



Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental_v011i20012



Kalsiyum Silikat Esaslı Kanal Patları Kök Kanallarından Uzaklaştırılabilir mi?

Is It Possible to Retreat Calcium Silicate-Based Sealers?

Didem Yüce^{1*}, İpek Öreroğlu²

ÖZET

Son yıllarda geliştirilen ve popüler hale gelen kalsiyum silikat esaslı kanal patları; biyouyumlu olmaları, biyoaktif özelliklerinin olması, uygulama kolaylığı vb. özellikleri sebebi ile gütta-perka ile birlikte kök kanal dolgularında kullanılmaya başlanmıştır. Primer endodontik tedavilerde bu kanal patlarının kullanımının yaygınlaşmasıyla, kök kanal tedavisinin tekrarını gerektiren durumlarda nasıl bir yol haritası çizileceği sorusunu akla getirmektedir. Bu derlemede kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının genel özellikleri dentinle olan bağlantıları ve gütta-perka ile olan bağlantısı incelenmiştir. Ayrıca kalsiyum silikat esaslı patların kök kanallarından uzaklaştırılmaları esnasında farklı yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar incelenerek, kök kanal tedavisi tekrarını gerektiren durumlarda bu yöntemlerin etkinliğinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endodonti, Kalsiyum silikat, Kanal sealantı, Kök kanalı dolgu materyalleri, Yeniden tedavi.

ABSTRACT

Since the introduction of calcium silicate-based materials in dentistry, calcium silicate-based root canal sealers have become popular in recent years. Calcium silicate-based sealers becomes a choice in primary endodontic treatments, because of their biocompatibility, bioactivity, sealing ability, ease of application, etc. As the use of these root canal sealers become a choice in primary endodontic treatments, it brings to mind the question of how to remove is more suitable from root canals. In this review, the general properties of calcium silicate-based root canal sealer, their reaction with dentin and gutta-percha are examined. In addition, it is aimed to examine the studies in which different methods were used to remove calcium silicate based sealers from root canals and to compare the effectiveness of these methods in cases that require retreatment.

Keywords: Calcium Silicate, Canals Sealer, Endodontics, Retreatment, Root Canal Filling Materials.

¹ Doktora Öğrencisi, Endodonti Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² Doktor Öğretim Üyesi, Endodonti Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

*Sorumlu Yazar: Didem Yüce, e-mail: didemyuce@ogr.iu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0054-859X, Endodonti Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Giriş

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, endodonti alanında da pek çok değişim gerçekleşmiş olsa da, kök kanal tedavisinin temel amacı değişmemiştir. Bu amaç; kök kanallarının doğru bir kemomekanik preparasyondan sonra, üç boyutlu olarak sızdırmaz bir şekilde tıkanması ve bunların sonucunda apikal periodontitisin önlenmesi ve/veya iyileştirilmesidir.¹ Kök kanal dolgusunun başlıca işlevi mikroorganizma ve yan ürünlerinin, periradiküler dokulara ulaşmasını engellemektir.² Günümüzde kök kanal dolgularında genellikle, gütaperka ve kanal patları birlikte kullanılmaktadır.³ Gütaperka konları tek başına dentin ile bağlantı kuramadığından kanal patları ile birlikte kullanılmaları gerekmektedir.⁴ Günümüze kadar kök kanal dolgusu materyali amacıyla, pek çok farklı kanal patı kullanılmıştır.⁵ Ancak klinikte kullanılan kanal patlarından hiçbirisi ideal kök kanal patının özelliklerini tam olarak karşılamamaktadır.⁶ İdeal kök kanal patı özelliklerini sağlamak amacı ile pek çok farklı içeriğe sahip kanal patı geliştirilerek piyasaya sürülmüştür. Klinikte sıklıkla kullanılan kanal patları şu şekilde sınıflandırılabilir:⁶

- Çinko oksit öjenol esaslı patlar
- Kalsiyum hidroksit esaslı patlar
- Cam iyonomer esaslı patlar
- Rezin esaslı patlar
- Silikon esaslı patlar
- Kalsiyum silikat esaslı patlar

Kalsiyum silikat esaslı materyaller 1990'lı yıllarda mineral trioksit agregatın (MTA) tanıtılması ile diş hekimliğine girmiştir ve ilk olarak siman formunda kullanılmaya başlanmıştır.⁷ MTA biyouyumlu, biyoaktif, hidrofilik, radyoopak olmasının yanı sıra düşük çözünürlük ve yüksek sızdırmazlık göstermesi sebebi ile pek çok açıdan istenilen özelliklere sahip bir materyal olarak karşımıza çıkmaktadır.⁷ Biyouyumluluk özelliği sayesinde dokulardaki iyileşmeyi olumlu yönde etkilediği pek çok çalışmada gösterilmiştir.^{8,9} Diş hekimliği alanında kullanılan pek çok materyalden farklı olarak MTA, nemli ortamda sertleşme reaksiyonunu tamamlamaktadır.¹⁰ Direkt pulpa kuafajı, vital pulpa tedavileri (pulpotomi, apeksogenezis), apeksifikasyon, rejenerasyon, perforasyon tamiri gibi tedavilerde MTA'nın uygulanması sonucu başarı oranlarının artmasıyla kalsiyum silikat esaslı materyallerin kullanımı yaygınlaşmıştır.¹¹

Kalsiyum silikat esaslı materyallerin yüksek biyouyumluğu ve sızdırmazlık özelliklerinin gösterilmesi ile birlikte kalsiyum silikat esaslı kanal patı formları da üretilmeye başlanmıştır. 2007 yılında

piyasaya sürülen iRootSP™ kanal patı bu anlamda geliştirilen ilk kalsiyum silikat esaslı kanal patıdır (KSP).¹² iRootSP™'nin tanıtılması ile endodontide kullanılan kanal patları sınıflamasına kalsiyum silikat esaslı patlar dahil olmuştur. Bu aşamadan sonra markalar farklı içeriklere sahip pek çok farklı kalsiyum silikat esaslı kanal patını piyasaya sürmüşlerdir (Tablo 1).

KSP'ler kök kanal dolgularında kullanıldıklarında, periapikal dokulara bakterilerin veya yan ürünlerin ulaşmasını engellemenin yanında kök kanalları içerisinde antibakteriyel etkinlik göstermektedir.¹²

Gereç ve Yöntem

Bu derlemede PubMed, Web of Science ve Google Scholar elektronik veri tabanlarında “biyoseramik pat”, “kalsiyum silikat esaslı pat”, “bağlanma dayanımı” ve “retreatment” anahtar kelimelerinin taranmasıyla Türkçe ve İngilizce dillerinde yapılan elektronik arama sonucunda 2024 Ocak ayından itibaren ulaşılan bilimsel verilerle kaynakça oluşturulmuştur. Araştırılan materyallerin in vitro çalışmaları, derlemeler ve bu materyallerle ilgili yayınlanan kitap bölümleri de dahil edilerek 77 kaynak incelenmiştir. Araştırma 25 yıllık bir zaman dilimi içerisindeki yayınlar ile sınırlandırılmıştır.

Kalsiyum Silikat Esaslı Patlar

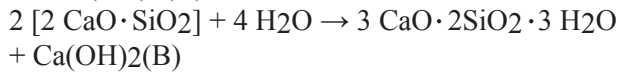
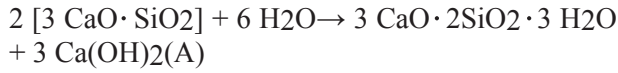
Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Özellikleri

Tıp ve diş hekimliği alanında kullanılan biyoseramik materyaller canlı dokular ile temas ettiklerinde yabancı doku reaksiyonu oluşturmeyen materyallerdir.¹³ Dokularla gösterdikleri etkileşimlere göre biyo inert, biyoaktif ve biyoçözünür olarak 3 alt sınıf biyoseramik materyal grubu bulunmaktadır.^{13,14}

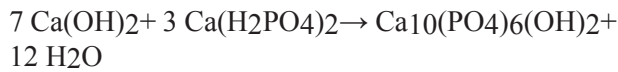
- **Biyo inert:** Çevre dokularla etkileşime girmeyen materyaller bu grupta incelenmektedir.
- **Biyoaktif:** Çevre dokularla etkileşime girerek az miktarda çözünmelerine rağmen stabiliteyi korumaktadırlar. Sert doku oluşumunu tetikleyerek dokularda osteojenik etki oluşturma potansiyelleri bulunmaktadır.
- **Biyoçözünür:** Bu grupta bulunan materyaller zaman içerisinde çözünerek yerlerini çevre dokulara bırakırlar.¹⁵

Kalsiyum silikat esaslı patlar sertleşme reaksiyonları sebebi ile oldukça özel malzemelerdir. Sertleşme reaksiyonunun başlaması için neme ihtiyaç duymaktadırlar. Bu sebeple hidrolik kalsiyum silikat esaslı materyaller olarak adlandırılmaktadırlar. Reaksiyon sonrasında yan ürün olarak kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) oluşumu görülmektedir.^{12,16,17}

Komabayashi ve ark.'nın¹⁸ yaptığı bir derlemede kalsiyum silikat esaslı materyallerin; sertleşme reaksiyonları sırasında yüzeyde hidroksiapatit tabakası oluşturabilmesi sebebiyle biyoaktif özellikler ve osteojenik etkiler oluşturduğunu ve diğer biyoseramik materyallerden bu nedenle ayrıldıklarını belirtmiştir.



Salınan bu Ca(OH)_2 iyonları, ortamın pH değerini yükselterek kalsiyum silikat esaslı sealerların antimikrobiyal etkinliğine katkı sağlamaktadır.^{19,20}



Bu hidrasyon reaksiyonunun ardından kalsiyum fosfat apatitin olduğu bir çökeltme reaksiyonu meydana gelmektedir.¹⁷ Sertleşme reaksiyonları sonucu kalsiyum silikat patların yüzeyinde oluşan hidroksiapatit kristalleri materyallerin biyoaktif özelliğini ortaya çıkarmaktadır.¹⁹

Kalsiyum silikat esaslı materyaller dentinin mikro yapısında değişikliğe sebep olmaktadır. Hidrasyon reaksiyonları sonucunda materyalin yüzeyinde oluşan apatit kristalleri dentin yüzeyi ile etkileşime girdiğinde mineral infiltrasyon alanı (MIZ) adı verilen kristal bir tabaka oluşturmaktadır. Bu bölgede dentin tübüllerinin içerisine doğru uzantı benzeri yapılar görülmektedir.^{21,22} Ancak bu oluşumların yapılan endodontik tedaviler için pozitif veya negatif bir etkisi kanıtlanmamıştır.²³

Kalsiyum silikat esaslı patların genel özellikleri; in-vitro çalışmalar arasından yapılan sistematik bir derlemede üç ana başlık altında incelenmiştir:¹²

1. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri:

- ISO standartlarında radyoopasiteye, film kalınlığına, akıcılığa ve çözünürlüğe sahiptirler.
- Hidrasyon reaksiyonları sonucu patların yüzeyinde oluşan kalsiyum hidroksiapatit benzeri yapılar biyoaktif özelliklerini kanıtlamaktadır.
- Tüm kalsiyum silikat esaslı patlar başlangıçta yüksek alkali özellik göstermektedir.

2. Dentin ile İlişkileri:

- Reçine esaslı patlara göre daha fazla mikro sızıntı gösterirler.
- Dişlerde renklemeye sebep olacak kimyasal bir içeriğe sahip değildir.

- Reçine esaslı patlarla karşılaştırıldığında kanal dolgusu içerisinde daha fazla boşluk görülmüştür.
- Kök kanal tedavisi tekrarının mümkün olduğu, ancak uzaklaştırmanın güç olduğu bazı çalışmalarda belirtilmiştir.
- iRoot SPTM diğer KSP'lere göre dentin penetrasyon değerinin ve dentin bağlanma dayanımı değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

3. Biyolojik Özellikleri:

- Sitotoksik veya genotoksik etkileri bulunmamaktadır. Biyouyumludur.
- Biyoaktif özellikleri sebebi ile sert doku oluşumunu uyarırlar.
- Rezin esaslı patlara göre antibakteriyal etkinlikleri yüksektir.

Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Kök Kanal Tedavisi Tekrarı İle İlgili Olabilecek Özellikleri

Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Dentine Bağlama Dayanımı

Güta-perka kök kanal dolgu materyali olarak tek başına kullanıldığında kanal duvarlarına tam bir adaptasyon göstermez. Kök kanal tedavisinin son aşaması olan hermetik bir kök kanal dolgusunu kök kanal patlarını kullanmadan yapmak mümkün değildir.²⁴⁻²⁶ Kök kanal patlarının dentin duvarlarına adapte olması ve kanal içi düzensizlikleri doldurması; hermetik bir kök kanal dolgusu elde edilmesine katkı sağlayarak kök kanal tedavisinin başarı oranını yükselttiği düşünülmektedir.⁶ Kanal patları esasen kök kanal dolgularında dentin ile bağlantıyı sağlayan materyallerdir. Kullanılan kor materyali ve dolgu tekniğine bağlı olmadan dentin ile iyi bir bağlantı kurmaları beklenir. Bu bağlantı ne kadar iyiye kanal patlarını dentinden uzaklaştırmak o derece zor olmaktadır.^{6,18} Patların dentin ile kurdukları bağlantıyı incelemek için dentine bağlanma dayanımı değerleri ölçülmektedir ve bu değerler kullanılarak karşılaştırma çalışmaları yapılmaktadır.

Reçine esaslı kök kanal patı olan AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) dentinle iyi bir bağlantı göstermesi, yüksek radyoopasitesi, akıcılığı ve yeterli derecede gösterdiği üç boyutlu stabilitesi ile altın standart olarak kabul edilmekte ve kalsiyum silikat esaslı patların karşılaştırma çalışmalarında oldukça sık kullanılmaktadır.²⁷

Khoury ve ark.'nın²⁸ AH Plus Biyoseramik Sealer, TotalFill BC Sealer HiFlow ve reçine esaslı AH Plus kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını karşılaştırdıkları bir çalışmada her iki kalsiyum silikat esaslı pat, AH Plus'a göre anlamı derecede

daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir. Donnermeyer ve ark.'nın²⁹ yaptıkları dentine bağlanma dayanımı çalışmasında ise AH Plus patı Total Fill BC Sealer, ENDO CPM Sealer ve BioRoot RCS patlarına göre anlamlı derecede yüksek bağlanma dayanımı değeri göstermiştir. Sağsen ve ark.'nın³⁰ MTA Fillapex, iRoot SP ve AH Plus patlarının yine dentine bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında MTA Fillapex'in istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Tek kon ve devamlı ısı ile kompaksiyon yöntemleri kullanılarak, Endosequence BC Sealer, MTA Plus ve AH Plus patları ile yapılan bir bağlanma dayanımı çalışmasında en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini Endosequence BC Sealer'ın tek kon yöntemi ile birlikte kullanıldığı grup göstermiştir. MTA Plus devamlı ısı ile kompaksiyon yöntemiyle birlikte kullanıldığında bağlanma dayanımı değerinin, tek kon yöntemi ile birlikte kullanıldığı gruba göre daha düşük değer gösterdiği belirtilmiştir. Bunun sebebinin ise kompaksiyon esnasında ısı kaynağının patı mekanik olarak kanal duvarlarından uzaklaştırması olduğu düşünülmektedir.³¹

Yapılan bir çalışmada sıcak dolum yöntemi olarak System B kullanılması sırasında AH Plus ve MTA Plus patlarında meydana gelen sıcaklık değişiminin, patlarda kimyasal olarak bir değişime sebep olup olmadığı incelenmiştir. Bu çalışmada Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak sıcaklık değişimi AH Plus patında kimyasal değişikliklere sebep olurken MTA Plus patı kimyasal olarak stabilitesini korumuştur.³²

Endosequence BC Sealer HiFlow, Bio-C Sealer, BioRoot RCS ve AH Plus patlarının kullanıldığı bir başka FTIR çalışmasında sıcaklık değeri 37°C'den 100°C'ye çıkarıldığında patların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana geldiği belirtilmiştir.³³

Dentinle olan bağlantısı iyi olan kök kanal patlarının kök kanallarından uzaklaştırmasının daha zor olması beklenmektedir. Ancak literatürde bulunan pek çok farklı çalışmada, kalsiyum silikat esaslı patların dentine bağlanma değerleri açısından oldukça farklı olduğu görülmektedir.^{28,30} Dolayısıyla bu çalışmalarda çelişkili sonuçlar incelendiğinde KSP'lerin kök kanallarından daha kolay ya da daha zor uzaklaştırılabileceğine dair bir fikir birliğine varılamamıştır.

Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Gütâ-Perka İle Olan Bağlanması

Kalsiyum silikat esaslı patların dentin ile olan bağlantısını inceleyen oldukça fazla çalışma olmasına karşın gütâ-perka ile olan bağlantısı ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır.³⁴⁻³⁶ Zhang ve ark.'nın³⁴ yaptıkları bir çalışmada iRoot SP™ ve AH Plus kök kanal patlarının dentin ve gütâ-perka ile olan bağlantılarını lazer taramalı elektron mikroskobu altında incelendiğinde; iRoot SP™'nin gütâ-perkaya daha iyi bağlantı gösterdiği öne sürülmüştür. Eltair ve ark.'nın³⁵ yaptıkları bir çalışmada AH Plus ve TotalFill BC kök kanal patlarını konvansiyonel gütâ-perka ve biyoseramik parçacıklardan oluşan nano katmana sahip TotalFill biyoseramik gütâ-perkalar ile birlikte kullanmışlardır. Bu çalışmada kök kanal dolgu yöntemi olarak hem tek kon hem de lateral kompaksiyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda dolgu yönteminden bağımsız olarak kullanılan kök kanal patları ve gütâ-perkalar arasında bağlantının sağlanamadığı, kanal dolgusu içerisindeki boşluklar karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

De-Deus ve ark.'nın³⁶ 2022 yılında mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) yöntemi yardımıyla, tek kon yöntemi ile birlikte AH Plus ve Endosequence BC kök kanal patları kullanılarak yapılan kök kanal dolgularında görülen boşlukların miktarını incelemişlerdir. İstatistiksel olarak AH Plus'ın kullanıldığı deney grubunda daha az boşluk olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin ise KSP'lerin hidrofilik yapısı ile gütâ-perkanın hidrofobik yapısı arasındaki uyumsuzluk olabileceği öne sürülmüştür. Yapılan bu çalışmalara bakıldığında hala kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının gütâ-perka ile bağlantısı hakkında kesin bir yargıya varılamamıştır.³⁴⁻³⁶

Kalsiyum Silikat Esaslı Patlar ve Mikro Sızıntı

Kök kanal dolgularının amaçlarından biri de kök kanallarının yeniden enfeksiyonunun önlenmesi, bakterilerin veya yan ürünlerinin periapikal dokulara ulaşmasının önüne geçilmesidir.^{37,38} Kök kanal patları dentin ve gütâ perka ile iyi bağlantı kuramadıklarında mikro sızıntı sebebi ile kök kanal tedavisinde başarısızlıklara sebep olabilmektedirler.³⁹

Endo CPM ve MTAS patlarının AH Plus ve Sealapex ile karşılaştırıldığı kuronal mikro sızıntı çalışmasında Endo CPM ve MTAS örnekleri diğer patların örneklerine göre daha fazla mikro sızıntı göstermiştir.⁴⁰ Zhang ve ark.'nın³⁴ yaptıkları mikro sızıntı çalışmasında iRoot SP patı AH Plus ile karşılaştırılmıştır. iRoot SP hem tek kon hem de

devamlı ısı ile kompaksiyon yöntemi ile birlikte kullanılmıştır. Ancak gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Endosequence BC patının AH plus ve Epiphany sistemi ile mikro sızıntı açısından karşılaştırıldığı bir çalışmada AH Plus grubunda daha fazla mikro sızıntı görülmüştür.⁴¹

Endosequence BC, MTA Fillapex ve AH Plus patları ile yapılan bir mikro sızıntı çalışmasında hem konvansiyonel güta perka hem de Cpoint adı verilen kök kanallarında genişleyebilen yeni nesil bir kor materyali kullanılmıştır. En az mikro sızıntı Cpoint ile Endosequence BC patının kullanıldığı grupta görülmüştür.⁴¹

Çinko oksit öjenol esaslı pat, MTA Plus, EndoRez, Endosequence BC, Sealapex, AH Plus patlarının karşılaştırıldığı bir mikro sızıntı çalışmasında en az sızıntı Endosequence BC grubunda görülmüştür.⁴² Markaların farklı KSP'leri arasında mikro sızıntı açısından farklılıklar görülebilmektedir.

Kalsiyum Silikat Esaslı Patların Klinik Çalışmaları

Kim ve ark.⁴³ tarafından yapılan klinik çalışmada pat bazlı dolum (sealer based obturation(SBO)) yöntemi ile Endoseal TCS, devamlı ısı kompaksiyon yöntemi ile de AH Plus patları kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda belirlenen kriterler göz önüne alındığında her iki yöntem ile de oldukça başarılı sonuçlar ortaya çıkmıştır. SBO grubunda başarı oranı %94,3 olarak ölçülmüştür. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Song ve ark.'nın⁴⁴ yaptıkları, 3 ay süre ile takibi yapılan klinik bir çalışmada AH Plus, ADseal, CeraSeal ve EndoSeal TCS patları kullanılmıştır. Post operatif ağrı, kök kanalı dolgusunda kalan boşluklar ve sealer extrüzyonu açısından yapılan incelemelerde gruplar arasında fark bulunamamıştır. KSP'lerin reçine esaslı patlara alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Yapılan klinik çalışmaların sayısı çok fazla olmasa da bu çalışmaların sonucunda; KSP'ler başarı ve post operatif ağrı yönünden değerlendirildiğin reçine esaslı kök kanal patları ile benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır.^{43,44}

Kalsiyum Silikat Esaslı Patlar Kök Kanallarından Uzaklaştırılabilir Mi?

Kök kanal tedavilerinin başarısız olduğu durumlarda birkaç farklı tedavi seçeneği olsa da (apikal cerrahi, çekim) tedavinin ortograt yoldan yenilenmesi ilk değerlendirilmesi gereken tedavi seçeneği olarak öne çıkmaktadır.⁴⁵

Ortograt yoldan yapılan kök kanal tedavisi tekrarında kök kanallarına erişim sağlandıktan sonra temel amaç eski kanal dolgusunun tamamen kök kanallarından (güta-perka ve kök kanal patlarını) uzaklaştırılmasıdır.⁴⁶ Çünkü tekrarlayan kök kanal tedavilerinde başarıya ulaşmak için endodontik triadın (kök kanallarının şekillendirilmesi, dezenfeksiyonu ve üç boyutlu sızdırmaz şekilde dolgusunun yapılması) eksiksiz bir şekilde yeniden tamamlanması büyük önem taşımaktadır. Kök kanallarında kalan dolgu materyalleri dezenfeksiyon amacı ile kullanılan yıkama solüsyonlarına ve kanal içi medikamentlere fiziksel bir bariyer oluşturabilmekte ve etkinliklerini azaltabilmektedir.^{47,48} Ayrıca kalan artık materyaller mikroorganizma barındırabilmekte ve bu durum yapılan tedavilerin sonucunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir.⁴⁹

Kök kanallarında kullanılan dolgu materyallerinin sahip olması gereken özelliklerinden bir tanesi de gerektiğinde kök kanal boşluklarından ve dentin duvarlarından uzaklaştırılabilir olmasıdır.⁵⁰ Ancak kök kanal duvarlarında kalan artık materyallerin incelendiği çalışmalarda, kullanılan tekniklerden ve materyallerden bağımsız olarak kök kanal dolgu materyallerinin dentin duvarlarından tamamen uzaklaştırılabilmesinin mümkün olmadığı belirtilmiştir. Özellikle kök kanalları içerisinde bulunan düzensiz alanlar ve isthmuslar,⁵¹ oval kanallar^{52,53} ve eğilimli kanallar⁵⁴ söz konusu olduğunda artık dolgu materyallerinin uzaklaştırılması daha büyük bir sorun haline dönüşmektedir.

Eski kök kanal dolgusunu, kök kanallarından uzaklaştırmak için genellikle mekanik (el aletleri, nikel titanyum (Ni-Ti) döner aletler) ve kimyasal (irrigasyon solüsyonları, çözücüler) yöntemler birlikte kullanılmaktadır.⁵⁵ Bu yöntemler arasında el aletleri, sıcak dolum yöntemlerinde kullanılan pluggerlar, kimyasal çözücüler, ultrasonik aletler, lazerler, Gates Glidden frezler ve Ni-Ti döner alet sistemleri bulunmaktadır.⁵⁶⁻⁵⁸

Kanallar içerisinde bulunan dolgu materyalleri uzaklaştırılırken kullanılan yöntemler kadar önceki tedavide kullanılan dolgu materyallerinin özellikleri de tedavinin başarısını etkileyebilmektedir.⁵⁹

Piyasada bulunan kalsiyum silikat esaslı patlara baktığımızda pek çok farklı marka ve içerik karşımıza çıkmaktadır. Bu patlar ya kullanıma hazır olarak ya da iki farklı bileşenin karıştırıldığı preparatlar şeklinde satılmaktadır. Piyasada bulunan patlar Tablo 1 içerisinde gösterilmiştir.

Tablo 1: Piyasada bulunan güncel kalsiyum silikat esaslı patlar^{12,60-62}

PAT	ÜRETİCİ		MUADİLİ	PREPARAT	İÇERİK
AH Plus Bioceramic Sealer	Dentsply Sirona, York, ABD			KULLANIMA HAZIR / TEK BİLEŞEN	Kalsiyum silikatlar, kalsiyum aliminatlar, zirkonyum oksit, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit
iROOT	Innovative Bioceramix, Vancoucer, Kanada		Endosequence BC Sealer, Brasseler USA, Savannah, ABD Total Fill BC Sealer, FKG Dentaire, La Choux-de-Fonds, İsviçre		Zirkonyum oksit, dikalsiyum silikat, trikalsiyum silikat, kalsiyum fosfat monobazik, kalsiyum hidroksit, doldurucu, kıvamlaştırıcı ajanlar
EndoSeal MTA	Maruchi, Wonju, Kore				Kalsiyum silikatlar, kalsiyum aliminatlar, kalsiyum aluminoferrit, kalsiyum sülfatlar, radyoopaklaştırıcı ve kıvamlaştırıcı ajanlar
WellRoot ST	Vericom, Gangwon-Do, Kore				Kalsiyum aluminosilikatlar, zirkonyum oksit, doldurucu, kıvamlaştırıcı ajanlar
Nano Ceramic Sealer	B&L Biotech, Fairfax, ABD				Kalsiyum silikatlar, zirkonyum oksit, doldurucu, kıvamlaştırıcı ajanlar
Endosequence BC Sealer HiFlow	Brasseler USA, Savannah, ABD		Total Fill BC Sealer HiFlow		İçeriği hakkında bugüne kadar bilgi bulunmamaktadır. Üretici Endosequence BC Sealer'ın bir versiyonu olduğunu söylemektedir.
CeraSeal	Meta Biomed Co., Cheongju, Kore				Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum aluminat, zirkonyum oksit ve kıvamlaştırıcı ajanlar
Bio-C Sealer	Bio-C Sealer; Angelus, PR, Brezilya				Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, kalsiyum oksit, zirkonyum oksit, silikon oksit, polietilen glikol ve demir oksit
DiaRoot	DiaDent Group International, Burnaby, BC, Kanada				Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, tantalum peroksit, kalsiyum fosfat

PAT	ÜRETİCİ		MUADİLİ	PREPARAT	İÇERİK
BioRoot RCS	Septodont, Saint-Maur-des- Fossés, Fransa			KARIŞTIRILAN / İKİ BİLEŞEN	Toz: trikalsiyum silikat, zirkonyum oksit, povidon Likit: kalsiyum kloritin aköz solusyonu ve polikarboksilat
Endo CPM	EGEO SRL, Buenos Aires, Arjantin				Toz: mineral trioksit agregat, bizmut oksit, baryum sülfat, silika dioksit Likit: kalsiyum kloritin aköz solusyonu, sodyum sitrat, propilenglikolaljinat, propilenglikol
Tech Biosealer Endo	Isasan SRL, Revello Porro, İtalya				Toz: Beyaz Portland simanı, bizmut oksit, anhidrit, sodyum florit Likit: Alfacaine SP solüsyon (4% artikain + 1/100.000 epinefrin)
ProRoot ES	Dentsply, York, ABD				Toz: trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum sülfat, bizmut oksit trikalsiyum aluminat Likit: su, visköz suda çözünebilen polimer

Primer endodontik tedavilerde kalsiyum silikat esaslı kök kanal patlarının kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte bu patların kök kanal tedavisinin yenilenmesi gerektiği durumlarda kök kanal duvarlarından nasıl temizlenebileceği de oldukça önemli bir konu olarak karşımıza çıkmıştır.

KSP'lerin kök kanalı duvarlarından temizlenebilirliğini inceleyen çalışmalar konu ile alakalı çelişkili sonuçları ortaya koysa da çalışmalarda hiçbir örnekte, kök kanalındaki dolgu artıkları tamamen uzaklaştırılamamıştır.^{63,64} Bu çalışmaların KSP'ler Tablo 2.1 ve 2.2 de gösterildiği gibi sıklıkla altın standart olarak kabul edilen AH Plus ile karşılaştırılmıştır. Çalışmaların genelinde KSP'ler tek kon dolum yöntemi ile birlikte kullanılmıştır.^{55,65,66}

Uzunoğlu ve ark.'nın⁵⁹ yaptıkları bir çalışmada iRoot SP ve MTA Fillapex kanal patlarını AH26 kanal patı ile karşılaştırdıklarında, iRoot SP'nin kullanıldığı örneklerde daha fazla kök kanal dolgusu kalıntısı ile karşılaşmalarına rağmen gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. MTA

Fillapex grubunda çalışma uzunluğuna ulaşma süresi istatistiksel olarak daha kısa ölçülmüştür. Bunun sebebin MTA Fillapex patının dentine bağlanma dayanımının kullanılan diğer iki pata göre daha düşük olması nedeniyle olabileceği öne sürülmüştür. Kim ve ark.'nın⁴⁹ EndoSequence BC Sealer, Endo-Seal MTA patlarını farklı anatomilerdeki çekilmiş dişleri kullanarak AH Plus ile karşılaştırmışlardır. Kullanılan farklı kök anatomilerine sahip örneklerden bağımsız olarak Endo-Seal MTA grubunda istatistiksel olarak en çok kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır. Özellikle C-tipi kök kanal anatomisine sahip örneklerde Endo-Seal MTA kullanıldığında kök kanal tedavisi tekrarının oldukça zor olduğunu belirtmişlerdir.

Kök kanal tedavisinin tekrarı sırasında en önemli konulardan biri de apikal patensin geri kazanılmasıdır. Apikal patensin tanımı Amerikan Endodontistler Birliği'nin (AAE) Endodontik Terimler Sözlüğünde ince bir ege ile kök kanalı boyunca ilerleyerek apikal foramenin açıklığının kontrol edilmesidir.⁶⁷

Oltra ve ark.'nın⁶⁸ yaptıkları bir çalışmada AH

Plus ve EndoSequence BC Sealer patlarının kök kanallarından uzaklaştırılmasını, çözücü olarak kloroform kullanarak karşılaştırmışlardır. Bu çalışma da aynı zamanda örneklerin apikal patenslerinde meydana gelen değişiklikleri de mikro-BT yardımı ile değerlendirmiştir. Kök kanallarında kalan artık dolgu maddeleri ölçüldüğünde BC Sealer grubunda belirgin derecede daha fazla kalıntı olmasına rağmen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildir. AH Plus kullanılan gruplarda çalışma uzunluğuna ulaşılması ve apikal patensin yeniden oluşturulması %100 olarak bulunmuştur. Kloroform kullanılan EndoSequence BC Sealer grubunda bu oran %93, kullanılmayan grupta ise %14 olarak ölçülmüştür. Bu oran diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür. Apikal patensin geri kazanılması periapikal dokularda meydana gelen iyileşme ile yakından ilişkilidir. Bu çalışmada çözücü olarak kloroform kullanılmasının apikal patensin geri kazanılmasını belirgin derecede arttırdığı gösterilmiştir.

Hess ve ark.'nın⁵⁸ apikal patensin geri kazanılması ile ilgili olarak EndoSequence BC Sealer ve AH Plus patlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada tüm örneklerin kök kanal dolgusu hem çalışma uzunluğunda hem de çalışma uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde tamamlanmıştır. Çalışma uzunluğundan 2 mm kısa olacak şekilde kök kanal dolgusu tamamlanan EndoSequence BC Sealer örneklerinde apikal patensin geri kazanılması diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı derece düşük bulunmuştur.

Yıkama solüsyonlarının aktivasyonu/ajitasyonu kök kanalına yerleştirilen bir aletin, ileri geri hareket ederek, salınımlar yaparak ve rotasyonel olarak hareket ederek, solüsyonu kanal içerisinde hareket ettirme işlemi ve bunun sonucunda kullanılan solüsyonun etkinliğinin artırılması işlemidir. İrrigasyon solüsyonlarının etkinliğinin artırılması ile kanal tedavisi sonrası başarı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır.⁵⁰

Bir başka çalışmada BioRoot RCS ve AH Plus patları kök kanalı duvarlarında kalan artık maddelerin miktarı açısından karşılaştırılmış ve bu çalışmada yardımcı teknik olarak pasif ultrasonik aktivasyon (PUI) tekniği kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, daha önce bahsettiğimiz çalışmalardan farklılık göstermektedir. AH Plus patı kullanılan gruplarda BioRoot RCS patına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede artık madde miktarı olduğu gösterilmiştir. Bunun sebebinin KSP'lerin dentin ile girdiği reaksiyon sonucunda oluşan mineral

infiltrasyon alanı oluşumu ya da patların akıcılık özelliğinin farklı olmasından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür. BioRoot RCS ve AH Plus patları, kök kanal dolgusunun uzaklaştırılma süresi açısından değerlendirildiğinde AH Plus patının istatistiksel olarak daha kısa sürede uzaklaştırılabildiği belirtilmiştir.⁶⁹

Donnermayer ve ark.'nın⁶⁴ yaptıkları bir başka çalışmada kök kanal dolgularını uzaklaştırmak için hem paslanmaz çelik el aletlerini hem de Ni-Ti döner alet sistemlerini kullanmışlardır. Bu çalışmanın sonucunda AH Plus ile kanal dolgusu tamamlanmış grupta Hedström tipi el eğeleri kullanıldığında kanal duvarlarında diğer gruplara göre anlamlı derecede fazla kök kanal dolgusu kaldığı bulgusuna ulaşmışlardır. Eski kök kanal dolgularının uzaklaştırılmasında Ni-Ti döner alet sistemlerinin paslanmaz çelik el aletlerine göre daha üstün olduğunu belirtmişlerdir.

Kalsiyum silikat esaslı patların kök kanalı duvarlarından uzaklaştırılması sırasında kullanılan yardımcı yöntemlerden pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) yöntemi pek çok çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmaların her birinin sonucunda kullanılan yönteme ek olarak PUI yöntemin kullanılmasının kanal içerisinde kalan artık madde miktarını anlamlı derecede azalttığı belirtilmiştir.^{55,69,70}

KSP'lerin kök kanallarından uzaklaştırılmasının incelendiği bir çalışmada PUI , EndoActivator ve XP-endo Finisher R yardımcı yöntem olarak kullanılmıştır. Bu yöntemlerin hepsi kalan artık madde miktarını azaltmaya yardımcı olsa da XP-endo Finisher R grubunda anlamlı derecede daha az dolgu kalıntısına rastlanmıştır.⁷¹ Bir başka çalışmada ise XP-endo Finisher R yardımcı tekniğinin kullanılmasının kalsiyum silikat esaslı patların uzaklaştırılmasında anlamlı bir etkisi olmadığı gösterilmiştir.⁶⁶

Endodontide kullanılan lazer aktivasyon yöntemlerinden biri olan SWEEPS ile PUI karşılaştırıldığı bir çalışmada, SWEEPS aktivasyon yönteminin kullanıldığı gruplarda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az kök kanal dolgusu kalıntısı tespit edilmiştir.⁵⁵

Bir diğer lazer aktivasyon yöntemi olan Photon-Induced Photoacoustic Streaming (PIPS)'in yardımcı yöntem olarak kullanılmasının kök kanallarında kalan artık madde miktarının azaltılmasına önemli derecede katkı sağladığı gösterilmiştir.⁷²

Tablo 2: Kalsiyum silikat esaslı patların kök kanallarından temizlenebilirliği üzerine yapılmış çalışmalar

Kullanılan KSP	Karşılaştırıldığı Pat	Primer Kök Kanal Dolgu Yöntemi	Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılma Yöntemi	Sonuç	Kaynakça
MTA Fillapex iRoot SP	AH 26	Tek kon Lateral Kompaksiyon	ProTaper Universal Retreatment Kit Paslanmaz Çelik El Aletleri	Tüm gruplar içerisinde en çok kök kanal dolgusu kalıntısı iRoot Sp grubunda bulunmasına rağmen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır.	59
TotalFill BC Sealer BioRoot RCS	AH 26	Tek kon	ProTaper Universal Retreatment Kit Paslanmaz Çelik El Aletleri	Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.	65
EndoSequence BC Sealer	AH Plus	Devamlı ısı ile kompaksiyon	ProFile ISO Rotary Files Vortex Blue Paslanmaz Çelik El Aletleri Kloroform	AH Plus ile kök kanal dolgusu yapılmış, kloroform yardımı ile kök kanal dolgusu uzaklaştırılmış örneklerde daha az kalıntıya rastlanmasına rağmen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildir.	68
EndoSequence BC Sealer EndoSeal MTA	AH Plus	Devamlı ısı ile kompaksiyon	Gates-Glidden Frezleri ProFile	EndoSeal MTA ile kök kanal dolgusu yapılmış örneklerde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla kalıntıya rastlanmıştır.	73
EndoSequence BC Sealer	AH Plus	Tek kon	Reciproc R50 + Ultrasonik uçlar XP-endo Finisher R	Yardımcı yöntemlerin kullanıldığı gruplarda kanal duvarlarında istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az miktarda pat kalıntısına rastlanmıştır.	66
BioRoot RCS		Tek Kon	Gates-Glidden Frezleri Resiproc 40 ve 50 + Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI) SWEEPS	Er: YAG lazer ile aktivasyon yöntemlerinden biri olan SWEEPS yönteminin kullanıldığı örnek grubunda istatistiksel olarak daha az dolgu materyali kalıntısına rastlanmıştır.	55
BioRoot RCS	AH Plus	Soğuk Lateral Kompaksiyon	ProTaper Universal Retreatment Kit NeoEndo Retreatment Files	Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.	74

BioRoot RCS	AH Plus	Tek kon	ProTaper Universal Retreatment Kit + Pasif Ultrasonik İrrigasyon (PUI)	BioRoot RCS ile kanal dolgusu tamamlanmış gruplarda istatistiksel olarak daha az dolgu materyali kalıntısına rastlanmıştır. Yardımcı yöntem olarak kullanılan PUI, patların kök kanallarından uzaklaştırılmasında pozitif etki sağlamıştır.	69
--------------------	---------	---------	--	---	----

Tablo 2.2: Kalsiyum silikat esaslı patların kök kanallarından temizlenebilirliği üzerine yapılmış çalışmalar

Kullanılan KSP	Karşılaştırıldığı Pat	Primer Kök Kanal Dolgu Yöntemi	Kök Kanal Dolgusunun Uzaklaştırılma Yöntemi	Sonuç	Kaynakça
BioRoot RCS MTA Fillapex Endo C.P.M.	AH Plus	Tek kon	Paslanmaz Çelik El Aletleri Reciproc R40 Mt two Retreatment File R F6 SkyTaper	Tüm gruplar içerisinde istatistiksel olarak en çok kök kanal dolgusu kalıntısı AH Plus grubunun paslanmaz çelik el aletleri ile sökülme çalışıldığı örneklerde bulunmuştur.	64
EndoSeal MTA MTA Fillapex Endosequence BC Sealer	AH Plus	Devamlı ısı ile kompaksiyon Tek Kon	Ultrasonik uçlar Gates Glidden frezler Protaper Universal F2,F3 K3XF EndoActivator	Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.	75
GuttaFlow Bioseal BioRoot RCS		Tek kon	R-Endo Hyflex EDM Tornado Brush Pasif Ultrasonik İrrigasyon	Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasa da en çok kök kanal dolgusu kalıntısına, yardımcı tekniklerden herhangi birinin kullanılmadığı BioRoot RCS ile doldurulan örneklerde rastlanmıştır.	76
EndoSequence BC Sealer	AH Plus	Devamlı ısı ile kompaksiyon	Gates Glidden frezleri ProFile	Örnekler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.	77
EndoSequence BC Sealer MTA Fillapex	AH Plus	Soğuk Lateral Kompaksiyon	ProTaper Universal Retreatment Kit PIPS	PIPS kullanılan gruplarda anlamlı derecede daha az kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır. Bu gruplar içerisinde kök kanalında bulunan kalıntı miktarları azdan çoğa doğru sıralandığında bu sıralama MTA Fillapex, EndoSequence BC Sealer ve AH Plus şeklinde olmaktadır.	72

EndoSeal MTA	AH Plus	Soğuk Lateral Kompaksiyon Devamlı Isı ile Kompaksiyon	Gates-Glidden Frezleri ProFile PUI	Pasif ultrasonik irrigasyon yapılmayan gruplarda istatistiksel olarak daha fazla kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır.	70
Bio-C Sealer		Tek kon	Reciproc R40 PUI EndoActivator XP-endo Finisher R	Yardımcı teknik olarak XP-endo Finisher R kullanılan gruplarda önemli ölçüde daha az kök kanal dolgusu kalıntısına rastlanmıştır.	71

Sonuç

Kök kanal dolgularının uzaklaştırılması sırasında klinikte olarak sıklıkla kullanılan Ni-Ti döner alet sistemleri ve farklı irrigasyon aktivasyon teknikleri çalışmalara dahil edilmiştir. Döner alet sistemlerinin kullanılmasının kök kanal tedavilerinin tekrarında süreyi oldukça azalttığı belirtilmiştir. Irrigasyon aktivasyon tekniklerinin ve yardımcı yöntemlerin kullanıldığı çalışmalarda PUI, SWEEPS, PIPS ve XP-endo Finisher R kök kanallarında kalan dolgu artıklarını uzaklaştırmada oldukça etkili bulunmuştur. Ayrıca periapikal dokuların iyileşmesiyle ilişkili olan apikal patensin geri kazanılması primer tedavisi KSP'ler kullanılarak yapılan örneklerde oldukça zorlaşmaktadır. KSP'ler için geliştirilmiş özel bir çözücü olmadığından bu durum daha da zor olmaktadır.

Kök kanal dolgularının uzaklaştırılması için gereken sürenin değerlendirildiği çalışmalarda kullanılan KSP'ye bağlı olarak sonuçlar değişiklik göstermektedir. Farklı markaların patları arasındaki farklılıklar sebebiyle, KSP'lerin kök kanallarından uzaklaştırılma süresi markaya göre farklılık göstermektedir.

KSP'lerin kök kanal duvarlarından uzaklaştırılmasının incelendiği çalışmalara bakıldığında farklı çalışmalarda farklı sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. Bu in-vitro çalışmaların bir kısmın da KSP'ler dentin duvarlarından reçine esaslı kanal patlarına göre daha fazla temizlenebilir olduğu, bir kısmında ise durumun tam tersi olduğu belirtilmiştir. Ancak bu çalışmaların her birinde ortak olarak kök kanallarında kullanılan dolgu materyallerinin tamamının dentin duvarlarından uzaklaştırılmasının mümkün olmadığı belirtilmiştir.

Kalsiyum silikat esaslı patların, kök kanallarından uzaklaştırılması gerektiği durumlar söz konusu olduğunda net bir yol haritası çizmek henüz mümkün değildir. Yapılan in-vitro çalışmalardaki çelişkili sonuçlar bunu göstermektedir. Ancak yine de Ni-Ti döner alet sistemlerinin, güta-perka çözücülerinin, irrigasyon ve aktivasyon tekniklerinin kullanılması ile kök kanal tedavisi tekrarında başarıyı arttırmak mümkündür.

Etik Kurul Onayı

Makalemiz derleme türünde olduğu için etik kurul onayı gerekmemektedir.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma kapsamında, yazarların çıkar çatışması olabilecek durumları kapsayan bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkileri, bilirdiği, danışmanlık, herhangi bir kuruluştaki istihdam durumu, hissedarlık gibi bağlantıları bulunmamaktadır.

Finansal Kaynak

Bu araştırma sürecinde, araştırma konusu ile doğrudan ilgili olan herhangi bir ilaç şirketinden, tıbbi ekipman veya malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya ticari bir kuruluştan, çalışmanın değerlendirme sürecine etki edebilecek maddi veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Yazar katkısı

Fikir: D.Y. Tasarım: D.Y., İ.Ö. Denetleme: İ.Ö. Kaynaklar: D.Y., İ.Ö. Malzemeler: D.Y., İ.Ö. Veri Toplama: D.Y., İ.Ö. Analiz: D.Y. Literatür: D.Y. Yazı: D.Y.; Eleştirel inceleme: D.Y., İ.Ö.

Kaynakça

1. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*. 2008;41(1):6-31.
2. Rossi-Fedele G, Ahmed HM. Assessment of Root Canal Filling Removal Effectiveness Using Micro-computed Tomography: A Systematic Review. *J Endod*. 2017;43(4):520-6.
3. Karapinar Kazandag M, Sunay H, Tanalp J, Bayirli G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems. *Int Endod J*. 2009;42(8):705-10.
4. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru J, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Interface of dentine to root canal sealers. *J Dent*. 2014;42(3):336-50.
5. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020;39(5):703-20.
6. LH Berman, KM Hargreaves. Cohen's Pathways of the Pulp: Elsevier Inc.; 2020.
7. Tawil PZ, Duggan DJ, Galicia JC. Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications. *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(4):247-52.
8. Tawil PZ, Trope M, Curran AE et al. Periapical microsurgery: an in vivo evaluation of endodontic root-end filling materials. *J Endod*. 2009;35(3):357-62.
9. Faraco IM, Jr., Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol*. 2001;17(4):163-6.
10. Duarte MA, Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga Sde C. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;95(3):345-7.
11. Wang X, Xiao Y, Song W et al. Clinical application of calcium silicate-based bioceramics in endodontics. *J Transl Med*. 2023;21(1):853.
12. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. 2019;107(4):421-36.
13. de Oliveira NG, de Souza Araújo PR, da Silveira MT, Sobral APV, Carvalho MV. Comparison of the biocompatibility of calcium silicate-based materials to mineral trioxide aggregate: Systematic review. *Eur J Dent*. 2018;12(2):317-26.
14. Raghavendra SS, Jadhav GR, Gathani KM, Kotadia P. Bioceramics in endodontics - a review. *J Istanbul Univ Fac Dent*. 2017;51(3 Suppl 1):128-37.
15. Drukteinis Seehilgvre, Camilleri Jeehilgvre. Bioceramic Materials in Clinical Endodontics. 1st 2021. ed2021.
16. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2007;40(6):462-70.
17. Koch K, Brave D, Nasseh AA. A review of bioceramic technology in endodontics. *CE artic*. 2012;4:6-12.
18. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J*. 2020;39(5):703-20.
19. Abu Zeid ST, Alnoury A. Characterisation of the Bioactivity and the Solubility of a New Root Canal Sealer. *Int Dent J*. 2023;73(5):760-9.
20. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2009;35(7):1051-5.
21. Atmeh AR, Chong EZ, Richard G, Festy F, Watson TF. Dentin-cement interfacial interaction: calcium silicates and polyalkenoates. *J Dent Res*. 2012;91(5):454-9.
22. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. *Dent Mater*. 2014;30(1):50-61.
23. Jeong JW, DeGraft-Johnson A, Dorn SO, Di Fiore PM. Dentinal Tubule Penetration of a Calcium Silicate-based Root Canal Sealer with Different Obturation Methods. *J Endod*. 2017;43(4):633-7.
24. Alaçam T. Endodonti. İstanbul: Özyurt Matbaacılık; 2012. s. 1348.
25. Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Imai Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. *J Endod*. 2000;26(4):230-5.
26. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod*. 2002;28(10):684-8.
27. Asawaworarit W, Pinyosopon T, Kijssamanmith K. Comparison of apical sealing ability of bioceramic sealer and epoxy resin-based sealer using the fluid filtration technique and scanning electron microscopy. *J Dent Sci*. 2020;15(2):186-92.
28. Khoury S, Aranda-Verdú S, Casino-Alegre A, Rubio-Climent J, Cruz-Rodriguez JA, Pallarés-Sabater A. Comparison of the push-out bond strength of two hydraulic calcium silicate-based endodontic sealers and an epoxy resin-based sealer. *J Clin Exp Dent*. 2023;15(10):e804-e9.
29. Donnermeyer D, Dornseifer P, Schäfer E, Dammaschke T. The push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers. *Head Face Med*. 2018;14(1):13.

30. Sagsen B, Ustün Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J*. 2011;44(12):1088-91.
31. DeLong C, He J, Woodmansey KF. The effect of obturation technique on the push-out bond strength of calcium silicate sealers. *J Endod*. 2015;41(3):385-8.
32. Viapiana R, Baluci CA, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *Int Endod J*. 2015;48(1):16-27.
33. Antunes TBM, Janini ACP, Pelepenko LE et al. Heating stability, physical and chemical analysis of calcium silicate-based endodontic sealers. *Int Endod J*. 2021;54(7):1175-88.
34. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107(6):e79-82.
35. Eltair M, Pitchika V, Hickel R, Kühnisch J, Diegritz C. Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (SEM). *Clin Oral Investig*. 2018;22(4):1631-9.
36. De-Deus G, Santos GO, Monteiro IZ et al. Micro-CT assessment of gap-containing areas along the gutta-percha-sealer interface in oval-shaped canals. *Int Endod J*. 2022;55(7):795-807.
37. Taşdemir T, Er K, Yildirim T et al. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108(3):e129-34.
38. Oddoni PG, Mello I, Coil JM, Antoniazzi JH. Coronal and apical leakage analysis of two different root canal obturation systems. *Braz Oral Res*. 2008;22(3):211-5.
39. Nair U, Ghattas S, Saber M, Natera M, Walker C, Pileggi R. A comparative evaluation of the sealing ability of 2 root-end filling materials: an in vitro leakage study using *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(2):e74-7.
40. Oliveira AC, Tanomaru JM, Faria-Junior N, Tanomaru-Filho M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. *Int Endod J*. 2011;44(4):370-5.
41. Pawar SS, Pujar MA, Makandar SD. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, AH plus & epiphany: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2014;17(6):579-82.
42. Ballullaya SV, Vinay V, Thumu J, Devalla S, Bollu IP, Balla S. Stereomicroscopic Dye Leakage Measurement of Six Different Root Canal Sealers. *J Clin Diagn Res*. 2017;11(6):Zc65-Zc8.
43. Kim JH, Cho SY, Choi Y, Kim DH, Shin SJ, Jung IY. Clinical Efficacy of Sealer-based Obturation Using Calcium Silicate Sealers: A Randomized Clinical Trial. *J Endod*. 2022;48(2):144-51.
44. Song M, Park MG, Kwak SW, Kim RH, Ha JH, Kim HC. Pilot Evaluation of Sealer-Based Root Canal Obturation Using Epoxy-Resin-Based and Calcium-Silicate-Based Sealers: A Randomized Clinical Trial. *Materials (Basel)*. 2022;15(15).
45. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J*. 2007;40(12):921-39.
46. Khalilak Z, Vatanpour M, Dadresanfar B, Moshkelgosha P, Nourbakhsh H. In Vitro Comparison of Gutta-Percha Removal with H-File and ProTaper with or without Chloroform. *Iran Endod J*. 2013;8(1):6-9.
47. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod*. 2017;42(1):19-26.
48. Schirrmeister JF, Wrbas KT, Meyer KM, Altenburger MJ, Hellwig E. Efficacy of different rotary instruments for gutta-percha removal in root canal retreatment. *J Endod*. 2006;32(5):469-72.
49. Kim K, Kim DV, Kim SY, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. *Restor Dent Endod*. 2019;44(2):e18.
50. Gopikrishna V. Grossman's Endodontic Practice. 14th ed. 2021.
51. Cavenago BC, Ordinola-Zapata R, Duarte MA et al. Efficacy of xylene and passive ultrasonic irrigation on remaining root filling material during retreatment of anatomically complex teeth. *Int Endod J*. 2014;47(11):1078-83.
52. Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Oval-shaped canal retreatment with self-adjusting file: a micro-computed tomography study. *Clin Oral Investig*. 2014;18(4):1147-53.
53. De-Deus G, Belladonna FG, Zuolo AS et al. XP-endo Finisher R instrument optimizes the removal of root filling remnants in oval-shaped canals. *Int Endod J*. 2019;52(6):899-907.
54. Alves FR, Marceliano-Alves MF, Sousa JC, Silveira SB, Provenzano JC, Siqueira JF, Jr. Removal of Root Canal Fillings in Curved Canals Using Either Reciprocating Single- or Rotary Multi-instrument Systems and a Supplementary Step with the XP-Endo Finisher. *J Endod*. 2016;42(7):1114-9.

55. Angerame D, De Biasi M, Porrelli D et al. Retreatability of calcium silicate-based root canal sealer using reciprocating instrumentation with different irrigation activation techniques in single-rooted canals. *Aust Endod J.* 2022;48(3):415-22.
56. Reddy S, Neelakantan P, Saghiri MA et al. Removal of gutta-percha/zinc-oxide-eugenol sealer or gutta-percha/epoxy resin sealer from severely curved canals: an in vitro study. *Int J Dent.* 2011;2011:541831.
57. Hülsmann M, Stotz S. Efficacy, cleaning ability and safety of different devices for gutta-percha removal in root canal retreatment. *Int Endod J.* 1997;30(4):227-33.
58. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod.* 2011;37(11):1547-9.
59. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93-8.
60. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate-based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod.* 2020;46(10):1470-7.
61. Bósio CC, Felipe GS, Bortoluzzi EA, Felipe MC, Felipe WT, Rivero ER. Subcutaneous connective tissue reactions to iRoot SP, mineral trioxide aggregate (MTA) Fillapex, DiaRoot BioAggregate and MTA. *Int Endod J.* 2014;47(7):667-74.
62. Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-Physical Properties and Bioactivity of New Premixed Calcium Silicate-Bioceramic Root Canal Sealers. *Int J Mol Sci.* 2022;23(22).
63. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of root canals obturated using gutta-percha with bioceramic, MTA and resin-based sealers. *Iran Endod J.* 2015;10(2):93.
64. Donnermeyer D, Bunne C, Schäfer E, Dammaschke T. Retreatability of three calcium silicate-containing sealers and one epoxy resin-based root canal sealer with four different root canal instruments. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):811-7.
65. Kakoura F, Pantelidou O. Retreatability of root canals filled with Gutta percha and a novel bioceramic sealer: A scanning electron microscopy study. *J Conserv Dent.* 2018;21(6):632-6.
66. Crozeta BM, Lopes FC, Menezes Silva R, Silva-Sousa YTC, Moretti LF, Sousa-Neto MD. Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):891-9.
67. Glossary of endodontic terms. American Association of Endodontists. 2020.
68. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod.* 2017;42(1):19-26.
69. Alsubait S, Alhathloul N, Alqedairi A, Alfawaz H. A micro-computed tomographic evaluation of retreatability of BioRoot RCS in comparison with AH Plus. *Aust Endod J.* 2023;49(2):459.
70. Lee T, Kahm SH, Kim K, Yang S. The Retrievability of Calcium Silicate-Based Sealer during Retreatment and the Effectiveness of Additional Passive Ultrasonic Irrigation: A Microcomputed Tomographic Study. *Scanning.* 2022;2022:3933305.
71. Volponi A, Pelegri RA, Kato AS et al. Micro-computed Tomographic Assessment of Supplementary Cleaning Techniques for Removing Bioceramic Sealer and Gutta-percha in Oval Canals. *J Endod.* 2020;46(12):1901-6.
72. Suk M, Bago I, Katić M, Šnjarić D, Munitić M, Anić I. The efficacy of photon-initiated photoacoustic streaming in the removal of calcium silicate-based filling remnants from the root canal after rotary retreatment. *Lasers Med Sci.* 2017;32(9):2055-62.
73. Kim K, Da Vin Kim S-YK, Yang S. A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealer after retreatment. *Restor Dent Endod.* 2019;44(2):e18.
74. Baranwal HC, Mittal N, Garg R, Yadav J, Rani P. Comparative evaluation of retreatability of bioceramic sealer (BioRoot RCS) and epoxy resin (AH Plus) sealer with two different retreatment files: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2021;24(1):88-93.
75. Kim SR, Kwak SW, Lee JK, Goo HJ, Ha JH, Kim HC. Efficacy and retrievability of root canal filling using calcium silicate-based and epoxy resin-based root canal sealers with matched obturation techniques. *Aust Endod J.* 2019;45(3):337-45.
76. Neelakantan P, Grotra D, Sharma S. Retreatability of 2 mineral trioxide aggregate-based root canal sealers: a cone-beam computed tomography analysis. *J Endod.* 2013;39(7):893-6.
77. Kim H, Kim E, Lee S-J, Shin S-J. Comparisons of the retreatment efficacy of calcium silicate and epoxy resin-based sealers and residual sealer in dentinal tubules. *J Endod.* 2015;41(12):2025-30.