50 ml distile su içerisinde çözülerek 2.5 M çözelti elde edildi. Hazırlanan solüsyonlar, ağzı sıkıca kapalı şişelere eklenerek folyo ile sarılarak bekletildi ve gün içerisinde tüketildi.

Şekil 14

Günlük Hazırlanan Reaktiflerin Saklanması



Şekil 15

Reaktiflerin Hazırlanması

Penetre Olan Hidrojen Peroksit Miktarının Tayini

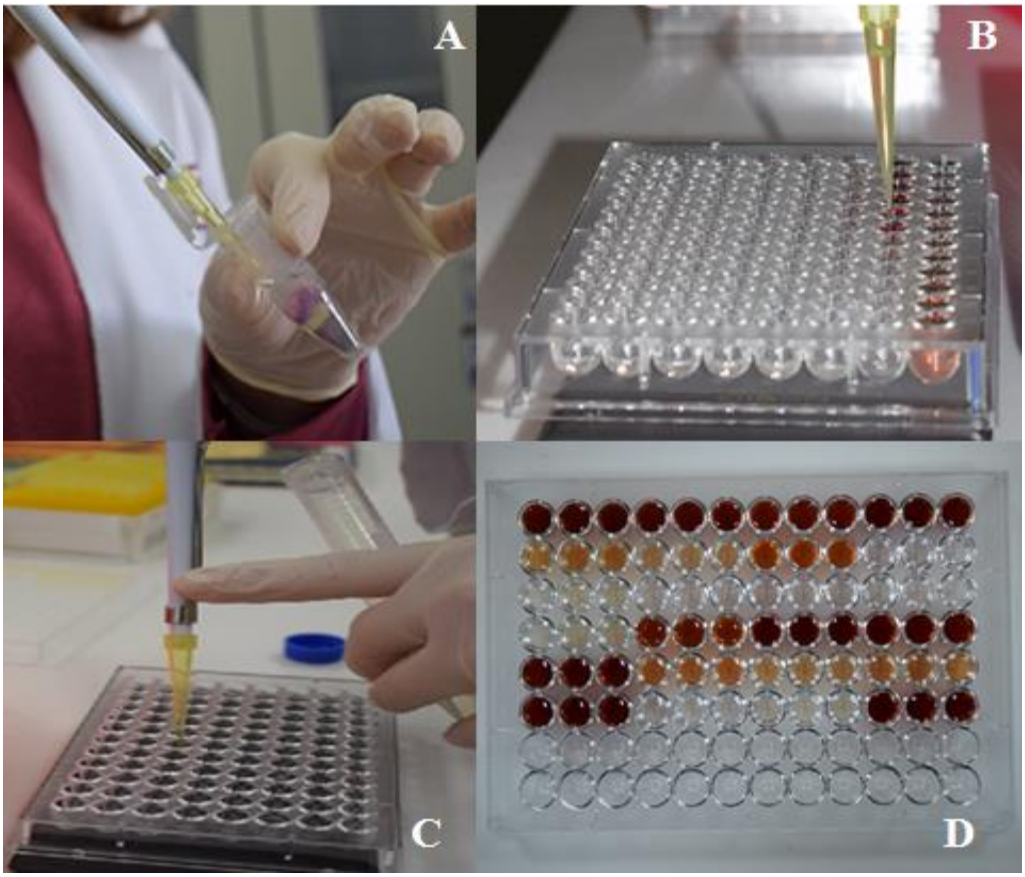
Çalışmamızda, kolorimetrik bir yöntem olan demir tiyosiyanat yöntemi, distile su içerisine penetre olan HP miktarını ölçmek için kullanıldı (Thurman vd., 1972). Bu yöntem, peroksit varlığında renksiz demir tiyosiyanatın (Fe^{+2}) peroksit oksidasyonuna bağlı olarak kırmızı renkli demir tiyosiyanata (Fe^{+3}) yükseltgenmesine dayanır. Bu yöntem sadece hidroperoksitlere duyarlı olduğundan, diğer peroksitlerin tayininde kullanılmamaktadır.

Distile su içerisine sızan peroksit tayini için dibi yuvarlak 96 kuyucuklu mikroplakalardan yararlanıldı. Yöntemde kullanılmak için hazırlanan reaktifler, her bir deney ve kontrol grubundan alınan distile su örneklerine ilave edildi. Her defasında kuyucukların ilk sırasına kalibrasyon eğrisini elde edeceğimiz standart HP çözeltileri yerleştirildi. Standart HP çözeltileri, 1,04 µg/mL, 2,08 µg/mL, 4,17 µg/mL, 8,33 µg/mL ve 16,67 µg/mL'lik nihai konsantrasyonlar verecek şekilde stok (%30) HP çözeltisi (Merck, KGaA) ile seyreltilerek hazırlandı.

Standart çözeltilerden ve örneklerden 200 µL mikropipet ile eşit miktarda alınarak 96 kuyucuklu mikroplakalara aktarıldı. Kırmızı rengin açığa çıkıp ölçümün yapılabilmesi için hazırlanan reaktifler (54 µL10 mM amonyum demir (Fe 2+) sülfat ve 27 µL 2.5 M amonyum tiyosiyanat) mikroplakalardaki numunelerin üzerine konuldu. Peroksit miktarının tayini için spektrofotometre cihazında (Molecular Devices, Microplate Reader, USA) 480 nm dalga boyunda okuma yapıldı. Her bir örnek için okuma üç kopya halinde yapılarak aynı standarta veya örneğe ait absorbans okumalarının ortalaması alınmış ve distile suyun verdiği absorbans bu değerden çıkartılmıştır. Ölçüm sonrası değerler, kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılarak deney sonuçları µg/ml HP olarak belirlendi.Hesaplamalar yapılırken

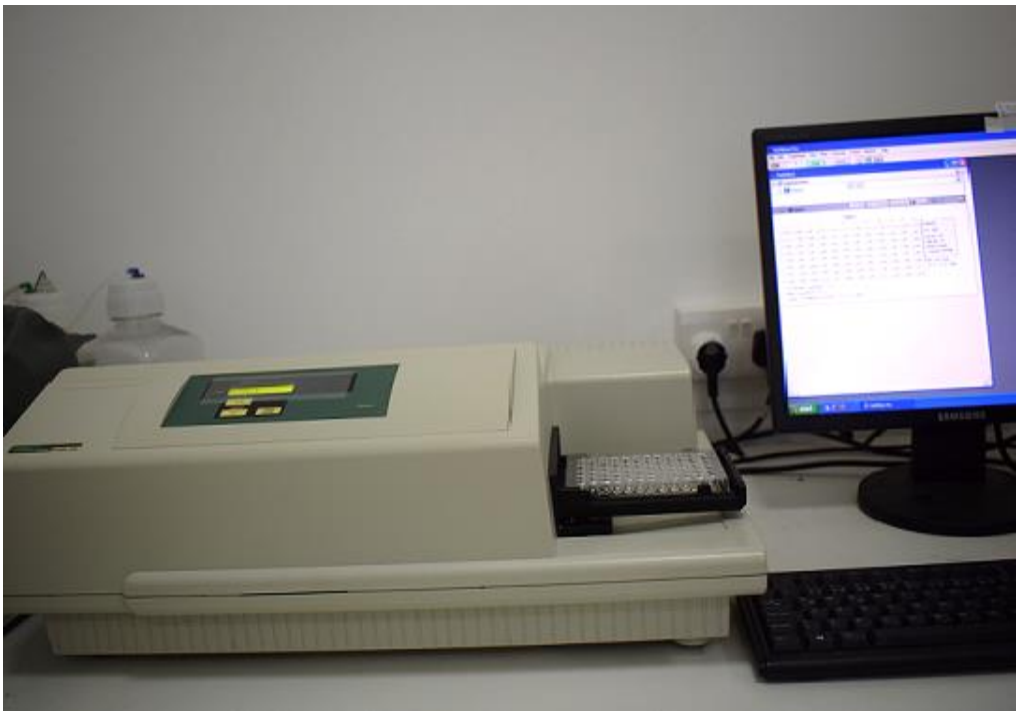
Şekil 16

Eppendorf Tüplerinden Distile Su Örneklerinin Alınması (A), Alınan Örneklerin Kuyucuklardaki Mikroplakalara Aktarımı (B), Reaktiflerin Örneklerin Üzerine Konulması (C), Peroksit Varlığında Örneklerin Oluşturduğu Renklerin Örneği (D)



Şekil 17

Mikroplaka Okuyucu



Kalibrasyon Eğrisinin Elde Edilmesi

Distile su içerisine penetre olan peroksit miktarının hesaplanması için bilinen konsantrasyonlardaki HP standart çözeltilerinin hazırlanarak kalibrasyon eğrisinin çizilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, ilk önce %30'lük HP 1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000 oranında distile su ile seyreltilmiştir. Daha sonra 1:10000 oranında seyreltilmiş olan HP çözeltisi kullanılarak seri seyreltmeler yapılmış ve 1:20000, 1:40000, 1:80000, 1: 160000 ve 1:320000 oranında seyrelmiş HP çözeltileri kalibrasyon eğrisinin oluşturulması amacıyla ölçümlerde kullanılmıştır. Seyreltilmiş olan bu çözeltilerdeki HP derişimi 1,04, 2,08, 4,17, 8,33 ve 16,67 µg/mL olarak hesaplanmıştır.

Kalibrasyon eğrisi her bir deney seti için ayrı hazırlanmıştır ve grafikten elde edilen denklem örneklerdeki HP miktarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

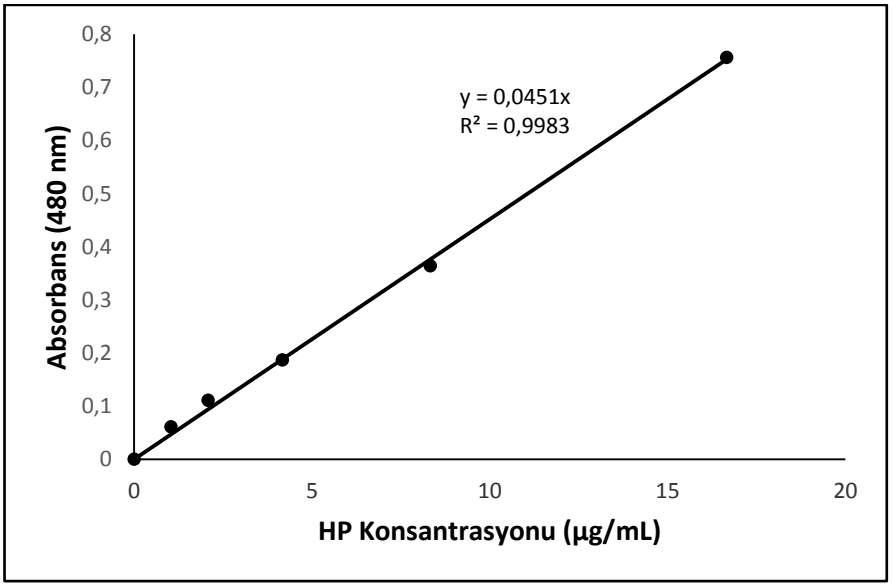
Örneğin y=0,0451x denklemi elde edildiğinde;

Her bir örneğe ait üç okumanın ortalaması alınıp, distile suyun vermiş olduğu absorbans çıkarıldığında ve “y” yerine formüle yerleştirildiğinde “x” değeri olarak o örnekteki HP derişimi µg/mL olarak hesaplanmıştır. Son olarak , örneklerin içinde bulunduğu distile suyun hacmi 2 mL olduğundan, 2 mL’deki HP salınımını bulmak amacıyla hesaplanmış olan “x” değeri 2 ile çarpılmıştır.

Kalibrasyon eğrisinden elde edilen R^2 değeri ise standartlara ait okumalarımızın doğrusallığını göstermektedir ve bu değerin 1’e olabildiğince yakın olması tercih edilmektedir.

Şekil 18

Kalibrasyon Eğrisi



Sonuçların İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

İntrakoronal beyazlatma uygulamasından sonra eppendorf tüpleri içerisindeki distile suya sızan peroksit miktarını belirleyebilmek için grup ortalamaları arasındaki farklılıkların saptanabilmesi için Üç Yönlü varyans analizi (Three-Way ANOVA) kullanılarak yapıldı. Anlamlı fark bulunan grup veya grupları saptamak için Tukey çoklu karşılaştırma testi yapıldı. Çalışmamızın veri analizleri Jamovi (Jamovi sürüm 1.6; https://www.jamovi.org) bilgisayar yazılımı kullanılarak yapıldı. P değeri 0.05'ten küçük olan örnekler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BÖLÜM IV

Bulgular

Kontrol Grubu (Distile Su) Bulguları

Bu grupta bulunan tüm dişlerin pulpa odalarına distile su yerleştirilmiştir. Bu nedenle, 1., 4., ve 7. günlerde yapılan ölçümlerde eppendorf tüp içerisinde bulunan distile suya peroksit salınımı olmadığı için, tüm kontrol grubundaki değerler sıfıra yakın bulunmuştur. Günler arasındaki değerler istatistiksel olarak karşılaştırıldığında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($P < 0.05$). (Tablo 2)

Tablo 2

Kontrol grubunda bulunan distile suya salınan peroksit değerleri (µg/mL) (Ortalama±Standart Sapma)

		Ortalama ± Standart Sapma		
Grup (n=10)	Bariyer	1. Gün	4. Gün	7. Gün
Distile Su (Kontrol)	Biodentin	0.034 ± 0.015 ^{Aa}	0.026 ± 0.010 ^{Aa}	0.018 ± 0.005 ^{Aa}
	CIS	0.039 ± 0.013 ^{Aa}	0.026 ± 0.007 ^{Aa}	0.021 ± 0.005 ^{Aa}
	ProRoot MTA	0.048 ± 0.018 ^{Aa}	0.030 ± 0.005 ^{Aa}	0.026 ± 0.006 ^{Aa}
	TheraBase	0.045 ± 0.020 ^{Aa}	0.028 ± 0.009 ^{Aa}	0.027 ± 0.006 ^{Aa}

Aynı üst simge harfini paylaşan ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p>0.05).

Büyük harfler her satırdaki ortalamaları karşılaştırır.

Küçük harfler, kontrol grubu için her sütundaki ortalamaları karşılaştırır.

Opalescence Endo Grubu (%35 hidrojen peroksit) Bulguları

Opalescence Endo grubun 1., 4., ve 7. günlerdeki eppendorf tüp içerisinde bulunan distile suya sızan HP miktarı, spektrofotometrede elde edilen absorbans değerlerinin standart kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılmasıyla ortalama değerler elde edilerek belirlenen değerler Tablo 3'te gösterilmiştir. Buna göre, HP gruplarında, CIS bariyer materyali uygulanan grup, çalışmada kullanılan diğer bariyer materyalleri ile karşılaştırıldığında en yüksek peroksit salınımını 1. günde gösterdi ($P < 0.05$). Therabase bariyer materyali kullanılan grup, 1. günde CIS'e kıyasla önemli

ölçüde daha düşük peroksit penetrasyonu gösterdi (P < 0.05). Ancak, Biodentin ve ProRoot-MTA grupları, CIS ve Therabase gruplarıyla karşılaştırıldığında 1. ve 4. günde önemli ölçüde daha düşük peroksit sızıntısı olduğu tespit edilmiştir (P < 0.05).

Tablo 3

Hidrojen peroksit grubunda bulunan distile suya salınan peroksit değerleri (µg/mL) (Ortalama±Standart Sapma)

		Ortalama ± Standart Sapma		
Grup (n=10)	Bariyer	1.Gün	4. gün	7. gün
Hidrojen Peroksit (Opalesence Endo, %35 HP)	Biodentin	0.325 ± 0.042^{Aa}	0.188 ± 0.069^{Aa}	0.106 ± 0.049^{Aa}
	CIS	1.324 ± 0.292^{Ab}	0.515 ± 0.226^{Bb}	0.103 ± 0.037^{Ca}
	ProRoot MTA	0.391 ± 0.218^{Aa}	0.224 ± 0.055^{ABa}	0.112 ± 0.027^{Ba}
	TheraBase	0.819 ± 0.358^{Ac}	0.565 ± 0.261^{Bb}	0.136 ± 0.023^{Ca}

Aynı üst simge harfini paylaşan ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p>0.05).

Büyük harfler her satırdaki ortalamaları karşılaştırır.

Küçük harfler, hidrojen peroksit grubu için her sütundaki ortalamaları karşılaştırır.

Sodyum Perborat Tetrahidrat + Distile Su Grubu Bulguları

Sodyum Perborat Tetrahidrat + Distile Su grubunun 1., 4., ve 7. günlerdeki eppendorf tüp içerisinde bulunan distile suya sızan HP miktarı, spektrofotometrede elde edilen absorbans değerlerinin standart kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılmasıyla ortalama değerler elde edilerek belirlenmiştir ve Tablo 4'te gösterilmiştir. Buna göre, 1, 4 ve 7. günlerde SP gruplarında, tüm bariyer grupları arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmemiştir (P > 0.05).

Tablo 4

Sodyum perborat grubunda bulunan distile suya salınan peroksit değerleri (µg/mL) (Ortalama±Standart Sapma)

		Ortalama ± Standart Sapma		
Grup (n=10)	Bariyer	1.Gün	4. gün	7. gün
Sodyum Perborat Tetrahidrat + Distile Su (SP+Distile Su)	Biodentin	0.312 ± 0.142 ^{Aa}	0.191 ± 0.056 ^{Aa}	0.094 ± 0.015 ^{Aa}
	CIS	0.434 ± 0.136 ^{Aa}	0.235 ± 0.104 ^{ABa}	0.079 ± 0.010 ^{Ba}
	ProRoot MTA	0.277 ± 0.097 ^{Aa}	0.187 ± 0.027 ^{Aa}	0.073 ± 0.041 ^{Aa}
	TheraBase	0.369 ± 0.194 ^{Aa}	0.247 ± 0.048 ^{ABa}	0.080 ± 0.011 ^{Ba}

Aynı üst simge harfini paylaşan ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p>0.05).

Büyük harfler her satırdaki ortalamaları karşılaştırır.

Küçük harfler, sodyum perborat grubu için her sütundaki ortalamaları karşılaştırır

Deney Gruplarının Salınan Hidrojen Peroksit Miktarının Karşılaştırılmasına Ait Bulgular

Her iki deney grubundaki (HP,SP) ortalama peroksit salınım değerleri karşılaştırıldığında, kullanılan bariyer materyalinin türünün peroksit salınımında önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($P < 0.05$). Buna göre, Biodentin ve ProRoot MTA kullanıldığında, HP ve SP beyazlatma ajanları 1., 4., ve 7. günlerde istatistiksel olarak benzer peroksit sızıntısı gösterdi ($P > 0.05$). Ancak, CIS ve TheraBase kullanıldığında, HP, 1. ve 4. günlerde SP ile karşılaştırıldığında daha yüksek peroksit penetrasyonu gösterdi ($P < 0.05$).

7. günde, farklı gruplar arasında peroksit sızıntısı açısından anlamlı bir fark bulunmadı ($P > 0.05$). (Tablo 5)

Tablo 5

1., 4. ve 7. günlerde (n=10/grup) bariyer materyali gruplarının peroksit difüzyonunun ortalama ve standart sapma değerleri (µg/mL)

		Ortalama ± Standart Sapma		
Bariyer	Beyazlatma Ajanı	1.Gün	4.Gün	7.Gün
Biodentin	HP	0.325 ± 0.042[a]	0.188 ± 0.069 [a]	0.106 ± 0.049 [a]
	SP	0.312 ± 0.142[a]	0.191 ± 0.056 [a]	0.094 ± 0.015 [a]
	Distile Su	0.034 ± 0.015[b]	0.026 ± 0.010 [a]	0.018 ± 0.005 [a]
CIS	HP	1.324 ± 0.292 [a]	0.515 ± 0.226 [a]	0.103 ± 0.037 [a]
	SP	0.434 ± 0.136 [b]	0.235 ± 0.104 [b]	0.079 ± 0.010 [a]
	Distile Su	0.039 ± 0.013[c]	0.026 ± 0.007 [b]	0.021 ± 0.005 [a]
ProRoot MTA	HP	0.391 ± 0.218 [a]	0.224 ± 0.055 [a]	0.112 ± 0.027 [a]
	SP	0.277 ± 0.097[ab]	0.187 ± 0.027 [a]	0.073 ± 0.041 [a]
	Distile Su	0.048 ± 0.018 [b]	0.030 ± 0.005 [a]	0.026 ± 0.006 [a]
TheraBase	HP	0.819 ± 0.358 [a]	0.565 ± 0.261 [a]	0.136 ± 0.023 [a]
	SP	0.369 ± 0.194 [b]	0.247 ± 0.048 [b]	0.080 ± 0.011 [a]
	Distile Su	0.045 ± 0.020[c]	0.028 ± 0.009 [b]	0.027 ± 0.006 [a]

Aynı üst simge harfini paylaşan ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir ($p>0.05$).

Küçük harfler, her bir kanal ağzı bariyer materyali için her sütundaki ortalamaları karşılaştırır.

BÖLÜM V

Tartışma

Hipotezlerin kabul edilmesi veya reddedilmesi: Bulgularımız, HP'nin 1. ve 4. günlerde CIS ve TheraBase gruplarında SP'ye karşı anlamlı düzeyde daha fazla peroksit penetrasyonu gösterdiğini ortaya koydu ($P<0.05$). Bu sebeple, birinci hipotez reddedilmiştir. Bu çalışmanın bulgularına göre, 1. günde en yüksek peroksit penetrasyonu HP+CIS grubunda bulunmuştur. Tüm gruplarda 4. ve 7. günlerde CIS ve TheraBase bariyer materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi. Bununla birlikte, HP grubunda 1. ve 4. günlerde Biodentin ve ProRoot MTA diğer bariyer materyallerine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bir peroksit difüzyonu sergiledi. Bu sebeple ikinci hipotez de reddedilmiştir.

Çalışmada kullanılacak olan dişler arasında standardizasyonun sağlanması, mine-sement sınırı ilişkisinin kompleks bir yapıya sahip olması, hasta ağzında gelişebilecek geri dönüşümsüz doku hasarı ve komplikasyon varlığı ve beyazlatma işleminin birkaç seans sürmesiyle birlikte hastaların randevularında yaşanabilecek sorunlardan dolayı bu tez çalışmasının *in vitro* koşullarda yapılması planlanmıştır. Yapılan bu *in vitro* çalışmada klinik ortamın yansıtılabilmesi ve standardizasyonun sağlanabilmesi için 14-25 yaş aralığındaki genç bireylerden yeni çekilmiş, çapları, kanal anatomileri ve boyutları birbine benzer olan ve CEJ'de dentin açıklığı veya sement defekti bulunmayan, tek köklü, mandibular premolar dişler kullanıldı.

Genellikle kanal tedavisi sonrası gelişen renklenmeler anterior bölgede estetik kaygılara neden olmakta ve bu bölgedeki dişlere devital beyazlatma uygulanmaktadır. Ancak, ortodontik sebeplerle çekim endikasyonu daha fazla genç bireylerde mandibular premolar dişlere konulduğu için, bu dişlere erişmek de daha kolaydır. Yine, genç bireylerde kök rezorpsiyonu ile ilişkili beyazlatma vakaları da fazla olduğu için mandibular premolar dişler yapılan çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir (Harrington ve Natkin,1979; Lado vd.,1983; Holmstrup vd.,1988). Genç bireylerden çekilen mandibular premolar dişlerin pulpa odaları çok geniş olduğu için, klinik olarak genelde beyazlatma işlemi yapılan üst anterior dişlerin pulpa odasına benzerlik göstermektedir.

Bazı araştırmacılar, (Schroeder E,1988; Gökay,2008, Zoya,2019) CEJ'deki dentin açıklığının genç bireylerin mandibular premolar dişlerinde daha düşük insidansa sahip olduğunu vurgulamışlardır. Bununla birlikte, devital beyazlatma ajanlarının peroksit difüzyonu ile ilgili daha önce yapılan *in vitro* çalışmaların çoğunda mandibular premolar dişler tercih edilmiştir (Lee, 2004; Lim vd.,2004; Canoglu,2012; Rokaya, 2015; Lee, 2015; Zoya vd., 2019). Bu bilgilere dayanarak, çalışmamızın hem standardizasyonunu sağlamak hem de bulgularımızı daha önce yapılan diğer benzer çalışmalar ile karşılaştırılabilmek için bu tez çalışmasında da mandibular premolar dişleri kullanılmıştır.

CEJ'de bulunan sement defektleri, morfolojik ve patolojik değişikliklere bağlı olarak oluşabildiği gibi iatrojenik sebeplerle de meydana gelebilir. Rotstein ve Koulaouzidou, yaptıkları çalışmalarda, bu bölgedeki defektlerin peroksit penetrasyonu açısından daha geçirgen olduğunu göstermişlerdir (Rotstein vd.,1991; Koulaouzidou vd.,1996).

Literatüre bakıldığında, beyazlatma ajanının servikal bölgeye penetrasyonunu etkileyen birçok faktör belirtilmiştir. Bunlar; dişin yapısı, ortamın pH'ı, beyazlatma işlemi sırasında ısı uygulanması, beyazlatma ajanının konsantrasyonu ve temas süresidir (Attin vd., 2003; Benetti vd., 2004; Gökay vd., 2005). Ayrıca, CEJ morfolojisi, sement defekti ve hastanın yaşı beyazlatma ajanının penetrasyonunu etkileyen diğer faktörlerdendir (Camps vd., 2007).

Mine-sement sınırının çeşitli tipte ilişkisi mevcuttur. Bu çeşitlilik aynı kişinin farklı diş grupları arasında veya aynı dişin farklı bölgeleri arasında olabilir. Dişin bir bölgesinde dentin açıklığı gözlenirken diğer bir bölgesi sementle tamamen kapalı olabilir. Koulaouzidou vd, HP penetrasyonunun CEJ tipi ile ilişkisi olup olmadığını belirlemek için yaptıkları çalışmada en yüksek peroksit penetrasyonunu CEJ'de açıklığı olan gruplarda bulmuştur. CEJ'de kenar-kenar ilişkisi olan ve açıklığı olmayan dişlerde ise daha düşük penetrasyon saptanmıştır (Koulaouzidou vd.,1996).

Bu nedenle bu tez çalışmasında kullanılacak olan mandibular premolar dişleri x10 büyütme altında steromikroskopta incelendi ve CEJ'de sement defekti ve dentin açıklığı olan dişler peroksit penetrasyonunun artışına bağlı olarak servikal bölgede rezorpsiyon oluşturma riski fazla (Rotstein vd., 1991b) olduğu için çalışmaya dahil edilmedi. Ayrıca, dişlerden alınan bukkolingual ve mesiodistal yöndeki periapikal

radyografilerde kalsifikasyon ve rezorbsiyon varlığı tespit edilen dişler de çalışmaya eklenmedi.

Çekilen dişlerin kök yüzeylerinden sert ve yumuşak doku artıkları periodontal küret ve ultrasonik uçlar yardımı ile uzaklaştırıldı. Dişlerin deneyden önce ve deney esnasında saklanma koşulları, yaptığımız çalışmanın güvenilirliği açısından çok önemlidir. Dişlerin saklandıkları koşullar ve solüsyonlar doku yüzeyinde değişiklikler oluşturabilmektedir (Zimmerli vd. 2010). Daha önce yapılan beyazlatma çalışmalarında olduğu gibi, bizim çalışmamızda da dehidratasyon ve çatlak oluşum riskini önlemek için deney süresine kadar dişler distile su içerisinde bekletilmiştir.(Cooper vd.,1992; Gökay vd., 2008). Örnekler, hazırlık aşamasında ve deney süresince ölçüm günleri arasında, distile su içerisinde 35 ^{o}C etüvde %100 nemli ortamda bekletilmiştir.

Renklenmiş devital dişlerin intrakoronal olarak beyazlatılması, dişlerin rengini açarak ön bölgede oluşan estetik problemleri çözmektedir. Geleneksel restoratif tedavilere kıyasla intrakoronal beyazlatma tedavisi ileride uygulanabilecek herhangi bir tedavi prosedürünü engellemeyen, daha konservatif, etkili, uygulaması kolay ve düşük maliyetli bir tedavi prosedürüdür (Lee vd.,2004; Plotino vd.,2008).

Devital dişlerin beyazlatılmasında, ‘walking bleach’ tekniği ya da ısı ve ışık ile birlikte kullanılan termokatalitik beyazlatma tekniği veya her ikisi kombine bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Plotino vd.,2008;Zimmerli vd., 2010). Termokatalitik teknik, popüler olarak, %30-35 HP’in pulpa odasına yerleştirilmesi ve ısı ya da ışık ile parçalanması hızlandırılarak uygulanan bir tedavi yöntemidir. Fakat, bazı araştırmacılar uygulanan ısı, ışık ya da kombine kullanımın servikal bölgeki peroksit penetrasyon artışına ve dolayısıyla servikal kök rezorpsiyonu (SKR) başlangıcına neden olduğunu vurgulamışlardır (Harrington &Natkin, 1979; Lado vd., 1983; Rotstein vd., 1991). İntrakoronal beyazlatma prosedürünün neden olduğu SKR'nin mekanizması henüz tam olarak anlaşılmasa da, Newton ve Hayes (2020) ve Gökay vd. (2008) beyazlatma ajanlarının periodontal dokulara difüzyonunun bakteri istilasını takiben inflamatuar reaksiyonu başlattığı belirtmişlerdir. Termokatalitik tekniğin yol açtığı komplikasyonlar göz önünde bulundurulduğunda klinik olarak kullanımı tercih edilmemektedir. Onun yerine daha güvenli, hasta koltuğunda az zaman gerektirdiğinden, hasta için daha konforlu ve etkili sonuçlar veren ‘walking

bleach' tekniği son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Attin vd,2003). Bu nedenle, çalışmamızda da intrakoronal beyazlatma işlemi için 'walking bleach' tekniği tercih edilmiştir.

Renklenmiş devital dişlerin beyazlatılmasında yaygın olarak tercih edilen beyazlatma ajanları HP ve SP'dir. HP genel olarak %30 ve %35'lik konsantrasyonlarda tek başına veya diğer ajanlarla kombine olarak pulpa odasına uygulanabilir. Devital beyazlatma prosedüründe, SP uzun yıllardır distile su veya HP ile karıştırılarak kullanılmaktadır. SP kimyasal yollarla sodyum metaborat, hidrojen peroksit ve yeni oluşan oksijene parçalanır. Açığa çıkan HP'nin kontrollü salınımı nedeniyle SP güvenle kullanılabilen bir beyazlatma materyaldir. Literatürde yapılan çalışmalar, SP ile su karışımının servikal rezorpsiyon riskini azaltabileceğini göstermiştir (Kaneko vd., 2000; Arı vd.,2002). Fakat yapılan çalışmalar sonucunda HP ile kombine kullanımının, SP'nin beyazlatma etkinliğini oldukça artırdığını göstermiştir (De Souza vd., 2009; Arı vd., 2008). Bunun yanında, SP'nin su ile karışımının da renklenmiş devital dişlerin beyazlatılmasında klinik olarak yeterli sonuçlar verdiğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Fakat, tam olarak etkili sonuçlar elde edebilmek için SP su karışımı uygulamasını birkaç seans tekrarlamak gerekecektir. Walking bleach tekniğinde SP, HP'in kontrollü salınımı ile güvenle en yaygın tercih edilen beyazlatma materyalidir (Plotino vd., 2008). SP'ın –mono, -tri ve –tetrahidrat gibi farklı çeşitleri mevcut olsa da, tüm çeşitleri klinik olarak benzer sonuçlar göstermektedir. Ancak, HP penetrasyon miktarının az olması ve servikal rezorpsiyon riskinin düşük olması sebebiyle, SP tetrahidrat'ın distile su ile olan karışımının kullanılması klinik olarak önerilmektedir (Weiger vd, 1994). Bu nedenle, çalışmamızda da toz halinde olan sodyum perborat tetrahidratın, distile su ile karıştırılarak kullanılması planlanmıştır.

Günümüzde HP konsantre solüsyon formları yerini üretici firmaların piyasaya hazır preperatlar halinde sunmuş olduğu jel formuna bırakmaktadır. Jel formunda üretilen beyazlatma preparatları, intrakoronal beyazlatma prosedüründe çevre dokulara sızarak irritasyon yapma ihtimalini daha aza indirdiği düşünülmektedir (Lim vd.,2004; Lee vd.,2004; Teixeira vd.,2004). Kolay uygulanabilirliği ve renklenmiş dişlerin beyazlatılmasında yaygın olarak tercih edilen etkili bir beyazlatma maddesi olduğu için bizim çalışmamızda da kullanıma hazır jel

formundaki %35 konsantrasyonunda HP içeren Opalescence Endo (Ultradent Products Inc., South Jordan, ABD) maddesi kullanılmıştır.

HP, intrakoronal beyazlatma ajanı olarak pulpa odasına yerleştirildiğinde büyük çoğunluğunun servikal bölgeye diffüz ettiğini birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda belirtmiştir. HP, düşük moleküler ağırlığı ve yüksek oksidatif gücü sayesinde pulpa odasından dentin tübülleri aracılığıyla servikal bölgeye kolayca penetre olabilmektedir. HP iyonlarının servikal bölgeye penetrasyonu, osteoklastik aktivitenin başlangıcı için optimal olan asidik pH ortamı sağlayarak SKR'ye sebep olmaktadır. (Patel vd.,2009; Sismanoglu, 2020). Ayrıca, yapılan çalışmalar HP kullanımının sadece SKR ile lişkili olmayıp dentin geçirgenliğinde artış, dentinin kimyasal yapısında değişiklik ve diş sert dokusunun fiziksel özelliklerinde zayıflama gibi komplikasyonlara da yol açtığını rapor etmiştir (De Souza-Zaroni vd., 2009; chng vd., 2004). Servikal bölgedeki diş sert ve yumuşak dokularında geri dönüşü olmayan hasarları önlemek için HP penetrasyonu mümkün olduğunca sınırlandırılmalıdır. Bu durum, geleneksel yaklaşımlarla aynı düzeydeki etkinliğe sahip olan ancak ilgili komplikasyonları olmayan alternatif beyazlatma ajanların araştırılmasına yol açmıştır.

Peroksit penetrasyonunun belirlenmesi için literatürde değişiklik zaman aralıkları kullanılmıştır (Thurman vd.,1972; Benetti,2004; Lambrianidis,2002). Lee vd. (2004) servikal bölgeye peroksit penetrasyonunu 0., 1., 2., ve 7. günlerde belirlemiştir. Gökay vd. (2008) ve Koulaouzidou vd'nin (1996) yaptığı çalışmalarda ise peroksit penetrasyon miktarı 24 saatin sonunda yapılan ölçümle değerlendirilmiştir. Zoya vd. (2019) yaptığı çalışmada peroksit penetrasyonu miktarı 1., 3., ve 6. günlerde belirlerken, Nathan vd. (2019) ise sadece 7. Gündeki peroksit penetrasyon miktarını değerlendirmişlerdir. Rokaya vd. (2015) ise yapmış olduğu çalışmada 1., 7., ve 14. günlerdeki peroksit miktarını incelemişlerdir. Bir diğer literatür çalışmasında, Canoğlu vd. (2012) SP'nin su ile karışımını ve SP'nin HP ile kombine kullanımında penetre olan peroksit değerlerininin incelemesini 1. ve 7. günlerde gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar, 24 saatin sonundaki peroksit penetrasyon değeri ile 7. gündeki peroksit penetrasyon değerleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulmamışlardır. Literatürde, 'walking bleach' tekniğinde başarılı estetik sonuçlar elde edebilmek için ara seanslar yapılarak intrakoronal

beyazlatma materyalinin 3 ile 7 gün içinde mutlaka yenilenmesi önerilmiştir. Bu konuda yapılan çalışmalar, 2 ile 4 seansta estetik olarak istenilen sonuçların elde edildiğini göstermiştir (Plotino vd., 2008). Yapılan çalışmalar doğrultusunda çalışmamızda, eppendorf tüplerindeki bidistile su içerisine sızan peroksit penetrasyon miktar tayininin 1., 4., ve 7. günlerde yapılmasına karar verilmiştir.

Fick'in ikinci yasası, içerdiği denklem ($Js = A \cdot D \cdot C/x$) ile, dentin yoluyla peroksit difüzyonunun nasıl gerçekleştiğini açıklamaktadır. Denkleme göre, Js, çözünen maddenin difüzyon akışını (mol/s), A, difüzyon için uygun yüzey alanını (m2), D difüzyon katsayısını (m2/s), C konsantrasyonu (mol/m3) ve x difüzyon mesafesini (m) ifade etmektedir. Bu yasaya göre, dentinin yapısı peroksit difüzyonuna izin vermektedir. Ancak, peroksit konsantrasyonu her iki dentin tarafında eşitlendiği zaman difüzyon durmaktadır. Bu ifade, intrakoronal beyazlatma materyalinin estetik sonuçlar elde etmek için belirli zaman aralığındaki yenilenme gerekliliğini rahatlıkla açıklamaktadır (Camps vd.,2007)

Servikal peroksit penetrasyon miktarının belirlenmesinde, pH değişiklikleri, titrasyon, kolorometrik ve enzim gibi çeşitli yöntemler kullanılmıştır (Gordon vd., 1992). Literatürde servikal penetrasyon miktarının tayini için pH değişikliği yöntemini kullanan birçok çalışma vardır. Ancak, bu yöntem difüz olan peroksit miktarı hakkında tam olarak bilgi vermemektedir (Lee vd.,2004; Kehoe, 1987; Lambrianidis vd., 2002). Kolorimetrik yöntem olan demir tiyosiyanat yöntemi, uygulaması kolay, maliyeti az, kesin ve kısa sürede sonuç veren bir yöntem olduğu için birçok araştırmacı tarafından HP tayininde yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Ayrıca, spektrofotometre cihazının olduğu tüm laboratuvarlarda kolaylıkla uygulanabilir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi, bu çalışmada da HP tayini için demir tiyosiyanat yöntemi kullanılmıştır. (Rotstein vd.,1991b; Rotstein, 1991a; Rotstein vd., 1992a; Koulaouzidou vd., 1996; Camps vd., 2007; Gökay vd., 2008; Nathan vd, 2019; Zoya vd., 2019).

Örneklerin okluzal yüzeylerinde standart giriş kavitesi oluşturabilmek için tek bir uygulayıcı tarafından 016 numaralı rond elmas frez ve 014 numaralı fissür frez kullanılarak kavite preperasyonu yapıldı.

Önceki çalışmalarda olduğu gibi, bu çalışmada da çalışma boyu #10 K tipi eğenin apikal foramenden çıktığı noktanın 1 mm gerisi olarak belirlenmiştir

(Canoglu vd., 2012; Rokaya vd., 2015; Ramazenali vd., 2017; Zarean vd., 2020). Standart apikal şekillendirme yapılabilmesi için çalışmamızda kullanılan dişlerin apikal çaplarının 0.4 mm olmasına karar verilmiştir. Kök kanallarının şekillendirilmesi Protaper Gold döner eğe sistemi ile belirlenen hız ve tork (300 devir/dakika) ayarlarında crown-down prensibi ile son eğe F3 olacak şekilde yapıldı. Kök kanal tedavisi esnasında mekanik temizliğin etkinliğini artırmak için çeşitli irrigasyon solüsyonlarından yararlanılmaktadır. Çalışmamızda, kök kanallarının mekanik temizliği esnasında her eğe arasında %5.25 sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu kullanıldı. Klinik ortamı taklit etmek ve örnekler arası standardizasyonu sağlamak için tüm dişlerde eşit miktarda (5 ml) irrigasyon solüsyonu kullanıldı. Harrison & Hand (1981), NaOCl'in antibakteriyel, lubrikant özelliği ve organik doku çözücülüğü etkisi ile endodontide yaygın olarak tercih edilen, nonspesifik proteolitik bir irrigasyon solüsyonu olduğunu bildirmişlerdir.

Surapipongpuntr vd. (2008), molar dişlerden elde ettikleri diskler üzerinde yaptıkları çalışmada, uygulanan irrigasyon solüsyonlarından sonra %30 HP'in dentin penetrasyonuna etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, irrigasyon solüsyonu olarak serum fizyolojik, %2.5 NaOCl, %5 NaOCl, %17 EDTA+%2.5 NaOCl ve %17 EDTA+%5 NaOCl kullanmışlar ve NaOCl'in tek başına uygulandığında, EDTA ile kombine kullnılmasına kıyasla dentin penetrasoyonuna etkisini belirgin olarak daha düşük olduğunu ortaya koymuşlardır. En az penetrasyonun ise serum fizyolojik grubunda olduğunu göstermişlerdir. Carrasco vd. (2004), devital beyazlatma öncesinde %1'lik NaOCl ve %17'lik EDTA solüsyonlarının dentin geçirgenliğindeki etkisini karşılaştırdığı çalışmada, EDTA gruplarının dentin geçirgenliğini büyük ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir. Aynı şekilde, Chng vd. (2004), yapmış oldukları çalışmada, EDTA kullanımının smear tabakasını uzaklaştarak, dentin kanallarını açığa çıkardığını ve bu sayede beyazlatma ajanlarının dentin içerisine penetrasyonunun daha fazla olduğunu saptamışlardır. Literatürde, NaOCl'in organik doku çözücü etkisinin, dentin tübüllerindeki organik komponentlerini parçalayıp, dentin tübüllerini açığa çıkararak geçirgenliğin artmasına neden olduğu vurgulanmaktadır (Marshall vd.,2001).

Başarılı bir kök kanal tedavisi, kök kanal sisteminden tüm enfekte ve nekrotik doku artıklarını kemo-meakanik olarak uzaklaştırılması, etkili bir irrigasyon ile

dezenfeksiyon yapılması ve kök kanal sisteminin üç boyutlu olarak hermetik bir şekilde doldurulması esasına dayanmaktadır (Türker vd., 2020). Kök kanallarının mekanik temizliği esnasında kök dentin duvarlarını örten, organik ve inorganik doku artıklarından oluşan kompleks bir yapı olan smear tabakası meydana gelmektedir. Oluşan bu yapı, mineralize dentin parçacıkları, predentin, biyofilm, mikroorganizmalar ve bunların metabolik ürünlerini içermektedir. Smear tabakasının varlığı, dezenfeksiyon maddelerinin dentin tübüllerine ulaşmasını sınırlayarak dentin tübülü içerisindeki organik ve inorganik dokuların uzaklaştırılmasına engel olmaktadır. Kök kanal sisteminden tamamen uzaklaştırılamayan organik ve inorganik dokular, tedavinin prognozunu olumsuz yönde etkilemektedir.Ayrıca, bu yapının varlığı kök kanallarının kanal duvarlarına adaptasyonunu etkileyerek kanal tedavisinin başarısında en önemli etkenlerden biri olan üç boyutlu, hermetik kök kanal dolumunu engellemektedir. Smear tabakasının kaldırılmasında çeşitli literatür görüşleri olsa da, güncel literatürler smear tabakasının başarılı bir kök kanal tedavisi için uzaklaştırılması gerektiğini göstermiştir. (Neelakantan vd., 2015; Mankeliye vd.,2021; Plotino vd., 2021; Zancan vd.,2021; Teja vd.,2022; Paixão vd. 2022)

Kök kanalından smear tabakasının uzaklaştırılması, beyazlatma ajanlarının dentin penetrasyonunu her ne kadar önemli oranda artırsa da, güncel çalışmaların ışığında, klinik ortamı taklit etmesi için çalışmamızda da smear tabakasını kaldırmaya karar verilmiştir. Bu amaçla çalışmamızda %17'lik EDTA kullanılmıştır.

Çalışmamızda, şekillendirme ve irrigasyon işlemleri tamamlanan dişlerin kök kanalları, epoksi rezin esaslı kök kanal patı olan AH Plus ve güta-perka ile dolduruldu. Uzun yıllardan beridir, literatürde kök kanalları için en sık kullanılan dolum materyalleri arasında kök kanal dolgu patları ile birlikte uygulanan güta-perka konları yer almaktadır. Kök kanallarının doldurulmasında birçok dolum yöntemi olsa da, kolay uygulanabilir olması nedeniyle klinik rutinde yaygın olarak 'tek kon dolum tekniği' tercih edilmektedir (Gutmann & Witherspoon, 2002; Orhan vd., 2018; Heran vd., 2019). Bizim çalışmamızda da örneklerin kök kanalları, AH plus kök kanal patı ile uygulanan tek kon tekniği ile doldurulmuştur.

Bazı araştırmacılar, beyazlatma ajanlarının penetrasyonunu kolaylaştırıp aynı zamanda etkinliğini de artırarak daha etkili estetik sonuçlar elde edebilmek için pulpa odasına asit uygulaması yapılarak smear tabakasının kaldırılmasını ve ısı

uygulamaları yapılmasını önermektedirler (Rotstein vd., 1991; Pashley vd. 1981). Fakat, yapılan çalışmalar asit uygulaması ile pulpa odasından smear tabakasının kaldırılmasının beyazlatma ajanlarının etkinkinliğini artırmadığını göstermiştir (Casey vd., 1989; Horn vd., 1998). Diğer bir yandan, asit uygulamasının beyazlatma ajanlarının penetrasyonunu artmasına etki ederken, bu durumun çevre dokulara zararlı etkileri olabileceğinden pulpa odasından smear tabakasının uzaklaştırılması klinik olarak önerilmemektedir (Rotstein vd., 1991a). Bu nedenle, çalışmamızda pulpa odasına herhangi bir işlem uygulanmayarak pulpa odasından smear tabakası kaldırılmadı.

Plotino vd. (2008), beyazlatma ajanının etkisini olumsuz yönde etkileyeceği için devital beyazlatma işlemine geçmeden önce, artık dolgu materyallerinin ve debrislerin kavite yüzeyinden uzaklaştırılması gerektiğini belirtmişlerdir. Yapılan önceki çalışmaların çoğunluğunda beyazlatma ajanlarının dentine diffüzyonunu artırmak için pulpa odasında kalan artık kanal dolgu materyalleri düşük devirde karbit rond frez kullanılarak uzaklaştırıldı ve pulpa odası alkol ile silindikten sonra distile su ile yıkandı (Koulaouzidou vd., 1996; Arı & Üngör, 2002; Lambrianidis vd.,2002; Gökay vd., 2008). Diğer çalışmalarda olduğu gibi, bizim çalışmamızda da kök kanal dolumundan sonra pulpa odasındaki artık dolgu materyalleri ve debrisler düşük devir rond frezle uzaklaştırıldı ve sonrasında alkol ile silinerek, distile su ile yıkandı.

Daha önce yapılan çalışmalar, devital beyazlatma uygulamalarında pulpa odasına yerleştirilen beyazlatma ajanlarının, pulpa odasından servikal bölgeye penetre olduğunu bildirmişlerdir (Benetti vd.,2004; Gökay vd.,2005; Koulaouzidou vd,1996; Camps vd.,2007). İdeal bir kök kanal dolumunun, koronal bölgeden gelecek olan tüm sızıntıların periapikal ve çevre komşu dokulara penetrasyonunu etkili bir şekilde önlemesi beklenmektedir. Ancak, kök kanal dolumunda kullanılan hiçbir materyal ve teknik bu yeteneğe sahip değildir (Canoglu vd., 2012). Yapılan bir in vivo araştırma, devital beyazlatma prosedürü esnasında pulpa odasından periradüküler ve çevre dokulara penetre olan HP miktarının 20 µmol/L'nin (0.68 µg/mL) altında olduğu zaman çevre dokular için güvenli olduğunu bildirirken; aynı zamanda peroksit penetrasyonun 50 µmol/L'yi (1,7 µg/mL) aşmasının çevre dokular için sitotoksik etkisi olduğunu bildirmiştir (Halliwell vd., 2000). Birçok araştırmacı,

peroksit penetrasyonunun çevre dokular üzerindeki yıkıcı etkileri üzerine yaptıkları çalışmaların sonucunda, devital beyazlatma işleminden önce apikal ve çevre dokulara penetrasyon miktarını engellemek veya azaltmak amacıyla kanal ağızlarına koruyucu bariyer materyali yerleştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır (Plotino vd.,2008; Carrasco vd., 2003; Canoglu vd., 2012).

Bu amaçla, kanal ağzı bariyer materyallerinin, mine-sement sınırının altından kök kanal dolumunun 2-3 mm'lik kısmı uzaklaştırılarak oluşturulan boşluğa yerleştirilmesi önerilmektedir (Chen vd.,2020; Sismanoglu vd.,2020).

Literatürde, bugüne kadar devital beyazlatma prosedüründe, kanal ağzı koruyucu bariyer materyali olarak kompozit rezin, IRM, Cavit, coltosol, amalgam, çinko oksit ojenol siman, çinko fosfat siman, CEM, CIS, super- etoksi benzoik asit (Super-EBA) ve MTA gibi çeşitli materyallerin kullanımı önerilmiştir (Rotstein vd.,1992; Torabinejad vd.,1999; Tselnik vd.,2004; Plotino vd.,2008; Zarean vd., 2020).

Cam iyonomer simanlar, literatürde fizikokimyasal olarak diş dokularına bağlanabilen ve aynı zamanda rezin materyallerle uyumlu özellikler sergileyen, sızıntıya karşı dirençli bir materyal olarak bahsedilmektedir (Sidhu & Nicholson, 2016). Aydın vd., (2006), CIS, kompozit rezin ve çinko fosfat simanını devital beyazlatma proserüdünde kanal ağzı koruyucu bariyer materyali olarak kullandıklarında, en az sızıntı gösteren grubun CIS olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Oliveira vd. (2003), rezin modifiye CIS ve CIS materyallerinin kök kanal dolgusu ve dentin tübüllerine penetrasyon etkinliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında materyallar arasında penetrasyon farkının olmadığını belirtmişlerdir. Yapılan birçok çalışma, cam iyonomer simanların az miktarda sızıntı gösterdiğini bildirmiştir. Birçok çalışmanın devital beyazlatma prosedüründe kanal ağzı koruyucu bariyer materyali olarak CIS'i kullanması üzerine, bizim çalışmamızda da ışıkla sertleşen, kullanımı kolay şırınaga şeklindeki CIS (Ionoseal, Voco GmbH, Almanya) materyali tercih edildi (Gökay vd.,2008;Nathan vd.,2019;Canoğlu vd.,2012;Vosoughhosseini vd.,2011).

Lee vd. (2015) yaptıkları çalışmada, MTA türevi materyallerini, çinko fosfat siman, kompozit rezin ve rezin modifiye CIS materyalleri ile karşılaştırarak bu materyallerin sızdırmazlık etkilerini inceledikleri çalışmada, en az mikrosızıntıyı

MTA grubunun gösterdiğini saptamışlardır. Kanal ağzı bariyer materyallerinin sızdırmazlık özelliklerini karşılaştıran son çalışmalar, devital beyazlatma işlemi sırasında kompozit rezin veya CIS yerine MTA kullanma fikrini desteklemektedir. (Canoğlu vd., 2012; Vosoughhosseini vd., 2011). Önceki çalışmalar doğrultusunda, çalışmamızda devital beyazlatma prosedüründe kanal ağzı koruyucu bariyer materyali olarak ProRoot MTA'ya (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, ABD) yer verilmesine karar verilmiştir.

Amin & Gawdat (2017), revaskülarize dişlerde 'walking bleach' işleminde koronal bariyer materyali olarak MTA ve Biodentin kullanarak bu materyallerin dayanıklılıklarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, koronal bariyer materyali olarak Biodentin'in MTA'ya göre daha iyi retansiyon özellikleri gösterdiğini saptamışlardır. Ayrıca, beyazlatma ajanı olarak SP ile distile su karışımı uygulandığında ProRoot MTA'nın direncinde 2 haftada değişiklikler yapabileceği gözlemlenirken, Biodentin'in dayanaklılığını etkileyen herhangi bir değişiklik gözlenmediği vurgulanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda, araştırmacılar devital beyazlatma prosedürlerinde Biodentin'in MTA'ya alternatif bir koronal bariyer olabileceğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, Biodentin'in koronal bariyer materyali olarak uygulandığında, ışıkla sertleşen CIS'e kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Bunun nedeni, kalsiyum silikat esaslı materyallerin marjinal sızdırmazlık yeteneklerinin iyi olmasıdır. Biodentin, MTA'ya benzer çeşitli klinik uygulamalara ve fiziksel özelliklere sahip, estetik kaygıların fazla olduğu hassas alanlarda MTA'ya klinik olarak güvenli bir alternatifdir (Padsala & Shetty, 2018). Literatürde, devital beyazlatma prosedüründe Biodentin'in koronal bariyer materyali olarak kullanıldığı beyazlatma ajanlarının servikal bölgeye penetrasyonunu inceleyen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Amin & Gawdat (2017; Padsala & Shetty, 2018; Kucukkaya vd., 2018;). Ancak, güncel yapılan çalışmaların olumlu sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, Biodentin'in devital beyazlatma işlemlerinde devital beyazlatma ajanlarının penetrasyonunu önemli derecede önleyeceği düşünülerek çalışmamızda kullanılmasına karar verilmiştir.

Çalışmamızda, ilk kez devital beyazlatma prosedüründe yeni üretilen dual-cure, self adeziv ve florür salan TheraBase bariyer materyalinin kullanılması planlanmıştır. Araştırmalarımız sonucunda, literatürde devital beyazlatma işlemi

sırasında TheraBase'in sızdırmazlık yeteneği hakkında rapor edilmiş herhangi bir laboratuvar veya klinik çalışma bulunmamaktadır.

Literatüre bakıldığında, birçok araştırmacı beyazlatma ajanlarının periradüküler ve çevre dokulara penetrasyonlarının önlenmesi amacıyla kanal ağızlarına en az 2 mm kalınlığında koruyucu bariyer materyali uygulanmasını tavsiye etmişlerdir (Freccia vd., 1982;Smith vd. 1992;Rotstein vd., 1992a).

Rotstein vd. (1992a), yaptıkları çalışmada IRM, ZOE, kompozit rezin ve CIS bariyer materyallerinin kanal ağızlarına 1 mm kalınlığında uyguladığında, peroksit penetrasyonunu neredeyse eşit bir şekilde önlediklerini belirtmişlerdir. Bariyer materyallerinin 0,5 mm kalınlığında uygulandığında penetrasyonu önemli ölçüde azalttığını, 1 mm kalınlığında uygulandığında penetrasyonun en aza indiğini, 2 mm kalınlığında uygulandığında ise penetrasyonun neredeyse oluşmadığını gözlemlemişlerdir. Özetle, Rotstein vd. (1992a) uygulanan bariyer materyalinin kalınlığının peroksit penetrasyonun önlenmesinde önemli bir faktör olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışmadan yola çıkarak, çalışmamızda kanal ağzı koruyucu materyalleri 3 mm kalınlığında uygulanmıştır.

Çalışmamızda, kanal ağzı bariyer materyalleri Canoğlu vd. 2012 ve Vosoyghhosseini vd. 2011'nin çalışmalarında olduğu gibi mine-sement birleşiminin 3 mm altından uygulanmıştır. Canoğlu vd. 2012 ve Vosoyghhosseini vd. 2011'nin çalışmalarında ısıtılmış plugger yardımı ile gutta-perkayı uzaklaştırmışlardır. Bu çalışmalardan farklı olarak çalışmamızda, koronal bariyer materyallerinin standardizasyonunu sağlayabilmek için güta perka, düşük devirde susuz çalışan bir angulduruvaya takılan 1.5 mm çapında post drili (LuxaPost; DMG, Hamburg, Germany) ile uzaklaştırıldı.

Hosoya ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada, devital beyazlatma işlemleri süresince koronal giriş kavitesini Cavit, Coltosol, Fermit (rezin materyal), çinko oksit ojenol ve çinko fosfat ile kapatarak, bu materyallerin sızdırmazlıklarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, geçici dolgu materyalleri arasında en az sızıntıyı Cavit ve Coltosol göstermiştir.

Endodontide ara seanslarda kullanılan geçiçi dolgu materyallerinin, ağız ortamından gelebilecek tükürük ve mikroorganizmaların, pulpa odasına ve kök kanallarına kontaminasyonunu engelleyerek enfeksiyon riskini önlemesi

gerekmektedir. Aynı zamanda pulpa odasına uygulanan medikamanların da ağız ortamına geçişini önlemelidirler. Bu amaçla, yapılan çalışmaların paralelliğinde Cavit, uzun yıllardır kök kanal tedavisi ara seanslarında kullanılan, tek pat halinde kaviteye kolayca uygulanabilen bir geçici dolgu materyalidir. Hidrofilik özelliği sayesinde, kaviteye uygulandığında su emilimi sonrası yüksek genleşme gösterir ve kavite kenarlarına iyi bi şekilde adaptasyon sağlar. Ayrıca, sonraki seanslarda kaviteden kolayca uzaklaştırılabilir (Widerman vd., 1971). Birçok beyazlatma çalışmalarında da güvenli olduğu için araştırmacılar geçici restoratif materyali olarak Cavit kullanmıştır (Plotino vd.,2008; Traviglia vd., 2019; Yasa vd., 2015). Araştırmacılar, ideal olarak geçici restoratif materyallerinin koronal giriş kavitesinin en az 3 mm kalınlığında olacak şekilde uygulanmasını vurgulamışlardır. Literatürdeki çalışmalardan yola çıkarak, çalışmamızda intrakoronal beyazlatma işlemini takiben örneklerin koronal giriş kaviteleri 3 mm kalınlığında Cavit (Dent-a-Cav, Barmstedt, Germany) ile kapatıldı (Noguera vd. 1990); Rotstein, 2001).

Literatürde, peroksit penetrasyonuyla ilgili yapılan *in vitro* çalışmalarda kanal ağzı bariyer uygulamasını takiben, örneklerin koronal üçte bir kısımları ve CEJ açıkta kalacak şekilde iki kat tırnak cilası ve kutulama mumu ile izolasyonu sağlamak amacıyla kaplanmıştır (Gökay vd.,2008; Rokaya vd.,2015; Zoya vd., 2019). Daha sonra, dişlerin kök yüzeyi ve CEJ eppendorf tüpleri içerisindeki 2 ml distile su içerisinde olacak şekilde CEJ'in 1 mm üzerinden konumlandırılarak kutulama mumu ile eppendorf tüplerinin ağız kısımlarına sabitlendi. Ancak, bizim çalışmamızda farklı beyazlatma ajanlarının servikal bölgeye penetrasyonunu incelenmesi esastır. Bu yüzden, radiküler penetrasyonu olabildiğince minimum seviyeye indirmek için tüm örneklerin apikal foramenleri ilk önce kompozit rezin siman ile kapatılarak, sadece CEJ'in 3 mm'lik kısmı açıkta kalacak şekilde geri kalan tüm yüzeyler iki kat tırnak ojesi (Golden Rose, Erkul Kozmetik, Türkiye) ve şekillendirme mumu (BMS Dental, Italy) ile kapatıldı. Kanal ağzı bariyer materyali uygulandıktan sonra, örnekler eppendorf tüplerinde bulunan 2 ml distile su içerisine tamamen daldırılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalar çoğunlukla HP radiküler penetrasyonunu incelemişlerdir. Çalışmamızın deney düzeneğinin ve örneklerin izolasyonunun diğer çalışmalara kıyasla farklı hazırlanmasının sebebini peroksit penetrasyonu için değerlendirilen bölgelerin farklı olması ile ilişkilendirmekteyiz.

Yaptığımız pilot çalışmaların sonuçları eşliğinde, örneklerin izolasyonunun güvenirliliği ve peroksit penetrasyonunun sadece servikal bölgeden olduğu teyit edilerek, çalışmamızın deney düzeneğinin bu şekilde olmasına karar verilmiştir. Ayrıca, dişler ependorf tüplerine tarif edildiği gibi yerleştirildikten sonra Koulaouzidou vd. (1996)'nin çalışmalarına benzer olarak örnekler vücut ısısına gelebilmesi için 1 saat 35 ºC etüvde bekletilmiştir. Sonrasında, deney gruplarının pulpa odalarına 0,03 ml beyazlatma ajanı ve kontrol gruplarına da 0,03 ml olacak şekilde distile su yerleştirilmiştir.

Demir tiyosiyanat yöntemi, Fe^{+2} (Ferrous) iyonunun peroksit varlığında Fe^{+3} (ferrik) iyonuna yükseltgenmesi ile oluşan maddenin tayini esasına dayanmaktadır. Kan ve idrardaki peroksit miktarı tayini için de kullanılmaktadır. Hatta, bazı firmalar (R&D Systems, Biosciences®, National diagnostics) tarafından patenti alınan bu yöntemin, kit şeklinde satışları da bulunmaktadır. Hazır prepatlarda bulunması, yöntemin rahatlıkla ulaşılabileceğinin ve güvenli ölçümler yapabildiğinin göstergesidir. Bununla birlikte, yöntemde kullanılması için gerekli solüsyonların ortamdaki oksijen varlığından çok çabuk etkilenmesi sebebiyle deney aşamasında reaktifler taze olarak hazırlanmalıdır. Ayrıca, ölçüm sırasında peroksit varlığında açığa çıkan kırmızı renk zaman ile azaldığı için, örneklerin renk şiddeti mümkün olduğunca uygulandıktan en az sonra 15 dakika içerisinde ölçülmesi gerekmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, çalışmamızda kullanılan reaktifler, Yakın Doğu Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya bölümü laboratuvarlarında taze, günlük olarak hazırlanarak uygulanmış ve örneklerin ölçümleri renk oluşumunu takiben 10 dakika içerisinde yapıldı.

Çalışmamızda kullanılan beyazlatma ajanlarının farklı günlerdeki penetrasyon değerleri karşılaştırıldığında, HP'nin 1. ve 4. günlerde CIS ve TheraBase gruplarında SP'ye karşı anlamlı düzeyde daha fazla peroksit penetrasyonu gösterdiğini ortaya koydu ($P<0.05$). Ayrıca, önceki çalışmalar, CIS'in koronal bariyer olarak kullanılmasında, beyazlatma ajanı HP'nin, SP'nin aksine daha fazla peroksit sızıntısını gösterdiğini bildirmiştir (Madhu vd., 2013; Rokaya vd., 2015; Zoya vd.,2019). HP'in moleküler ağırlığının düşük olması ile termal olarak kararsız serbest radikalleri ile mine ve dentinden ekstraradiküler bölgeye kolayca sızabilmektedir. Bulgularımızda HP'nin ekstraradiküler bölgeye penetrasyonunun

fazla olmasının nedeni, çalışmamızda kullandığımız beyazlatma ajanının yüksek konsantrasyonu ve sıvı formu ile ilişkilendirilebilir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, devital beyazlatma işleminde kullanılması uygun kanal ağzı bariyer materyalini belirleyebilmek için çeşitli materyaller denenmiş ancak hangi materyalin daha uygun olduğu henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Biodentin ve ProRoot MTA'nın sızdırmazlık kabiliyetini ve mikro sızıntısını araştıran birkaç çalışma olmasına rağmen, sonuçlar tartışmalıdır (Yavari vd., 2012; Sanghavi vd., 2013; Lee vd., 2015; Ramazenali vd., 2017; Zarean vd., 2020). Ancak, literatüre bakıldığında, devital beyazlatma prosedüründe kullanılan beyazlatma ajanlarının, çalışmamızda koronal bariyer materyeli olarak kullandığımız Biodentin ve ProRoot MTA’nın servikal bölgeye peroksit penetrasyon etkinliklerini karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızda, Biodentin ve ProRoot MTA gruplarının servikal bölgeye peroksit geçirgenliklerinin benzer olduğunu saptadık ($P > 0.05$).

Çalışmamızın bulgularına göre, en yüksek peroksit penetrasyonu HP+CIS grubunda 1. gün ölçümlerinde belirlenmiştir. Bunu takiben, HP+TheraBase grubunda ProRoot MTA ve Biodentin bariyer materyallerine göre 1. ve 4. günlerde daha yüksek peroksit penetrasyonu gözlenmiştir. 4. ve 7. günlerde HP gruplarında CIS ve TheraBase bariyerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak, HP gruplarında Biodentin ve ProRoot MTA gruplarında CIS ve TheraBase bariyerlerlerine kıyasla 1. ve 4. günlerde önemli ölçüde daha az peroksit penetrasyonu gözlenmiştir. Sonuçlarımızdan yola çıkarak, kanal ağzı bariyer materyalinin tipinin peroksit penetrasyonunu etkilediğini söyleyebiliriz.

Çalışmamızda, HP gruplarının 1. gününde ProRoot MTA’nın CIS’e göre daha düşük peroksit penetrasyonu göstermesinin nedeni olarak, materyal-dentin arayüzünde ProRoot MTA'nın hidroksil apatit iyonları üreterek dentine adaptasyonunun daha iyi olması sonucunda daha az sızıntı göstermesi ile ilişkilendirmekteyiz. Bulgularımız, Canoglu vd. 2012 çalışma ile paralel sonuçlar göstermektedir.

Çalışmamızda, kontrol grubu (distile su) değerleri Zoya vd. (2019) çalışmasında olduğu gibi distile su içerisinde az da olsa HP olduğunu göstermektedir.

Bunun nedeninin HP'in her ortamda bulunabilen bir molekül olduğu için, ölçümlerde ortamdan tamamen elimine edilememesinden kaynaklı olduğunu düşünüyoruz.

BÖLÜM VI

Sonuç ve Öneriler

CIS, TheraBase, ProRoot MTA ve Biodentine kanal ağzı bariyer materyalleri yerleştirilmiş dişlere, Opalescence Endo (%35 hidrojen peroksit) ve Sodyum Perborat Tetrahidrat + Distile Su beyazlatma materyalleri intrakoronal olarak uygulanmış ve farklı (1, 4 ve 7) günlerde servikal HP penetrasyonun miktarları *in vitro* olarak karşılaştırılarak aşağdaki sonuçlara varılmıştır:

1. Çalışmamızda deney gruplarının 1., 4. ve 7. günlerde eppendorf tüplerdeki distile suya geçen HP miktarları değerlendirilmiştir. Buna göre; ProRoot MTA ve Biodentin kullanılan gruplarda HP ve SP arasında 1., 4. ve 7. günlerde HP salınım miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (P>0,05). CIS ve TheraBase gruplarında ise 1. ve 4. günlerde HP grubunda SP'ye göre istatistiksel olarak daha fazla servikal peroksit penetrasyonu gözlenmiştir (P<0,05).
2. Bu çalışmada, HP gruplarında CIS diğer tüm gruplara göre en fazla peroksit penetrasyonu göstermiştir (P<0,05). ProRoot MTA ile Biodentin arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmazken (P>0,05), bu materyaller CIS ve TheraBase 1. ve 4. güne göre daha az peroksit penetrasyonu göstermiştir (P<0,05). Deneyin 1. gününde TheraBase CIS'e göre daha az peroksit penetrasyonu göstermiştir (P<0,05). SP gruplarında ise, bariyer materyalleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (P>0,05).
3. 7. günde 1. ve 4. günlere göre daha düşük HP salınım değerleri gözlenmiştir ve 7. günde gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.
4. HP'in servikal bölgeye penetrasyon miktarları ilerde oluşabilecek SKR riski açısından önemlidir. Özellikle servikal erozyondan dolayı mine-sement birleşiminde ekspoz olmuş dentin tübüllerine sahip olan dişlerde,

yüksek konsantrasyonda beyazlatma ajanlarının kullanımından kaçınılmalıdır.

5. İntrakoronal beyazlatma tedavisinde kullanılan ajanların beyazlatma etkinliği ile SKR oluşturma riski arasında bir denge sağlanması en önemli faktörlerdendir. Çalışmamızda kullanılan beyazlatma ajanlarının beyazlatma etkinliği değerlendirilmemesine rağmen, çalışmamızın sonucuna göre daha düşük servikal penetrasyon miktarı göstermesi ve literatürdeki araştırmaların neticesinde başarılı bir beyazlatma etkisi olduğu saptanan SP ajanının klinikte daha çok tercih edilebilecek güvenilir ve etkin bir ajan olduğunu söyleyebiliriz.
6. Sonuçlarımıza göre, sınırlamalar dahilinde, tüm deney gruplarında, kanal ağzı bariyerlerinin sızdırmazlık özelliğinin peroksit sızıntısını azaltmada katkı sağlamasına rağmen sızıntıyı tamamen engellemediği fark edilmiştir. Sonuç olarak, peroksitin difüzyonu, kullanılan intrakoronal beyazlatma ajanlarının ve kanal ağzı bariyerlerinin türünden önemli ölçüde etkilenmiştir.

Kaynakça

Abd Alraheam, I., & Donovan, T. (2020). Management of amelogenesis imperfecta in an adult patient: a short review and clinical report. *British Dental Journal*, *229*(4), 239-243.

Aktemur Türker, S., Uzunoğlu Özyürek, E., & Tek, V. (2020). The effect of different obturation methods on sealer penetration alongside apically separated rotary nickel–titanium instruments: A confocal laser scanning microscopy study. *Microscopy Research and Technique*, *83*(6), 720-726.

Alaçam, T. (2000). Endodonti. 2. Baskı, Ankara: Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi, S.:583-606, S.:495-532.

Alhilou, A., Beddis, H. P., Mighell, A. J., & Durey, K. (2018). Dentin dysplasia: diagnostic challenges. *Case Reports*, *2018*, bcr-2017.

Amato, M., Scaravilli, M. S., Farella, M., & Riccitiello, F. (2006). Bleaching teeth treated endodontically: long-term evaluation of a case series. *Journal of endodontics*, *32*(4), 376-378.

Amin, S. A. W., & Gawdat, S. I. (2017). Dislodgement resistance of Biodentine and mineral trioxide aggregate as coronal barriers for revascularizing teeth after simulated "Walking bleach" technique: An ex-vivo study. *ENDO (Lond Engl)*, *11*(1), 31-39.

Anitua, E., Zabalegui, B., Gil, J., & Gascon, F. (1990). Internal bleaching of severe tetracycline discolorations: four-year clinical evaluation. *Quintessence International*, *21*(10).

Ardu, S., Braut, V., Gutemberg, D., Krejci, I., Dietschi, D., & Feilzer, A. J. (2010). A long-term laboratory test on staining susceptibility of esthetic composite resin materials. *Quintessence International*, *41*(8).

Arı, H., & Üngör, M. (2002). In vitro comparison of different types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discoloured teeth. *International Endodontic Journal*, *35*(5), 433-436.

Aschheim, K. W. (2014). *Esthetic dentistry: a clinical approach to techniques and materials*. Elsevier Health Sciences.

Atmeh, A. R., Chong, E. Z., Richard, G., Boyde, A., Festy, F., & Watson, T. F. (2015). Calcium silicate cement-induced remineralisation of totally demineralised dentine in comparison with glass ionomer cement: tetracycline labelling and two-photon fluorescence microscopy. *Journal of microscopy*, *257*(2), 151-160.

Attin, T., Paque, F., Ajam, F., & Lennon, A. M. (2003). Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. *International endodontic journal*, *36*(5), 313-329.

Aydın, Ö. C., Toksoy Topçu, F. U. L. Y. A., Tunca, Y. M., & Aslanalp, V. (2006). Devital diş ağartmasında kullanılan farklı servikal bariyer materyallerin sızdırmazlığının değerlendirilmesi. *Gülhane Tıp Dergisi*, *48*(1), 34-36.

Barakah, R., & Alwakeel, R. (2019). Non-vital Endo Treated Tooth Bleaching with Sodium Perborate. *Current Health Sciences Journal*, *45*(3), 329.

Baratieri, L. N., Ritter, A. V., Monteiro Jr, S., Caldeira de Andrada, M. A., & Cardoso Vieira, L. C. (1995). Nonvital tooth bleaching: guidelines for the clinician. *Quintessence International*, *26*(9).

Bartlett Dw (2001). Bleaching Discoloured Teeth. Dental Update.28(1):14-8.

Basting, R. T., Rodrigues, A. L., & Serra, M. C. (2005). The effect of 10% carbamide peroxide, carbopol and/or glycerin on enamel and dentin microhardness. *Operatıve Dentıstry-Unıversıty Of Washıngton-*, *30*(5), 608.

Bayne, S. C., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (1994). Update on dental composite restorations. *Journal of the American Dental Association (1939)*, *125*(6), 687-701.

Belobrov, I., & Parashos, P. (2011). Treatment of tooth discoloration after the use of white mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, *37*(7), 1017-1020.

Benetti, A. R., Valera, M. C., Mancini, M. N. G., Miranda, C. B., & Balducci, I. (2004). In vitro penetration of bleaching agents into the pulp chamber. *International endodontic journal*, *37*(2), 120-124.

Biodentin bilimsel katalog, S. (2010). Biodentine. *Saint-Maur-Des-Fosses Cedex, France: R&D Department*, (01). Retrieved from https://www.septodontusa.com/sites/default/files/2016-07/Biodentine-CaseStudies.pdf.

Bizhang, M., Heiden, A., Blunck, U., Zimmer, S., Seemann, R., & Roulet, J. F. (2003). Intracoronal bleaching of discolored non-vital teeth. *Operatıve Dentıstry-Unıversıty Of Washıngton-*, *28*(4), 334-340.

Boutsioukis, C., Noula, G., & Lambrianidis, T. (2008). Ex vivo study of the efficiency of two techniques for the removal of mineral trioxide aggregate used as a root canal filling material. *Journal of endodontics*, *34*(10), 1239-1242.

Brown, G. (1965). Factors influencing successful bleaching of the discolored root-filled tooth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, *20*(2), 238-244.

Bulut, H., Turkun, M., & Kaya, A. D. (2006). Effect of an antioxidizing agent on the shear bond strength of brackets bonded to bleached human enamel. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *129*(2), 266-272.

Camps, J., de Franceschi, H., Idir, F., Roland, C., & About, I. (2007). Time-course diffusion of hydrogen peroxide through human dentin: clinical significance for young tooth internal bleaching. *Journal of endodontics*, *33*(4), 455–459.

Can H. Dislerin Agartilmasi (Bleaching) (2012). In: Alaçam T, Editor. Endodonti. Ankara: Özyurt Matbaacılık. P: 947-82.

Canoglu, E., Gulsahi, K., Sahin, C., Altundasar, E., & Cehreli, Z. C. (2012). Effect of bleaching agents on sealing properties of different intraorifice barriers and root filling materials. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, *17*(4), e710.

Cappelletto Nogueira Teixeira, É., Takeo Hara, A., & Campos Serra, M. (2004). Use of 37% carbamide peroxide in the walking bleach technique: A case report. *Quintessence international*, *35*(2).

Carlsson, J., Salıvary, C. (1987). An İmportant Part Of Our Defence Against Oxygen Toxicity. *J. Oral. Pathol.*,**16:**412-416.

Carrasco, L. D., Fröner, I. C., Corona, S. A. M., & Pécora, J. D. (2003). Effect of internal bleaching agents on dentinal permeability of non-vital teeth: quantitative assessment. *Dental traumatology*, *19*(2), 85-89.

Carrasco, L. D., Pécora, J. D., & Fröner, I. C. (2004). In vitro assessment of dentinal permeability after the use of ultrasonic-activated irrigants in the pulp chamber before internal dental bleaching. *Dental Traumatology*, *20*(3), 164-168.

Casey, L. J., Schindler, W. G., Murata, S. M., & Burgess, J. O. (1989). The use of dentinal etching with endodontic bleaching procedures. *Journal of Endodontics*, *15*(11), 535-538.

Chen, J. H., Xu, J. W., & Shing, C. X. (1993). Decomposition rate of hydrogen peroxide bleaching agents under various chemical and physical conditions. *The Journal of prosthetic dentistry*, *69*(1), 46-48.

Chen, S. J., Karabucak, B., Steffen, J. J., Yu, Y. H., & Kohli, M. R. (2020). Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by tricalcium silicate cements in the presence of blood. *Journal of Endodontics*, *46*(12), 1913-1919.

Chng, H. K., Yap, A. U. J., Wattanapayungkul, P., & Sim, C. P. C. (2004). Effect of traditional and alternative intracoronal bleaching agents on microhardness of human dentine. *Journal of oral rehabilitation*, *31*(8), 811-816.

Ciftci, V., Kılavuz, S., Bulut, F. D., Mungan, H. N., Bisgin, A., & Dogan, M. C. (2019). Congenital erythropoietic porphyria with erythrodontia: A case report. *International Journal of Paediatric Dentistry*, *29*(4), 542-548.

Cooper, J. S., Bokmeyer, T. J., & Bowles, W. H. (1992). Penetration of the pulp chamber by carbamide peroxide bleaching agents. *Journal of Endodontics*, *18*(7), 315-317.

Çalışkan, M. K. (2006). Endodontide Tanı ve Tedaviler. 1. Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri,s.:793-828.

Da Silva Pobbe, P. D. O., Viapiana, R., Souza-Gabriel, A. E., Marchesan, M. A., Sousa-Neto, M. D., Silva-Sousa, Y. T. C., & Silva, R. G. (2008). Coronal resistance to fracture of endodontically treated teeth submitted to light-activated bleaching. *journal of dentistry*, *36*(11), 935-939.

Dabas, D., Patil, A. C., & Uppin, V. M. (2011). Evaluation of the effect of concentration and duration of application of sodium ascorbate hydrogel on the bond strength of composite resin to bleached enamel. *Journal of conservative dentistry: JCD*, *14*(4), 356.

Dayan, D., Heıfferman, A., Gorskı, M., Begleıter, A. (1983). Tooth Discoloration: İntrinsic And Extrinsic Factors. *Quintessence Int*., **2**:195-199.

De Oliveira, L. D., Carvalho, C. A. T., Hilgert, E., Bondioli, I. R., De Araújo, M. A. M., & Valera, M. C. (2003). Sealing evaluation of the cervical base in intracoronal bleaching. *Dental traumatology*, *19*(6), 309-313.

De Souza-Zaroni, W. C., Lopes, E. B., Ciccone-Nogueira, J. C., & Silva, R. C. S. (2009). Clinical comparison between the bleaching efficacy of 37% peroxide carbamide gel mixed with sodium perborate with established intracoronal bleaching agent. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, *107*(2), e43-e47.

Demarco, F. F., Freitas, J. M., Silva, M. P., & Justino, L. M. (2001). Microleakage in endodontically treated teeth: influence of calcium hydroxide dressing following bleaching. *International endodontic journal*, *34*(7), 495-500.

Ellıngsen, J.E., Erıksen, H.M., Rollo, G. (1982). Extrinsic Dental Stain Caused By Stanous Flourid. *Scand. J. Dent. Res*., **90**:9-13.

Faiez, N., Muawia, A., & Qudeimat, A. S. (1999). Al-Rimawi. Dental Discolouration: An Overview. *J Esthet Restor Dent*, *11*(6), 291-310.

Farawati, F. A., Hsu, S. M., O'Neill, E., Neal, D., Clark, A., & Esquivel-Upshaw, J. (2019). Effect of carbamide peroxide bleaching on enamel characteristics and susceptibility to further discoloration. *The Journal of prosthetic dentistry*, *121*(2), 340-346.

Fasanaro, T. S. (1992). Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *4*(3), 71-78.

Faunce, F. (1983). Management of discolored teeth. *Dental Clinics of North America*, *27*(4), 657-670.

Feiglin, B. (1987). A 6-year recall study of clinically chemically bleached teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, *63*(5), 610-613.

Feinman, R. A., Madray, G., & Yarborough, D. (1991). Chemical, optical, and physiologic mechanisms of bleaching products: a review. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD*, *3*(2), 32-36.

Feiz, A., Mosleh, H., & Nazeri, R. (2017). Evaluating the effect of antioxidant agents on shear bond strength of tooth-colored restorative materials after bleaching: a systematic review. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, *71*, 156-164.

Ferris, D. M., & Baumgartner, J. C. (2004). Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, *30*(6), 422-424.

Floresa, A. R., Eb, G. S., & Barcelóc, F. (1999). Metallic bracket to enamel bonding with a photopolymerizable resin-reinforced glass ionomer. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, *116*(5), 514-517.

Freccia, W. F., Peters, D. D., Lorton, L., & Bernier, W. E. (1981). *An In Vitro Comparison of Non-Vital Bleaching Techniques in the Discolored Tooth*. Army Inst Of Dental Research Washıngton Dc.

Frysh, H. (1995). Chemistry Of Bleaching. In Goldstein, R.E. And Garber, D.A., Eds. Complete Dental Bleaching, Quintessence Book, Chicago, p:25-32.

Fundaoğlu Küçükekenci, F., Çakici, F., & Küçükekenci, A. S. (2019). Spectrophotometric analysis of discoloration and internal bleaching after use of different antibiotic pastes. *Clinical Oral Investigations*, *23*(1), 161-167.

Fuss, Z., Szajkis, S., & Tagger, M. (1989). Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents. *Journal of endodontics*, *15*(8), 362-364.

Galvan Jr, R. R., West, L. A., Liewehr, F. R., & Pashley, D. H. (2002). Coronal microleakage of five materials used to create an intracoronal seal in endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics*, *28*(2), 59-61.

Garg, N., Garg, A. (2007). Textbook Of Endodontics. 1th Ed., New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers, P.: 386-398.

Glockner, K., Hulla, H., Ebeleseder, K., & Städtler, P. (1999). Five-year follow-up of internal bleaching. *Braz Dent J*, *10*(2), 105-10.

Gold, S. I. (1983). Early origins of hydrogen peroxide use in oral hygiene. A historical note. *Journal of periodontology*, *54*(4), 247.

Gordon G. Disinfectant Residual Measurement Methods, 2nd ed. Awwarf: Denver,1992:90528.

Gökay, O., Müjdeci, A., & Algin, E. (2005). In vitro peroxide penetration into the pulp chamber from newer bleaching products. *International Endodontic Journal*, *38*(8), 516-520.

Gökay, O., Zıraman, F., Çalı Asal, A., & Saka, O. M. (2008). Radicular peroxide penetration from carbamide peroxide gels during intracoronal bleaching. *International Endodontic Journal*, *41*(7), 556-560.

Greenwall, L. (2001). A brief history of tooth bleaching. In *Bleaching Techniques in Restorative Dentistry* (pp. 24-30;p.: 88-115,;p.:31-60). CRC Press.

Gu, L. S., Wei, X., & Ling, J. Q. (2020). Etiology, diagnosis, prevention and treatment of dental fluorosis. *Zhonghua kou qiang yi xue za zhi= Zhonghua kouqiang yixue zazhi= Chinese journal of stomatology*, *55*(5), 296-301.

Gurgan, S. E. V. İ. L., Bolay, S., & Alacam, R. (1996). Antibacterial activity of 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Journal of endodontics*, *22*(7), 356-357.

Gutiérrez, J. H., & Guzmán, M. (1968). Tooth discoloration in endodontic procedures. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, *26*(5), 706-711.

Gutmann, J. L. (1992). The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, *67*(4), 458-467.

Gutmann, J. L., & Wıtherspoon, D. E. (2002). Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In: *Pathways of the Pulp*, Ed.: S. Cohen, R.C. Burns, 8nd Ed., St Louis: Mosby,p.:293-364.

Hale, A. R. İ., Ozcan, E., & Yildirim, C. (2011). Farklı sodyum perborat tiplerinin endodontik olarak tedavi edilmiş ve kompozit ile restore edilmiş dişlerin kırılma direnci üzerine etkisi. *Cumhuriyet Dental Journal*, *11*(1), 5-9.

Halliwell, B., Clement, M. V., & Long, L. H. (2000). Hydrogen peroxide in the human body. *FEBS letters*, *486*(1), 10-13.

Hampson, E. L., & Atkinson, A. M. (1964). The relation between drugs used in root canal therapy and the permeability of the dentine. *Br Dent J*, *116*(12), 546-550.

Hardman, P. K., Moore, D. L., & Petteway, G. H. (1985). Stability of hydrogen peroxide as a bleaching agent. *General Dentistry*, *33*(2), 121-122.

Hargreaves, K. M. (2016). *Cohen's pathways of the pulp*. Elsevier. 16 Ed., Chapter 27, S: E-96, E-113.

Harrington, G. W., & Natkin, E. (1979). External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *Journal of Endodontics*, *5*(11), 344-348.

Harrison, J. W., & Hand, R. E. (1981). The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of endodontics*, *7*(3), 128-132.

Haywood, V. B. (1989). Nightguard vital bleaching. *Quintessence int*, *20*, 173-176.

Heithersay, G. S. (2016). Life cycles of traumatized teeth: long-term observations from a cohort of dental trauma victims. *Australian dental journal*, *61*, 120-127.Heithersay,

G. S. (1999). Invasive cervical resorption: an analysis of potential predisposing factors. *Quintessence international*, *30*(2).

Heller, D., Skriber, J., & Lin, L. M. (1992). Effect of intracoronal bleaching on external cervical root resorption. *Journal of endodontics*, *18*(4), 145-148.

Heran, J., Khalid, S., Albaaj, F., Tomson, P. L., & Camilleri, J. (2019). The single cone obturation technique with a modified warm filler. *Journal of dentistry*, *89*, 103181.

Hewlett, E. R., & Mount, G. J. (2003). Glass ionomers in contemporary restorative dentistry--a clinical update. *Journal of the California Dental Association*, *31*(6), 483-492.

Ho, S., & Goerig, A. C. (1989). An in vitro comparison of different bleaching agents in the discolored tooth. *Journal of Endodontics*, *15*(3), 106-111.

Holland, R., Souza, V. D., Nery, M. J., Faraco Júnior, I. M., Bernabé, P. F. E., Otoboni Filho, J. A., & Dezan Júnior, E. (2002). Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with a white mineral trioxide aggregate. *Brazilian Dental Journal*, 23-26.

Holmstrup, G., Palm, A. M., & Lambjerg-Hansen, H. (1988). Bleaching of discoloured root-filled teeth. *Dental Traumatology*, *4*(5), 197-201.

Horn, D. J., Hicks, M. L., & Bulan-Brady, J. (1998). Effect of smear layer removal on bleaching of human teeth in vitro. *Journal of Endodontics*, *24*(12), 791-795.

Hosoya, Y., Marshall, S. J., Watanabe, L. G., & Marshall, G. W. (2000). Microhardness of carious deciduous dentin. *Operative Dentistry*, *25*(2), 81-89.

Howell, R. A. (1980). Bleaching Discoloured Root-Filled Teeth. *Br Dent J.*, 148: 159-62.

Jefferies, S. R. (2014). Bioactive and biomimetic restorative materials: a comprehensive review. Part I. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, *26*(1), 14-26.

Jiang, T., Ma, X., Wang, Y., Zhu, Z., Tong, H., & Hu, J. (2007). Effects of hydrogen peroxide on human dentin structure. *Journal of dental research*, *86*(11), 1040-1045.

Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of dentistry*, *67*, S3-S10.

Joiner, A., Thakker, G., & Cooper, Y. (2004). Evaluation of a 6% hydrogen peroxide tooth whitening gel on enamel and dentine microhardness in vitro. *Journal of Dentistry*, *32*, 27-34.

Jordan, R. E. (1984). Conservative vital bleaching treatment of discolored dentition. *Compend Contin Educ Dent*, *5*, 803-808.

Kaneko, J., Inoue, S., Kawakami, S., & Sano, H. (2000). Bleaching effect of sodium percarbonate on discolored pulpless teeth in vitro. *Journal of Endodontics*, *26*(1), 25-28.

Kanık, Ö., & Türkün, L. Ş. (2016). Restoratif Cam iyonomer simanlarda güncel yaklaşımlar. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, *37*(2), 54-65.

Karring, T., Nyman, S., Lindhe, J., & Sirirat, M. (1984). Potentials for root resorption during periodontal wound healing. *Journal of clinical periodontology*, *11*(1), 41-52.

Karring, T., Nyman, S., Lindhe, J., & Sirirat, M. (1984). Potentials for root resorption during periodontal wound healing. *Journal of clinical periodontology*, *11*(1), 41-52.

Kasraei, S., Rezaei-Soufi, L., & Azarsina, M. (2010). The effect of a 16% carbamide peroxide gel on mercury and silver ion release from admixed and spherical dental amalgams. *J Contemp Dent Pract*, *11*(6), E009-E016.

Kaur, M., Singh, H., Dhillon, J. S., Batra, M., & Saini, M. (2017). MTA versus Biodentine: review of literature with a comparative analysis. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, *11*(8), ZG01.

Kehoe, J. C. (1987). pH reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth. *Journal of Endodontics*, *13*(1), 6-9.

Khoroushi, M., Feiz, A., & Khodamoradi, R. (2010). Fracture resistance of endodontically-treated teeth: effect of combination bleaching and an antioxidant. *Operative Dentistry*, *35*(5), 530-537.

Kishen, A. (2006). Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endodontic topics*, *13*(1), 57-83.

Koh, E. T., McDonald, F., Ford, T. R. P., & Torabinejad, M. (1998). Cellular response to mineral trioxide aggregate. *Journal of Endodontics*, *24*(8), 543-547.

Koh, E. T., Torabinejad, M., Pitt Ford, T. R., Brady, K., & McDonald, F. (1997). Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials*, *37*(3), 432-439.

Koh, E. T., Torabinejad, M., Pitt Ford, T. R., Brady, K., & McDonald, F. (1997). Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials*, *37*(3), 432-439.

Koh, E.T., McDonald, F., Pitt Ford, T.R. ve Torabinejad, M. (1998). Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. *Journal of Endodontics*, 24(8), 543-547.

Kooijman, M. M. D., & Brand, H. S. (2005). Oral aspects of porphyria. *International dental journal*, *55*(2), 61-66.

Koulaouzidou, E., Lambrianidis, T., Beltes, P., Lyroudia, K., & Papadopoulos, C. (1996). Role of cementoenamel junction on the radicular penetration of 30% hydrogen peroxide during intracoronal bleaching in vitro. *Dental Traumatology*, *12*(3), 146-150.

Kucukkaya Eren, S., Aksel, H. A. C. E. R., Uyanık, O., & Nagas, E. (2018). Effect of various bleaching agents on the surface composition and bond strength of a calcium silicate-based cement. *Operative Dentistry*, *43*(6), 613-618.

Kurosaki, N. (1970). Penetration of elements from amalgam into dentin. *Kokubyo Gakkai zasshi. The Journal of the Stomatological Society, Japan*, *37*(4), 387-397.

Kwon, S. R., & Wertz, P. W. (2015). Review of the mechanism of tooth whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *27*(5), 240-257.

Lambrianidis, T., Kapalas, A., & Mazinis, M. (2002). Effect of calcium hydroxide as a supplementary barrier in the radicular penetration of hydrogen peroxide during intracoronal bleaching in vitro. *International endodontic journal*, *35*(12), 985-990.

Langford, S. R. (1982). Root resorption extremes resulting from clinical RME. *American journal of Orthodontics*, *81*(5), 371-377.

Lee, G. P., Lee, M. Y., Lum, S. O. Y., Poh, R. S. C., & Lim, K. C. (2004). Extraradicular diffusion of hydrogen peroxide and pH changes associated with intracoronal bleaching of discoloured teeth using different bleaching agents. *International Endodontic Journal*, *37*(7), 500-506.

Lee, K. S., Kim, J. S., Lee, D. Y., Kim, R. J. Y., & Shin, J. H. (2015). In vitro microleakage of six different dental materials as intraorifice barriers in endodontically treated teeth. *Dental materials journal*, 2014-242.

Lee, S. J., Monsef, M., & Torabinejad, M. (1993). Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *Journal of endodontics*, *19*(11), 541-544.

Leonardo Rde T, Kuga MC, Guiotti FA, Andolfatto C, Faria-Junior NB, et al. Fracture resistance of teeth submitted to several internal bleaching protocols. J Contemp Dent Pract. 2014;15(2):186-9.

Lewinstein, I., Hirschfeld, Z., Stabholz, A., & Rotstein, I. (1994). Effect of hydrogen peroxide and sodium perborate on the microhardness of human enamel and dentin. *Journal of endodontics*, *20*(2), 61-63.

Lim, M. Y., Lum, S. O. Y., Poh, R. S. C., Lee, G. P., & Lim, K. C. (2004). An in vitro comparison of the bleaching efficacy of 35% carbamide peroxide with established intracoronal bleaching agents. *International Endodontic Journal*, *37*(7), 483-488.

Madhu, K. S., Hegde, S., Mathew, S., Lata, D. A., Bhandi, S. H., & Shruthi, N. (2013). Comparison of radicular peroxide leakage from four commonly used bleaching agents following intracoronal bleaching in endodontically treated teeth-An in vitro study. *Journal of International Oral Health: JIOH*, *5*(4), 49.

Madison, S., & Walton, R. (1990). Cervical root resorption following bleaching of endodontically treated teeth. *Journal of endodontics*, *16*(12), 570-574.

Magnusson, I., Claffey, N., Bogle, G., Garrett, S., & Egelberg, J. (1985). Root resorption following periodontal flap procedures in monkeys. *Journal of Periodontal Research*, *20*(1), 79-85.

Maneenut, C., Sakoolnamarka, R., & Tyas, M. J. (2010). The repair potential of resin-modified glass-ionomer cements. *Dental Materials*, *26*(7), 659-665.

Mankeliya, S., Singhal, R. K., Gupta, A., Jaiswal, N., Pathak, V. K., & Kushwah, A. (2021). A comparative evaluation of smear layer removal by using four different irrigation solutions like root canal irrigants: An in vitro SEM study. *J. Contemp. Dent. Pract*, *22*, 527-531.

Maroto, M., Barbería, E., Planells, P. A. L. O. M. A., & García-Godoy, F. (2005). Dentin bridge formation after mineral trioxide aggregate (MTA) pulpotomies in primary teeth. *American journal of dentistry*, *18*(3), 151.

Marshall, G. W., Yücel, N., Balooch, M., Kinney, J. H., Habelitz, S., & Marshall, S. J. (2001). Sodium hypochlorite alterations of dentin and dentin collagen. *Surface Science*, *491*(3), 444-455.

Maruo, I. T., Godoy-Bezerra, J., Saga, A. Y., Tanaka, O. M., Maruo, H., & Camargo, E. S. (2010). Effect of etching and light-curing time on the shear bond strength of a resin-modified glass ionomer cement. *Brazilian dental journal*, *21*, 533-537.

McCabe, P. (2015). Revascularization of an immature tooth with apical periodontitis using a single visit protocol: a case report. *International Endodontic Journal*, *48*(5), 484-497.

Naik, S., & Hegde, A. M. (2005). Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: an in vivo study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, *23*(1), 13.

Nathan, K. B., Nadig, R. R., Job, T. V., Nithin, P. V., Karthik, R., & Choudary, S. (2019). Radicular Peroxide Penetration from Different Concentrations of Carbamide Peroxide Gel during Intracoronal Bleaching-An In vitro Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, *20*(5), 587-592.

Nathoo, S., Stewart, B., Zhang, Y. P., Chaknis, P., Rustogi, K. N., DeVizio, W., ... & Volpe, A. R. (2002). Efficacy of a novel, nontray, paint-on 18% carbamide peroxide whitening gel. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, *23*(11 Suppl 1), 26-31.

Neelakantan, P., Sharma, S., Shemesh, H., & Wesselink, P. R. (2015). Influence of irrigation sequence on the adhesion of root canal sealers to dentin: a Fourier transform infrared spectroscopy and push-out bond strength analysis. *Journal of endodontics*, *41*(7), 1108-1111.

Newton, R., & Hayes, J. (2020). The association of external cervical resorption with modern internal bleaching protocols: what is the current evidence?. *British Dental Journal*, *228*(5), 333-337.

Niederman, R., Erguson, M., Rdaneta, R., Adovinac, R., Christie, D., Tantraphol, M., & Rasool, F. (1998). Evidence-based esthetic dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *10*(5), 229-234.

Noguera, A. P., & McDonald, N. J. (1990). A comparative in vitro coronal microleakage study of new endodontic restorative materials. *Journal of endodontics*, *16*(11), 523-527.

Nordbo, H., Erıksen, H.M., Rollo, G., Tramadol, A., Solheim, H. (1982). Iron Staining Of The Acquired Animal Pellicle After Exposure To Tannic Acid Or Chlorhexidine. *Scand. J. Dent.Res*., **90**:117-123.

Orhan, K., Jacobs, R., Celikten, B., Huang, Y., de Faria Vasconcelos, K., Nicolielo, L. F. P., ... & Van Dessel, J. (2018). Evaluation of threshold values for root canal filling voids in micro-CT and nano-CT images. *Scanning, 2018*.

Outhwaite, W. C., Livingston, M. J., & Pashley, D. H. (1976). Effects of changes in surface area, thickness, temperature and post-extraction time on human dentine permeability. *Archives of Oral Biology, 21*(10), 599-603.

Padsala, R. H. S. S. D., & Shetty, T. V. P. (2018). An Alternative Coronal Barrier in Treatment of Non-Vital Discoloured Maxillary Anterior Teeth: A Case Report.

Paixão, S., Rodrigues, C., Grenho, L., & Fernandes, M. H. (2022). Efficacy of sonic and ultrasonic activation during endodontic treatment: a Meta-analysis of in vitro studies. *Acta Odontologica Scandinavica*, 1-8.

Parirokh, M. ve Torabinejad, M. (2010b). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *Journal of Endodontics*, 36(3),400-413.

Parirokh, M., & Torabinejad, M. (2010). Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *Journal of endodontics, 36*(1), 16-27.

Parsons, J. R., Walton, R. E., & Ricks-Williamson, L. (2001). In vitro longitudinal assessment of coronal discoloration from endodontic sealers. *Journal of endodontics, 27*(11), 699-702.

Pashley, D. H., & Livingston, M. J. (1978). Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. *Archives of Oral Biology, 23*(5), 391-395.

Pashley, D. H., Kepler, E. E., Williams, E. C., & Okabe, A. (1983). The effects of acid etching on the in-vivo permeability of dentine in the dog. *Archives of oral biology, 28*(7), 555-559.

Pashley, D. H., Thompson, S. M., & Stewart, F. P. (1983). Dentin permeability: effects of temperature on hydraulic conductance. *Journal of dental research, 62*(9), 956-959.

Patel, S., Kanagasingam, S., & Pitt Ford, T. (2009). External cervical resorption: a review. *Journal of endodontics*, *35*(5), 616–625.

Perrine, G. A., Reichl, R. B., Baisden, M. K., & Hondrum, S. O. (2000). Comparison of 10% carbamide peroxide and sodium perborate for intracoronal bleaching. *General dentistry*, *48*(3), 264-270.

Plotino, G., Buono, L., Grande, N. M., Pameijer, C. H., & Somma, F. (2008). Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *Journal of endodontics*, *34*(4), 394-407.

Plotino, G., Colangeli, M., Özyürek, T. A. H. A., DeDeus, G., Panzetta, C., Castagnola, R., ... & Marigo, L. (2021). Evaluation of smear layer and debris removal by stepwise intraoperative activation (SIA) of sodium hypochlorite. *Clinical Oral Investigations*, *25*(1), 237-245.

Powell, L. V., & Bales, D. J. (1991). Tooth bleaching: its effect on oral tissues. *The Journal of the American Dental Association*, *122*(11), 50-54.

Ramezanali, F., Aryanezhad, S., Mohammadian, F., Dibaji, F., & Kharazifard, M. J. (2017). In vitro microleakage of mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture cement and biodentine intra-orifice barriers. *Iranian endodontic journal*, *12*(2), 211.

Rao, A., Rao, A. ve Shenoy, R. (2009). Mineral trioxide aggregate--a review. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 34(1), 1-7.

Roberson, T., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (2006). *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences.

Rodrigues, J. A., Marchi, G. M., Ambrosano, G. M., Heymann, H. O., & Pimenta, L. A. (2005). Microhardness evaluation of in situ vital bleaching on human dental enamel using a novel study design. *Dental Materials*, *21*(11), 1059-1067.

Rokaya, M. E., Beshr, K., Hashem Mahram, A., Samir Pedir, S., & Baroudi, K. (2015). Evaluation of extraradicular diffusion of hydrogen peroxide during intracoronal bleaching using different bleaching agents. *International journal of dentistry*, *2015*.

Rotstein, I. (2001). Intracoronal bleaching of non-vital teeth. In: Bleaching techniques in restorative dentistry, Ed.: L. Greenwall, 1st Ed., London, UK: Martin Dunitz Ltd.p.:159-172.

Rotstein, I. (2002). Tooth Discoloration And Bleaching. In: Endodontics. Ed.: J.I., Ingle, L.K., Bakland, 5th Ed. Hamilton, Ontario, Canada:Bc Decker Inc., p.:845-860.

Rotstein, I., Lı, Y. (2008). Tooth Discoloration And Bleaching. In: *Ingle's Endodontics*, Ed.: J. I. Ingle, K. Bakland, J. C. Baumgartner, 6th Ed., Hamilton:
Bc Decker Inc., P.: 1383-1399.

Rotstein, I., & Friedman, S. (1991). pH variation among materials used for intracoronal bleaching. *Journal of Endodontics*, *17*(8), 376-379.

Rotstein, I., Dankner, E., Goldman, A., Heling, I., Stabholz, A., & Zalkind, M. (1996). Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *Journal of endodontics*, *22*(1), 23-26.

Rotstein, I., Torek, Y., & Misgav, R. (1991). Effect of cementum defects on radicular penetration of 30% H2O2 during intracoronal bleaching. *Journal of Endodontics*, *17*(5), 230-233.

Rotstein, I., Zalkind, M., Mor, C., Tarabeah, A., & Friedman, S. (1991). In vitro efficacy of sodium perborate preparations used for intracoronal bleaching of discolored non-vital teeth. *Dental Traumatology*, *7*(4), 177-180.

Rotstein, I., Zyskind, D., Lewinstein, I., & Bamberger, N. (1992). Effect of different protective base materials on hydrogen peroxide leakage during intracoronal bleaching in vitro. *Journal of endodontics*, *18*(3), 114-117.

Sanghavi, T., Shah, N., & Shah, R. R. (2013). Comparative Analysis Of Sealing Ability Of Biodentin And Calcium Phosphate Cement Against Mineral Trioxide Aggregate (Mta) As A Furcal Perforation Repair Material (An In Vitro Study). *National journal of integrated research in medicine*, *4*(3).

Santos, R. L. D., Pithon, M. M., Vaitsman, D. S., Araújo, M. T. D. S., Souza, M. M. G. D., & Nojima, M. G. D. C. (2010). Long-term fluoride release from resin-reinforced orthodontic cements following recharge with fluoride solution. *Brazilian Dental Journal*, *21*, 98-103.

Schroeder, H. E., & Scherle, W. F. (1988). Cemento-enamel junction–revisited. Journal of periodontal research, 23(1), 53-59.

Schuh, C. M., Benso, B., & Aguayo, S. (2019). Potential novel strategies for the treatment of dental pulp-derived pain: pharmacological approaches and beyond. *Frontiers in Pharmacology*, *10*, 1068.

Setien, V. J., Roshan, S., & Nelson, P. W. (2008). Clinical management of discolored teeth. *General dentistry*, *56*(3), 294-300.

Settembrini, L., Gultz, J., Kaim, J., & Scherer, W. (1997). A technique for bleaching nonvital teeth: inside/outside bleaching. *Journal of the American Dental Association (1939)*, *128*(9), 1283-1284.

Shabahang, S., Torabinejad, M., Boyne, P. P., Abedi, H., & McMillan, P. (1999). A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *Journal of endodontics*, *25*(1), 1-5.

Shahroom, N. S. B., Mani, G., & Ramakrishnan, M. (2019). Interventions in management of dental fluorosis, an endemic disease: A systematic review. *Journal of family medicine and primary care*, *8*(10), 3108.

Shannon, H., Spencer, P., Gross, K., & Tira, D. (1993). Characterization of enamel exposed to 10% carbamide peroxide bleaching agents. *Quintessence international*, *24*(1).

Silva, E. J. N. L., Rover, G., Belladonna, F. G., De-Deus, G., da Silveira Teixeira, C., & da Silva Fidalgo, T. K. (2018). Impact of contracted endodontic cavities on fracture resistance of endodontically treated teeth: a systematic review of in vitro studies. *Clinical oral investigations*, *22*(1), 109-118.

Smith, J. J., Cunningham, C. J., & Montgomery, S. (1992). Cervical canal leakage after internal bleaching procedures. *Journal of Endodontics*, *18*(10), 476-481.

Stewart, G. G. (1965). Bleaching discolored pulpless teeth. *The Journal of the American Dental Association*, *70*(2), 325-328.

Stowe, T. J., Sedgley, C. M., Stowe, B., & Fenno, J. C. (2004). The effects of chlorhexidine gluconate (0.12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, *30*(6), 429-431.

Sulieman, M. A. (2008). An overview of tooth-bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontology 2000*, *48*(1), 148-169.

Sulieman, M., Addy, M., MacDonald, E., & Rees, J. S. (2004). The effect of hydrogen peroxide concentration on the outcome of tooth whitening: an in vitro study. *Journal of dentistry*, *32*(4), 295-299.

Sundfeld, R. H., Sundfeld-Neto, D., Machado, L. S., Franco, L. M., Fagundes, T. C., & Briso, A. L. F. (2014). Microabrasion in tooth enamel discoloration defects: three cases with long-term follow-ups. *Journal of Applied Oral Science*, *22*, 347-354.

Surapipongpuntr, P., Duangcharee, W., Kwangsamai, S., & Ekka, A. (2008). Effect of root canal irrigants on cervical dentine permeability to hydrogen peroxide. *International endodontic journal*, *41*(10), 821-827.

Şişmanoğlu, S. (2020). Bleaching of nonvital teeth: a review. *Aurum Journal of Health Sciences*, *2*(2), 91-114.

Tanalp, J., Karapinar-Kazandag, M., Ersev, H., & Bayirli, G. (2012). The status of mineral trioxide aggregate in endodontics education in dental schools in Turkey. *Journal of Dental Education*, *76*(6), 752-758.

Teja, K. V., Janani, K., Alqahtani, A. A., Robaian, A., Alhalabi, F., Merdad, K. A., ... & Srivastava, K. C. (2022). Herbal Agents versus Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid on Removal of the Smear Layer—A Systematic Review of In Vitro Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(11), 6870.

Thurman, R. G., Ley, H. G., & Scholz, R. (1972). Hepatic microsomal ethanol oxidation: hydrogen peroxide formation and the role of catalase. *European Journal of Biochemistry*, *25*(3), 420-430.

Titley, K. C., Torneck, C. D., & Ruse, N. D. (1992). The effect of carbamide-peroxide gel on the shear bond strength of a microfil resin to bovine enamel. *Journal of dental research*, *71*(1), 20-24.

Tong, L. S. M., Pang, M. K. M., Mok, N. Y. C., King, N. M., & Wei, S. H. Y. (1993). The effects of etching, micro-abrasion, and bleaching on surface enamel. *Journal of dental research*, *72*(1), 67-71.

Torabinejad, M., & Chivian, N. (1999). Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *Journal of endodontics*, *25*(3), 197-205.

Torabinejad, M., Ford, T. R. P., McKendry, D. J., Abedi, H. R., Miller, D. A., & Kariyawasam, S. P. (1997). Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *Journal of Endodontics*, *23*(4), 225-228.

Torabinejad, M., Hong, C. U., McDonald, F., & Ford, T. P. (1995). Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *Journal of endodontics*, *21*(7), 349-353.

Traviglia, A., Re, D., De Micheli, L., Bianchi, A. E., & Coraini, C. (2019). *Speed bleaching: The importance of temporary filling with hermetic sealing* (Doctoral dissertation, University of Milan).

Tredwin, C. J., Scully, C., & Bagan-Sebastian, J. V. (2005). Drug-induced disorders of teeth. *Journal of dental research*, *84*(7), 596-602.

Trope ,M. (1997). Cervical root resorption. *J Am Dent Assoc*., **128**:56-59.

Tselnik, M., Baumgartner, J. C., & Marshall, J. G. (2004). Bacterial leakage with mineral trioxide aggregate or a resin-modified glass ionomer used as a coronal barrier. *Journal of Endodontics*, *30*(11), 782-784.

Van der Burgt, T. P., & Plasschaert, A. J. M. (1985). Tooth discoloration induced by dental materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, *60*(6), 666-669.

Waerhaug, M., Gjermo, P., RØ oslla, G., & Johansen, J. R. (1984). Comparison of the effect of chlorhexidine and CuSO4 on plaque formation and development of gingivitis. *Journal of clinical periodontology*, *11*(3), 176-180.

Walsh, L. J. (2000). Safety issues relating to the use of hydrogen peroxide in dentistry. *Australian dental journal*, *45*(4), 257-269.

Walton, R. E., Torabınejad, M. (1989). Principles and practice of endodontics Philadelphia:WB Saunders, p.:385-397.

Wang, J. D., & Hume, W. R. (1988). Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentine. *International Endodontic Journal*, *21*(1), 17-26.

Warnsinck Cj. External Cervical Root Resorption. Nederlands Tijdschrift Voor Tandheelkunde. 2018;125(02):109-15.

Watson, T. F., Atmeh, A. R., Sajini, S., Cook, R. J., & Festy, F. (2014). Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. *Dental Materials*, *30*(1), 50-61.

Watts, A. M., & Addy, M. (2001). Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British dental journal*, *190*(6).

Wei, S. H., & Ingram, M. J. (1969). Analyses of the amalgam-tooth interface using the electron microprobe. *Journal of Dental Research*, *48*(2), 317-320.

Weiger, R., Kuhn, A., & Löst, C. (1994). In vitro comparison of various types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discolored teeth. *Journal of Endodontics*, *20*(7), 338-341.

Weiger, R., Kuhn, A., & Löst, C. (1994). Radicular penetration of hydrogen peroxide during intra-coronal bleaching with various forms of sodium perborate. *International endodontic journal*, *27*(6), 313-317.

White, D. J., Kozak, K. M., Zoladz, J. R., Duschner, H., & Götz, H. (2002). Peroxide interactions with hard tissues: effects on surface hardness and surface/subsurface ultrastructural properties. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*, *23*(1A), 42-8.

Widerman, F. H., Eames, W. B., & Serene, T. P. (1971). The physical and biologic properties of Cavit. *The Journal of the American Dental Association*, *82*(2), 378-382.

Wilson, A. D. (1972). A new translucent cement for dentistry: the glass-ionomer cement. *Br Dent J*, *132*, 133-135.Wu, M. K., Kontakiotis, E. G., & Wesselink, P. R. (1998). Long-term seal provided by some root-end filling materials. Journal of Endodontics, 24(8), (s.557–560).

Witkop Jr, C. J. (1988). Amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta and dentin dysplasia revisited: problems in classification. *Journal of Oral Pathology & Medicine*, *17*(9-10), 547-553.

Woolverton, C. J., Haywood, V. B., & Heymann, H. O. (1993). Toxicity of two carbamide peroxide products used in nightguard vital bleaching. *American journal of dentistry*, *6*(6), 310-314.

Wu, M. K., Kontakiotis, E. G., & Wesselink, P. R. (1998). Long-term seal provided by some root-end filling materials. *Journal of endodontics*, *24*(8), 557-560.

Yamanel, K., & Çağlar, A. (2011). Diş renklenme sebepleri ve diş beyazlatma yöntemlerinin değerlendirilmesi (derleme). *Süleyman Demirel Üniv Diş Hek Fak Derg*, *3*(1), 47-59.

Yasa, B., Arslan, H., Akcay, M., Kavrik, F., Hatirli, H., & Ozkan, B. (2015). Comparison of bleaching efficacy of two bleaching agents on teeth discoloured by different antibiotic combinations used in revascularization. *Clinical oral investigations*, *19*(6), 1437-1442.

Yavari, H., Samiei, M., Eskandarinezhad, M., Shahi, S., Aghazadeh, M., & Pasvey, Y. (2012). An in vitro comparison of coronal microleakage of three orifice barriers filling materials. *Iranian endodontic journal*, *7*(3), 156.

Yui, K. C. K., Rodrigues, J. R., Mancini, M. N. G., Balducci, I., & Gonçalves, S. E. P. (2008). Ex vivo evaluation of the effectiveness of bleaching agents on the shade alteration of blood-stained teeth. *International endodontic journal*, *41*(6), 485-492.

Zancan, R. F., Di Maio, A., Tomson, P. L., Duarte, M. A. H., & Camilleri, J. (2021). The presence of smear layer affects the antimicrobial action of root canal sealers. *International Endodontic Journal*, *54*(8), 1369-1382.

Zarean, P., Zarean, P., Ravaghi, A., Zare Jahromi, M., & Sadrameli, M. (2020). Comparison of MTA, CEM cement, and Biodentine as coronal plug during internal bleaching: an in vitro study. *International Journal of Dentistry*, *2020*.

Zarenejad, N., Asgary, S., Ramazani, N., Haghshenas, M. R., Rafiei, A., & Ramazani, M. (2015). Coronal microleakage of three different dental biomaterials as intra-orifice barrier during nonvital bleaching. *Dental Research Journal*, *12*(6), 581.

Ziemba, S. L., Felix, H., MacDonald, J., & Ward, M. (2005). Clinical evaluation of a novel dental whitening lamp and light-catalyzed peroxide gel. *The Journal of clinical dentistry*, *16*(4), 123-127.

Zimmerli, B., Jeger, F., & Lussi, A. (2010). Bleaching of nonvital teeth. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, *120*(4), 306-13.

Zoya, A., Tewari, R. K., Mishra, S. K., Faisal, S. M., Ali, S., Kumar, A., & Moin, S. (2019). Sodium percarbonate as a novel intracoronal bleaching agent: assessment of the associated risk of cervical root resorption. *International endodontic journal*, *52*(5), 701-708.

EKLER

Ek 1.

Etik Kurul Raporu

YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 26.11.2020
Toplantı No : 2020/85
Proje No :1208

Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi öğretim üyelerinden Yrd. Doç. Dr. Fatma Kermeoğlu'nun sorumlu araştırmacısı olduğu, YDU/2020/85-1208 proje numaralı ve **"Devital beyazlatma uygulanmış dişlerde kullanılan farklı kanal ağzı bariyer materyallerinin servikal bölgeye penetrasyonunun karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi"** başlıklı proje önerisi kurulumuzca online toplantıda değerlendirilmiş olup, etik olarak uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Rüştü Onur

Yakın Doğu Üniversitesi

Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

Ek 2.

Yayın

Sakalli *et al. BMC Oral Health* (2022) 22:266
https://doi.org/10.1186/s12903-022-02300-4

BMC Oral Health

RESEARCH Open Access

Evaluation of the penetration of intracoronal bleaching agents into the cervical region using different intraorifice barriers

Bugce Sakalli[1*], Fatma Basmaci[1] and Ozlem Dalmizrak[2]

Abstract

Background: The present study aimed to make a comparison between the effects of 35% hydrogen peroxide gel (HP) and sodium perborate with distilled water (SP) bleaching agents on the sealing characteristics of glass ionomer cement (GIC), TheraBase, ProRoot MTA and Biodentine intraorifice barriers.

Methods: One hundred and twelve single-rooted mandibular human premolar teeth extracted from young patients (14–25 years) were chosen. Root cement and cementoenamel junction (CEJ) of teeth were examined under a stereomicroscope at 10 × magnification to ensure there was no cement defect or dentin gap in CEJ. After the endodontic access cavities were opened on the occlusal surfaces of the teeth, the working length was determined. Instrumentation of each root canal was performed with a ProTaper Gold rotary system in the determined working length and filled with gutta-percha + AH Plus with a single cone technique using. Root fillings were removed 3 mm short of the CEJ and sealed with one of the following intraorifice barrier materials (n = 30/group): 1. GIC; 2. TheraBase; 3. ProRoot-MTA; 4. Biodentine. In each of the sub-groups, either HP or SP was used to perform intracoronal bleaching on days 1, 4, and 7. All outer surfaces of the specimens except the 3 mm cervical region were covered with nail polish and modeling wax layers. Specimens were immersed in a 5 ml Eppendorf tube that contained 2 mL of distilled water. The penetration of peroxide release was measured using the colorimetric ferric thiocyanate method. Statistical analysis of the data was performed with Three-way ANOVA and Tukey's test ($P = 0.05$).

Results: In the HP groups, GIC showed the greatest peroxide release when compared with other tested groups on day 1 ($P < 0.05$). Biodentine and ProRoot MTA displayed a significantly lower peroxide leakage when compared to GIC and TheraBase on days 1 and 4 ($P < 0.05$). While GIC and TheraBase were used, HP observed higher peroxide penetration when compared with SP on days 1 and 4 ($P < 0.05$).

Conclusions: Peroxide diffusion was significantly influenced by the kind of intracoronal bleaching agents and intraorifice barrier materials used.

Keywords: Hydrogen peroxide, Intracoronal bleaching, Peroxide leakage, Silicate cement, Monosodium perborate tetrahydrate, Therabase

Background

Discoloration of the teeth occurs due to several extrinsic, local and systemic intrinsic factors or as a result of a combination of these factors. Some of the important causes of non-vital tooth discoloration are local intrinsic factors such as trauma, intrapulpal hemorrhage,

*Correspondence: bugce.sakalli@neu.edu.tr

[1] Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Near East University, Near East Boulevard, Mersin 10, Turkey
Full list of author information is available at the end of the article

BMC

© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

insufficient removal of the pulp tissue, endodontic materials, post endodontic restorative materials, and root resorption. Especially in anterior teeth, discoloration is strongly associated with esthetic inadequacy. For this purpose, intracoronal bleaching is an effective, safe, and non-invasive procedure among various techniques such as crowns, veneers, or composite resins to improve the esthetic competence of endodontically treated discolored teeth. Intracoronal bleaching using either the thermocatalytic technique, the walking bleach technique or a combination of both [1]. Walking bleach is a commonly preferred intracoronal bleaching method for whitening discolored teeth [2].

Hydrogen peroxide (HP) and sodium perborate (SP) are frequently-used bleaching agents that are used to whiten a discolored tooth. HP is commonly applied directly with a concentration of 30–35% or formed as a result of a chemical reaction of SP. SP is either used with a mixture of distilled water or a combination of HP, which improves the capability of its bleaching effect [3].

Although intracoronal bleaching procedures are conservative, the use of bleaching agents has resulted in complications related to invasive cervical resorption (ICR). Since the mechanism of intracoronal bleaching-induced ICR is not yet fully understood, it is hypothesized that diffusion of bleaching agent into periodontal tissues initiates the inflammatory reaction following the bacterial invasion [2, 4, 5]. HP, due to its low molecular weight and high oxidative power, penetrates easily from the pulp chamber through the dentine tubules to the cervical region. Penetration of HP ions can cause cervical resorption as it provides an acidic pH environment that is optimal for the onset of osteoclastic activity [6]. Furthermore, other complications associated with the use of HP have been reported as increased permeability of dentin, changes in the chemical structure of dentin, and general weakening of the physical properties of dental hard tissue [3, 7]. Thus, to prevent irreversible damage to dental hard and soft tissues in the cervical region, penetration should be limited as possible. This has led to the search for alternative agents that have the same level of effectiveness as conventional approaches but do not have related complications. SP represents a potentially safer alternative for intracoronal bleaching.

The protective barrier material is essential to cover the coronal third of the root canal to prevent or reduce the diffusion of peroxide from bleaching agents into the pulp chamber to the cervical region [1, 8]. Until now, various materials have been recommended for use as a coronal barrier material to prevent peroxide leakage during the intracoronal whitening process, including cavit, amalgam, intermediate restorative material, super-ethoxy benzoic acid (Super-EBA), composite resin, calcium-enriched mixture cement (CEM cement), glass-ionomer cement (GIC), mineral trioxide aggregate (MTA), and Biodentine [9, 10]. GIC has largely been preferred as a coronal barrier material for the coronal leakage of bleaching agents [11].

Recently, calcium silicate-based cements have been employed in endodontic treatment procedures due to their high marginal adaptation, biocompatibility, and ability to allow favorable seal properties [12]. Moreover, these materials are indicated for use in a root-end filling material, pulp capping, apexification, perforation repair, regenerative endodontic procedures, and coronal barrier material [13].

Mineral trioxide aggregate (MTA) is suitable for use as a coronal barrier material to prevent cervical root resorption due to its high marginal adaptability, high concentrations of calcium hydroxide, and resistance to microleakage. However, MTA has some drawbacks such as lack of solubility, long setting time, poor handling, tooth discoloration, and difficulty in removal [14–16].

Biodentine is a compound cement used as a coronal barrier material due to its dentin remineralizing properties, dentin-like mechanical properties, easy use and handling, short setting time, resistance to leakage and non-toxicity. According to the manufacturer, the indications and clinical features are similar to MTA cement with improvements in physical qualities and handling [17–20]. TheraBase is a novel coronal barrier material that is a dual-cure calcium and fluoride-releasing, self-adhesive base-liner. To the best of our knowledge, there are no reported laboratory and clinical studies about the sealing ability of TheraBase during the intracoronal bleaching process [21].

The current research was aimed at evaluating the effects of different frequently-used bleaching agents on the sealing characteristics of various intraorifice barriers. The study tested the two-fold null hypothesis that the type of (1) bleaching agent or (2) intraorifice barrier material does not affect the peroxide penetration.

Methods

Tooth selection

G*Power 3.1 software (Heinrich Heine University, Dusseldorf, Germany) was employed to estimate the size of the sample. Accordingly, for the analysis with an alpha-type error of 0.05 and 80% power, it was determined that the size of the sample should be 10 teeth for each group.

The study protocol was approved by the ethics committee of Near East University Health Sciences Ethics Committee (Approval number: YDU-2020/85-1208). The study was conducted in accordance with all the provisions of the World Medical Association Declaration of Helsinki. All methods, involving human participants,

were performed in line with the relevant guidelines and regulations of Near East University Health Sciences Ethics Committee. One hundred and twenty single-rooted human mandibular premolars from young patients (14–25 years) were used, the extraction of which had been performed due to periodontal and orthodontic factors. A written informed consent was obtained from all patients and/or their parents in the case of children under 16. Teeth were examined under a microscope at 10 × magnification to ensure there were no cavities, cracks, or restorations. Teeth with more than one canal, anatomical canal variation, resorption, calcification, and apical curvature after buccolingual and mesiodistal examination of specimens on periapical radiographs were not included in this study. Soft and hard tissue residues on the root surfaces were cleaned with ultrasonic tips and stored in a saline solution at room temperature until the experiments were performed.

Specimen preparation

Traditional endodontic access cavities were opened on the occlusal surfaces of the tooth using 2 mm diameter round and fissure burs (Komet Italia Srl, Milan, Italy) with a high-speed water-cooled. The root canal lengths were measured using a #10 K-file by retracting 1 mm from the root. Instrumentation of the root canals was performed using Protaper Gold rotary files (F3, Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) with an endodontic motor (X-Smart Plus, Dentsply Maillefer). Irrigation of the root canals was conducted by applying 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl) between every file. Final irrigation protocols were as follows: 5.25% NaOCl, 17% ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) (Cerkamed Medical), and saline solution. After drying the root canals by using paper points, gutta-percha was used to fill the root canals (Dentsply, Maillefer, Ballaigues, Switzerland) and AH Plus sealer (Dentsply De Trey, Konstanz, Deutschland). Access cavities were covered with a temporary filling (Dent-a-Cav, Barmstedt, Germany). Each apical end of the tooth was sealed with composite resin. An incubator was used to store the specimens at 35 °C and 100% humidity for 24 h. Following obturation procedures, root fillings were removed 3 mm short of the cementoenamel junction (CEJ) by using a low-speed post drill (LuxaPost; DMG, Hamburg, Germany) with a diameter of 1.5 mm to create space for intraorifice barrier materials.

Division of the specimen into twelve main groups was performed on a random basis (n = 10). The teeth were separated into two different groups (n = 40) with respect to the bleaching agents: HP (35% Hydrogen peroxide gel, Opalescence Endo, Ultradent, South Jordan, UT, USA) and SP (Sodium perborate tetrahydrate powder, Merck, KGaA). The bleaching agent groups were separated into four subgroups with respect to the intraorifice barrier material (n = 10): GIC (Ionoseal, Voco GmbH, Germany); TheraBase (Bisco IncSchaumburg, IL, USA); ProRoot-MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA) and Biodentine (Septodont, France). The remaining specimens were divided into four control subgroups (intraorifice barrier materials + distilled water) (n = 10).

The canal orifice of each specimen was filled with the intraorifice barrier materials with a 3 mm thick layer in line with the guidelines of the manufacturer. After the intraorifice barrier materials had been placed, all specimens were kept in an incubator at a temperature of 35 °C and humidity 100% for three days to permit the complete setting of the materials.

Bleaching process

HP is a ready-to-use bleaching agent in a syringe containing 1.2 ml gel and needle tip. According to the manufacturer's instructions, it approximately 0.03 ml HP was applied to the pulp chamber at with the help of special needle tips. SP is consisted of powder and liquid form. It was mixed in a ratio of 2 g of powder to 1 ml distilled water on the glass slab with spatula to obtain a consistency of wet sand ratio. The mixture was then placed in to the pulp chamber with the aid of an amalgam carrier. After their application to the pulp chamber, top of the bleaching agents were covered with Teflon tape and temporary filling material (Dent-a-Cav, Barmstedt, Germany) was placed over the access cavity. The bleaching materials in all groups were not renewed throughout the experiment at 7 days. In the control group, cotton pellets were wetted with distilled water and placed into the pulp chamber. All outer surfaces of the specimens except the 3 mm cervical region were covered with nail polish and modeling wax layers (BMS Dental, Italy). Specimens were immersed in a 5 ml Eppendorf tube that contained 2 mL of distilled water by micropipette and then kept in an incubator at 35 °C and 100% humidity (Fig. 1).

Peroxide penetration analysis

Peroxide penetration was quantified by the colorimetric ferric thiocyanate method [22]. This method relies on the oxidation of ferrous iron (Fe^{2+}) to ferric iron (Fe^{3+}) in the presence of hydrogen peroxide. Ferric iron then reacts with ammonium thiocyanate to form ferric thiocyanate, a red-orange colored complex that can be measured at 480 nm. The absorbance is directly proportional to the hydrogen peroxide concentration. Briefly, 0.142 gr. of ammonium iron (II) sulfate (AFG Bioscience LLC) was dissolved in 50 µL of distilled water to obtain 10 mM solution. Similarly, 2.5 M ammonium thiocyanate (Riedel–de Haen) was prepared by dissolving 9.515 gr. in 50 µL of distilled water. Standard hydrogen peroxide

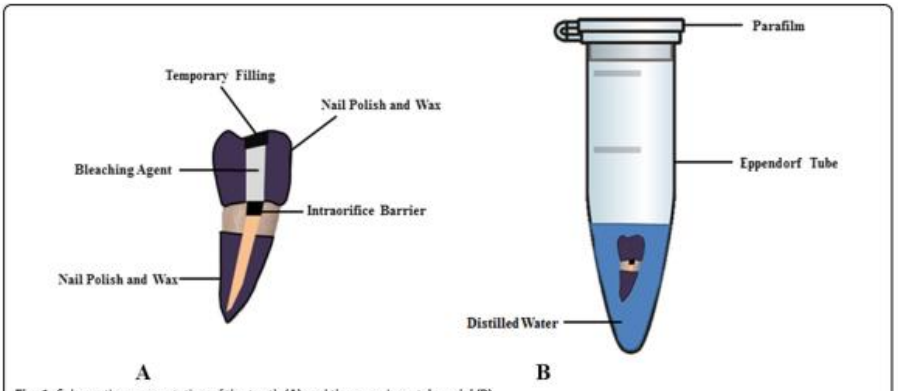


Fig. 1 Schematic representation of the tooth **(A)** and the experimental model **(B)**

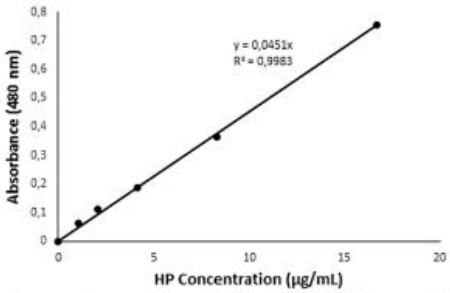
solutions were prepared by diluting stock (30%) hydrogen peroxide solution (Merck, KGaA) to yield final concentrations of 1.04 µg/mL, 2.08 µg/mL, 4.17 µg/mL, 8.33 µg/mL and 16.67 µg/mL. Two hundred µL of standard or sample was mixed with 54 µL of 10 mM ammonium iron (II) sulfate and 27 µL of 2.5 M ammonium thiocyanate in 96 well plates at room temperature and the absorbances were measured at 480 nm by using a VersaMax Spectrophotometer (Molecular Devices, Microplate Reader, USA). All measurements were made in triplicates and average absorbance values were used in graphs and calculations. A standard calibration curve was plotted by using the absorbances and concentrations of standard solutions. The concentration of hydrogen peroxide within the samples was then ascertained by making a calculation using the equation provided from the calibration curve (Fig. 2). After each analysis, samples were replenished with 2 ml of distilled water.

Statistical analysis

Data analysis was performed using three-way ANOVA along with Tukey's multiple comparison test. Computer software was used for the statistical analyses (Jamovi version 1.6; https://www.jamovi.org) ($\alpha = 0.05$).

Results

Both intracoronal bleaching agents demonstrated peroxide release to the outer surface of the cervical region. The mean ± standard deviation values of the extraradicular



[HP] ug/ml	Absorbance (480 nm)
1,04	0,061
2,08	0,111
4,17	0,187
8,33	0,364
16,67	0,756

B

Fig. 2 A representative spectrophotometric calibration curve for HP concentration **(A)** and data points for the calibration curve **(B)**

peroxide leakage from the experimental and control groups on days 1, 4, and 7 are presented in Tables 1 and 2.

In the HP groups, GIC showed the greatest peroxide release when compared with the other examined groups ($P<0.05$). There were no statistically significant differences among Biodentine and ProRoot MTA ($P>0.05$); however, these intraorifice barriers displayed a significantly lower peroxide leakage when compared to GIC and TheraBase on the 1st and 4th days ($P<0.05$). On the 1st day, TheraBase had significantly lower peroxide diffusion than GIC ($P<0.05$).

In both SP and control groups, significant differences were not detected between all intraorifice barriers on days 1, 4, and 7 ($P>0.05$).

A comparison of the mean peroxide release values within both experimental groups demonstrated that the kind of intraorifice barrier used had a significant effect on the release of peroxide ($P<0.05$). Accordingly, when Biodentine and ProRoot MTA were used, HP and SP bleaching agents showed statistically similar peroxide leakage on days 1, 4, and 7 ($P>0.05$). However, while GIC and TheraBase were used, HP observed higher peroxide

Table 1 Mean and standard deviation values of peroxide diffusion (µg/mL) for each experimental group (n = 10). Pairwise comparisons are given with respect to intraorifice barrier (Factor 1) and time frame (Factor 2) for each bleaching agent and control

Groups		Mean ± SD		
Bleaching agent	**Barrier**	**Day 1**	**Day 4**	**Day 7**
Hydrogen Peroxide (HP)	Biodentine	0.325 ± 0.042^{Aa}	0.188 ± 0.069^{Aa}	0.106 ± 0.049^{Aa}
	GIC	1.324 ± 0.292^{Ab}	0.515 ± 0.226^{Bb}	0.103 ± 0.037^{Ca}
	ProRoot MTA	0.391 ± 0.218^{Aa}	0.224 ± 0.055^{ABa}	0.112 ± 0.027^{Ba}
	TheraBase	0.819 ± 0.358^{Ac}	0.565 ± 0.261^{Bb}	0.136 ± 0.023^{Ca}
Sodium Perborate (SP)	Biodentine	0.312 ± 0.142^{Aa}	0.191 ± 0.056^{Aa}	0.094 ± 0.015^{Aa}
	GIC	0.434 ± 0.136^{Aa}	0.235 ± 0.104^{ABa}	0.079 ± 0.010^{Ba}
	ProRoot MTA	0.277 ± 0.097^{Aa}	0.187 ± 0.027^{Aa}	0.073 ± 0.041^{Aa}
	TheraBase	0.369 ± 0.194^{Aa}	0.247 ± 0.048^{ABa}	0.080 ± 0.011^{Ba}
Control (Water)	Biodentine	0.034 ± 0.015^{Aa}	0.026 ± 0.010^{Aa}	0.018 ± 0.005^{Aa}
	GIC	0.039 ± 0.013^{Aa}	0.026 ± 0.007^{Aa}	0.021 ± 0.005^{Aa}
	ProRoot MTA	0.048 ± 0.018^{Aa}	0.030 ± 0.005^{Aa}	0.026 ± 0.006^{Aa}
	TheraBase	0.045 ± 0.020^{Aa}	0.028 ± 0.009^{Aa}	0.027 ± 0.006^{Aa}

Means sharing a superscript letter are not significantly different ($p>0.05$)

Uppercase letters compare means in each row (day factor)

Lowercase letters compare means in each column (intraorifice barrier factor) for each bleaching agent and control

Table 2 Pairwise comparisons with respect to bleaching agent (Factor 3) for each intraorifice barrier and each time frame

Groups		Mean ± SD		
Barrier	**Bleaching agent**	**Day 1**	**Day 4**	**Day 7**
Biodentine	HP	0.325 ± 0.042^{a}	0.188 ± 0.069^{a}	0.106 ± 0.049^{a}
	SP	0.312 ± 0.142^{a}	0.191 ± 0.056^{a}	0.094 ± 0.015^{a}
	WATER	0.034 ± 0.015^{b}	0.026 ± 0.010^{a}	0.018 ± 0.005^{a}
GIC	HP	1.324 ± 0.292^{a}	0.515 ± 0.226^{a}	0.103 ± 0.037^{a}
	SP	0.434 ± 0.136^{b}	0.235 ± 0.104^{b}	0.079 ± 0.010^{a}
	WATER	0.039 ± 0.013^{c}	0.026 ± 0.007^{b}	0.021 ± 0.005^{a}
ProRoot MTA	HP	0.391 ± 0.218^{a}	0.224 ± 0.055^{a}	0.112 ± 0.027^{a}
	SP	0.277 ± 0.097^{ab}	0.187 ± 0.027^{a}	0.073 ± 0.041^{a}
	WATER	0.048 ± 0.018^{b}	0.030 ± 0.005^{a}	0.026 ± 0.006^{a}
TheraBase	HP	0.819 ± 0.358^{a}	0.565 ± 0.261^{a}	0.136 ± 0.023^{a}
	SP	0.369 ± 0.194^{b}	0.247 ± 0.048^{b}	0.080 ± 0.011^{a}
	WATER	0.045 ± 0.020^{c}	0.028 ± 0.009^{b}	0.027 ± 0.006^{a}

Means sharing the same lower script letter are not significantly different ($p>0.05$)

Lowercase letters compare means in each column (bleaching agent factor) for each intraorifice barrier for each day

penetration when compared with SP on the 1st and 4th days ($P < 0.05$).

On day 7, there were no significant differences in terms of the leakage of peroxide between the different groups ($P > 0.05$).

Discussion

In the literature, different periods of peroxide penetration have been reported [22–24]. The current study examined peroxide penetration levels on days 1, 4, and 7. It has been recommended that to achieve successful aesthetic results in the walking bleach method, bleaching agents should be necessarily renewed at intervals of 3–7 days. According to Fick's second law, although the structure of dentin can allow the diffusion of peroxide, the concentration of peroxide is equal on both dentin sides, and diffusion stops. This expresses the reason for renewing bleaching agents [25].

To obtain the peroxide penetration levels, various methods can be used such as pH changes [26], titration, colorimetric analysis as well as the usage of horseradish peroxidase [27]. In this study, the colorimetric ferric thiocyanate technique was employed due to its simplicity and its frequent use among researchers for analyzing peroxide penetration [22, 28–31].

In the current research, single-rooted mandibular premolars of young patients that had been atraumatically extracted due to orthodontic factors (14–25 years) were used. One of the reasons for preferring these teeth is that they can be found easily in addition to the fact that previous studies have also used similar teeth on peroxide diffusion [30, 32, 33]. Additionally, variations in the relationship and the type of the CEJ are associated with radicular peroxide penetration. Moreover, several researchers have detected that dentine was not exposed to CEJ in premolar teeth, in comparison to others [28, 30].

In the current research, distilled water was used to completely immerse the teeth. However, in earlier studies, this was not performed [28]. As a result of several pilot studies of the present study, the lack of leakage from the coronal and apical roots indicated that it was well covered. Thus, it is clear that the method has an appropriate standardization of peroxide penetration through the CEJ.

The results of this study demonstrated peroxide releases to the outer surface of the cervical region in all experimental groups tested. According to an in vivo study, HP levels below 20 µmol/L (0.68 µg/mL) are considered safe and it is cytotoxic to most living cells when exceeding 50 µmol/L (1.7 µg/mL) [34]. The levels of HP diffused in this study were below this cytotoxic level for all tested groups.

The first null hypothesis was rejected. Our findings revealed that HP showed significantly greater peroxide penetration against the SP in GIC and TheraBase groups on the 1st and 4th days ($P < 0.05$). Previous studies also reported that HP showed the greatest peroxide leakage in contrast to SP when GIC was used as an intraorifice barrier [30, 32, 35, 36]. HP is the main intracoronal bleaching agent, which is a thermally unstable free radical with reduced molecular weight. Thus, it is capable of diffusing through the enamel and dentin to the extraradicular region. Additionally, high amounts of peroxide penetration can be associated with the concentration and liquid form of HP. These could be reasons for the highest diffusion of HP. SP is an intracoronal bleaching agent when it is dry; however, when acid, warm, or air are present, it is broken down into sodium metaborate, hydrogen peroxide, and nascent oxygen. According to these properties, mixing SP with water represents the safest option for use as an intracoronal bleaching agent when compared with HP [1, 24].

Despite previous studies reporting controversial results, it is not yet well understood which intraorifice barrier material is more appropriate to use for endodontically treated teeth. Although several studies have investigated the sealing ability and microleakage of Biodentine and ProRoot MTA, the results are controversial [37–41]. However, no study has compared the amount of peroxide leakage of intracoronal bleaching agents while Biodentine and ProRoot MTA are used as a coronal barrier. We found similar peroxide penetration when Biodentine and ProRoot MTA were used as an intraorifice barrier in the present study ($P > 0.05$).

According to the findings of this study, the greatest peroxide penetration was determined in the HP + GIC group on day 1. The differences between the GIC and TheraBase intraorifice barriers on days 4 and 7 in all groups were not statistically significant. However, these intraorifice barrier materials displayed a significantly higher peroxide diffusion when compared with Biodentine and ProRoot MTA on days 1 and 4 in the HP group. It can be concluded that the intraorifice barrier materials affect the peroxide penetration, leading to rejection of the second null hypothesis. The findings of this study support a previous study, indicating that the leakage of peroxide from GIC was higher than ProRoot MTA on day 1 in both HP and SP groups [33]. The reasons for these results could be related to the formation of the Biodentine and ProRoot MTA which contain hydroxyl apatite at the material-dentine interface. After mixing liquid and powder, these two formulations create small-sized non-structured hydrate gels, which could have a greater ability to reach gaps and diffuse and fit into the dentinal tubules as the

dentin surface is wettened [42]. To the best of our knowledge, there is no existing study in the literature about TheraBase.

Despite the promising results regarding the leakage of peroxide from different intracoronal bleaching agents and intraorifice barriers, it should be kept in mind that, due to many inherent drawbacks, in vitro studies cannot precisely simulate in vivo conditions. Therefore, further in vivo studies are necessary to investigate peroxide penetrations of intracoronal bleaching agents from different intraorifice barriers before being recommended for clinical use.

Conclusion

Based on our results, within the limitations, it was realized that in all experimental groups, although the sealing ability of the intraorifice barrier did not prevent the peroxide leakage entirely, it was reduced. In conclusion, the diffusion of peroxide was significantly affected by the kind of intracoronal bleaching agents and intraorifice barriers used.

Abbreviations

HP: Hydrogen peroxide; SP: Sodium perborate; GIC: Glass ionomer cement; MTA: Mineral trioxide aggregate; ICR: Invasive cervical resorption; CEM: Calcium-enriched mixture; NaOCl: Sodium hypochlorite; EDTA: Etilendiamin tetraasetic acid; CEJ: Cemento enamel junction; Super-EBA: Super-ethoxy benzoic acid; mM: Millimolar; µL: Microliter; M: Molarity; nm: Nanometer; ml: Mililiter.

Acknowledgements

The authors are grateful to Assoc. Prof. Dr. Ozgur IRMAK who provided help with the data analysis of this study.

Author contributions

BS designed the study, administrated the project, performed the experiments, analysed the data and contributed writing the manuscript. FB designed the study, analysed the data and contributed writing the manuscript. OD performed the experiments, analysed the data and contributed writing the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Funding

No specific funding was obtained for this study.

Availability of data and materials

The datasets used and/or analysed during the current study available from the corresponding author on reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

The study protocol was approved by the ethics committee of Near East University Health Sciences Ethics Committee (approval number: YDU-2020/85-1208). The study was conducted in accordance with all the provisions of the World Medical Association Declaration of Helsinki. All methods, involving human participants, were performed in line with the relevant guidelines and regulations of Near East University Health Sciences Ethics Committee.

Consent to participate

A written informed consent was obtained from all patients and/or their parents in the case of children under 16.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

[1]Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Near East University, Near East Boulevard, Mersin 10, Turkey. [2]Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, Near East University, Mersin 10, Turkey.

Received: 22 April 2022 Accepted: 24 June 2022
Published online: 30 June 2022

References

1. Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Non Vital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. J Endod. 2008;34:394–407.
2. Attin T, Paque F, Ajam F, Lennon AM. Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique. Int Endod J. 2003;36:313–29.
3. De Souza-Zaroni WC, Lopes EB, Ciccone-Nogueira JC, Silva RCS. Clinical comparison between the bleaching efficacy of 37% peroxide carbamide gel mixed with sodium perborate with established intracoronal bleaching agent. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;107:e43–7.
4. Harrington GW, Natkin E. External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. J Endod. 1979;5:344–8.
5. Newton R, Hayes J. The association of external cervical resorption with modern internal bleaching protocols: what is the current evidence? Br Dent J. 2020;228:333–7.
6. Patel S, Kanagasingam S, Pitt FT. External cervical resorption: a review. J Endod. 2009;35:616–25.
7. Chng HK, Yap AUJ, Wattanapayungkul P, Sim CPC. Effect of traditional and alternative intracoronal bleaching agents on microhardness of human dentine. J Oral Rehabil. 2004;31:811–6.
8. Chen SJ, Karabucak B, Steffen JJ, Yu YH, Kohli MR. Spectrophotometric analysis of coronal tooth discoloration induced by tricalcium silicate cements in the presence of blood. J Endod. 2020;46:1913–9.
9. Vosoughhosseini S, Lotfi M, Shahmoradi K, Saghiri MA, Zand V, et al. Microleakage comparison of glass-ionomer and white mineral trioxide aggregate used as a coronal barrier in non vital bleaching. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2011;1(16):e1017–21.
10. Rotstein I, Zyskind D, Lewinstein I, Bamberger N. Effect of different protective base materials on hydrogen peroxide leakage during intracoronal bleaching in vitro. J Endod. 1992;18:114–7.
11. Zarenejad N, Asgary S, Ramazani N, Haghshenas MR, Rafiei A, et al. Coronal microleakage of three different dental biomaterials as intra-orifice barrier during nonvital bleaching. Dent Res J (Isfahan). 2015;12:581–8.
12. McCabe P. Revascularization of an immature tooth with apical periodontitis using a single visit protocol: a case report. Int Endod J. 2015;48:484–97.
13. 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. J Clin Pediatr Dent. 2021;45:112–6.
14. 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;20:163.
15. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview - part II: other clinical applications and complications. Int Endod J. 2018;51:284–317.
16. Han L, Okiji T. Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. Int Endod J. 2013;46:808–14.
17. Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Razmi H, et al. Bioactivity of EndoSequence root repair material and bioaggregate. Int Endod J. 2012;45:1127–34.
18. Zhou HM, Shen Y, Wang ZJ, et al. In vitro cytotoxicity evaluation of a novel root repair material. J Endod. 2013;39:478–83.

19. 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;21:330.
20. Domingos Pires M, Cordeiro J, Vasconcelos L. Effect of different manipulations on the physical, chemical and microstructural characteristics of Biodentine. Dent Mater. 2021;37:e399–406.
21. https://www.bisco.com/therabase-/
22. Thurman RG, Ley HG, Scholz R. Hepatic microsomal ethanol oxidation. Hydrogen peroxide formation and the role of catalase. Eur J Biochem. 1972;25:420–30.
23. Benetti AR, Valera MC, Mancini MNG, Miranda CB, Balducci I. In vitro penetration of bleaching agents into the pulp chamber. Int Endod J. 2004;37:120–4.
24. Lambrianidis T, Kapalas A, Mazinis M. Effect of calcium hydroxide as a supplementary barrier in the radicular penetration of hydrogen peroxide during intracoronal bleaching in vitro. Int Endod J. 2002;35:985–90.
25. Camps J, De Franceschi H, Idir F, Roland C, About I. Time-course diffusion of hydrogen peroxide through human dentin: clinical significance for young tooth internal bleaching. J Endod. 2007;33:455–9.
26. Kehoe JC. pH reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth. J Endod. 1987;13:6–9.
27. Gordon G. Disinfectant residual measurement methods. 2nd ed. Denver: Awwarf; 1992. p. 90528.
28. Gökay O, Ziraman F, Çalı Asal A, Saka OM. Radicular peroxide penetration from carbamide peroxide gels during intracoronal bleaching. Int Endod J. 2008;41:556–60.
29. Rotstein I, Torek Y, Misgav R. Effect of cementum defects on radicular penetration of 30% H2O2 during intracoronal bleaching. J Endod. 1991;17:230–3.
30. Zoya A, Tewari RK, Mishra SK, Faisal SM, Ali S, Kumar A, Moin S. Sodium percarbonate as a novel intracoronal bleaching agent: assessment of the associated risk of cervical root resorption. Int Endod J. 2019;52:701–8.
31. Lee GP, Lee MY, Lum SOY, Poh RSC, Lim KC. Extraradicular diffusion of hydrogen peroxide and pH changes associated with intracoronal bleaching of discolored teeth using different bleaching agents. Int Endod J. 2004;37:500–6.
32. Rokaya ME, Beshr K, Hashem Mahram A, Samir Pedir S, Baroudi K. Evaluation of extraradicular diffusion of hydrogen peroxide during intracoronal bleaching using different bleaching agents. Int J Dent. 2015;2015:493795.
33. Canoglu E, Gulsahi K, Sahin C, Altundasar E, Cehreli ZC. Effect of bleaching agents on sealing properties of different intraorifice barriers and root filling materials. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2012;17:e710.
34. Halliwell B, Clement MV, Long LH. Hydrogen peroxide in the human body. FEBS Lett. 2000;486:10–3.
35. Madhu KS, Hegde S, Mathew S, Lata DA, Bhandi SH. Comparison of radicular peroxide leakage from four commonly used bleaching agents following intracoronal bleaching in endodontically treated teeth-an in vitro study. J Int Oral Health. 2013;5:49.
36. Sharma D, Sharma S, Natu SM, Chandra S. An in vitro evaluation of radicular penetration of hydrogen peroxide from bleaching agents during intra-coronal tooth bleaching with an insight of biologic response. J Clin Pediatr Dent. 2011;35:289–94.
37. Yavari H, Samiei M, Eskandarinezhad M, Shahi S, Aghazadeh M, et al. An in vitro comparison of coronal microleakage of three orifice barriers filling materials. Iran Endod J. 2012;7:156–60.
38. Lee KS, Kim JS, Lee DY, Kim RJY, Shin JH. In vitro microleakage of six different dental materials as intraorifice barriers in endodontically treated teeth. Dent Mater J. 2015;34:425–31.
39. Bhullar KK, Malhotra S, Nain R, Bedi H, Bhullar RS, et al. Comparative evaluation of intraorifice sealing ability of different materials in endodontically treated teeth: an in vitro study. J Int Clin Dent Res Organ. 2019;11:14–9.
40. Soundappan S, Sundaramurthy JL, Raghu S, Natanasabapathy V. Biodentine versus mineral trioxide aggregate versus intermediate restorative material for retrograde root end filling: an invitro study. J Dent (Tehran). 2014;11:143–9.
41. Sanghavi T, Shah N, Shah RR. Comparative analysis of sealing ability of BiodentinTM and calcium phosphate cement against mineral trioxide aggregate (MTA) as a furcal perforation repair material (An in vitro study). Natl J Integr Res Med. 2013;4:56–9.
42. Ramezanali F, Aryanezhad S, Mohammadian F, Dibaji F, Kharazifard MJ. In vitro microleakage of mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture cement and biodentine intra-orifice barriers. Iran Endod J. 2017;12:211–5.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

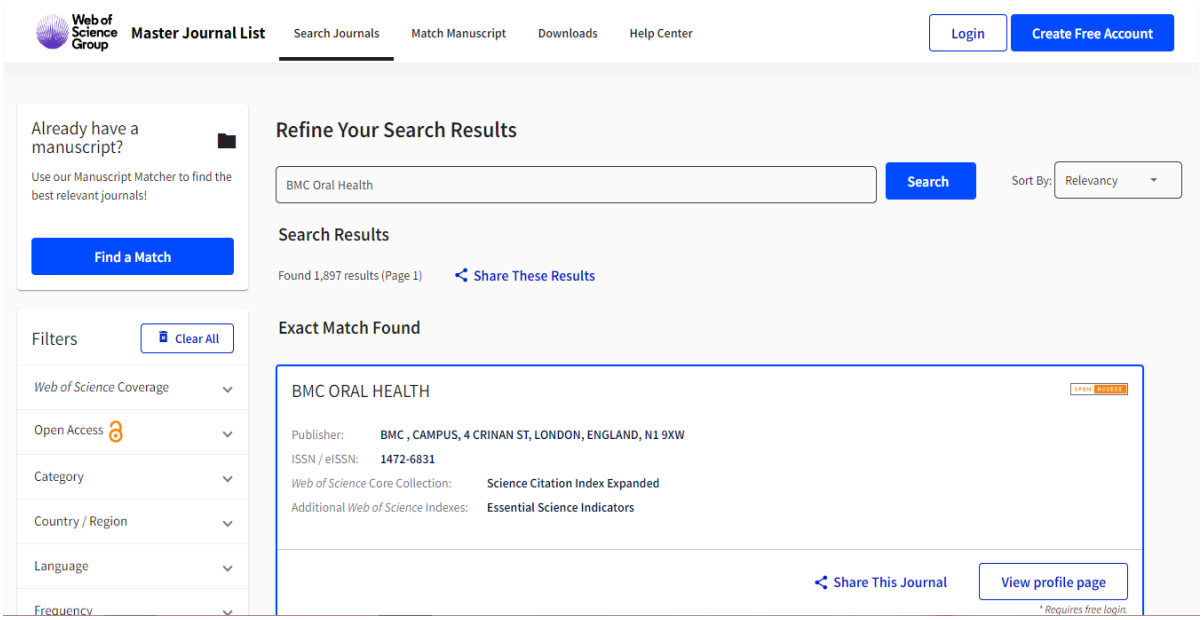
Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions

BMC


Web of Science Group
Master Journal List
Search Journals
Match Manuscript
Downloads
Help Center
Login
Create Free Account
Already have a manuscript?
Use our Manuscript Matcher to find the best relevant journals!
Find a Match
Refine Your Search Results
BMC Oral Health
Search
Sort By: Relevancy
Search Results
Found 1,897 results (Page 1)
Share These Results
Filters
Clear All
Web of Science Coverage
Open Access
Category
Country / Region
Language
Frequency
Exact Match Found
BMC ORAL HEALTH
Publisher: BMC , CAMPUS, 4 CRINAN ST, LONDON, ENGLAND, N1 9XW
ISSN / eISSN: 1472-6831
Web of Science Core Collection: Science Citation Index Expanded
Additional Web of Science Indexes: Essential Science Indicators
Share This Journal
View profile page
* Requires free login.

Ek 3.

İntihal Raporu

Farklı Kanal Ağzı Bariyer Materyalleri Kullanılarak İntrakoronal Beyazlatma Ajanlarının Servikal Bölgeye Penetrasyonunun Değerlendirilmesi

ORİJİNALLİK RAPORU

%14	%14	%2	%2
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikarsiv.ankara.edu.tr İnternet Kaynağı	%7
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%3
3	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	%1
4	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	<%1
5	docs.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	Submitted to Eskisehir Osmangazi University Öğrenci Ödevi	<%1
7	bmcoralhealth.biomedcentral.com İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to Ondokuz Mayıs Universitesi Öğrenci Ödevi	<%1
	docplayer.biz.tr	

9	İnternet Kaynağı	<%1
10	issuu.com İnternet Kaynağı	<%1
11	www.selcukmedj.org İnternet Kaynağı	<%1
12	www.turkiyeklinikleri.com İnternet Kaynağı	<%1
13	ATALAYIN, Çiğdem, DEMİRHAN, Ali Osman, YAŞA, Bilal and TÜRKÜN, L Şebnem. "Prefabrik ve Direkt Kompozit Rezinlerdeki Renk Değişimleri Diş Fırçalaması ile Giderilebilir mi?", Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, 2018. Yayın	<%1
14	Submitted to Ege Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<%1
15	Submitted to Istanbul University Öğrenci Ödevi	<%1
16	acikerisim.akdeniz.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
17	tr-m.iliveok.com İnternet Kaynağı	<%1
18	ŞİŞMANOĞLU, Soner, GÜMÜŞTAŞ, Burak and EFES, GÜRAY Begüm. "Vıtal dış beyazlatması	<%1

öncesinde florıd veya ozon uygulanmasının yüzey pürüzlülüğü üzerıne etkısı", İstanbul Üniversitesi, 2013.
Yayın

19	dspace.gazi.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
20	GÜNEŞER, Mehmet Burak, ÖZDEMİR, Seyit Bilal, ARSLAN, Dilara and DİNÇER, Asiye Nur. "Farklı yüzey aktif maddeleri ilave edilmiş EDTA solüsyonlarının epoksi rezin içerikli kanal patının dentine bağlanma dayanımı üzerine etkisi: ex vivo", Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, 2017. Yayın	<%1
21	ALTUNBAŞ, Demet, KAYA, Betül, ARSLAN, Dilara, ZAN, Recai, KUŞTARCI, Alper and AKPINAR, Kerem Engin. "Üç farklı kök kanal dolgu tekniğinin apikal sızıntı miktarlarının boya penetrasyon yöntemiyle incelenmesi", Gülhane Askeri Tıp Akademisi, 2012. Yayın	<%1
22	YILDIRIM, Ayşegül Tola. "Endodontik tedavi görmüş dişlerde farklı kanal patı ve doldurma tekniğinin vertical kök kırığı direnci üzerine etkisinin kaldırılması", Türkiye Sağlık ve Tedavi Vakfı, 2014. Yayın	<%1

acikerisim.bartin.edu.tr:8080

23	İnternet Kaynağı	<%1
24	dergipark.ulakbim.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
25	dspace.trakya.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
26	www.dent.ege.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
27	www.scribd.com İnternet Kaynağı	<%1
28	adu.dergisi.org İnternet Kaynağı	<%1
29	pdfs.semanticscholar.org İnternet Kaynağı	<%1

Alıntıları çıkart	Kapat	Eşleşmeleri çıkar	Kapat
Bibliyografyayı Çıkart	Kapat		

Özgeçmiş

Adı	Buğçe	Soyadı	SAKALLI
Doğum Yeri	Lefkoşa	Doğum Tarihi	03/11/1995
Uyruğu	KKTC	Tel	+905338547754
Email	bugce.sakalli@neu.edu.tr		

Eğitim Düzeyi	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2018
Lise	Türk Maarif Koleji	2013

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Araştırma Görevlisi	Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2018-Halen

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma Becerisi
MICROSOFT Office Programları	Çok İyi

Yayınlar

1. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Sakalli, B., Basmaci, F., & Dalmizrak, O. (2022). Evaluation of the penetration of intracoronal bleaching agents into the cervical region using different intraorifice barriers. *BMC oral health*, *22*(1), 266.