



Aydın Dental Journal

Journal homepage: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/adj>
DOI: 10.17932/IAU.DENTAL.2015.009/dental_v011i20010



Perasetik Asitin Endodontide İrrigasyon Solüsyonu Olarak Kullanımı: Genel Bakış

Use of Peracetic Acid As Irrigation Solution in Endodontics: Overview

Özge Bekar*

ÖZET

Endodontik tedavide başarı, kök kanal sisteminden mikroorganizmaların uzaklaştırılması ve enfeksiyonun tekrar oluşmasının önlenmesi ile ilişkilidir. Kök kanallarının irrigasyonu, endodontik tedavinin başarısında oldukça etkilidir. Sodyum hipoklorit (NaOCl), antimikrobiyal özelliği ve organik doku çözme kapasitesi nedeniyle endodontide en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur. Ancak tek başına kullanıldığında inorganik dokunun kanallardan uzaklaştırılmasında yeterli olmamaktadır. Antisepsiyi güçlendirmek ve yaygın kullanılan solüsyonların kısıtlamalarının önüne geçmek amacıyla ideal bir irrigasyon protokolü olarak NaOCl'nin şelasyon ajanlarıyla birlikte kullanılması önerilir. Ancak bu protokol uzun bir klinik zaman gerektirir. Üstelik NaOCl ile bazı şelasyon ajanlarının birlikte kullanılmasının dentinin mineral ve organik içeriğinde değişikliklere, erozyona ve dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olabildiği de bilinmektedir. Hem şelasyon ajanı görevi gören hem de antimikrobiyal etkiye sahip bir irrigasyon solüsyonunun kullanılması endodontide iyi bir alternatif olabilir ve tedavi sırasında zaman kazandırabilir. Perasetik asit (PAA), antimikrobiyal etkinliği ve smear tabakasını uzaklaştırma özelliği sayesinde alternatif bir irrigasyon solüsyonu olmaya adaydır. Bu derleme PAA'nın endodonti pratiğindeki etkinliğini ve uygulanabilirliğini araştıran çalışmaları inceleyerek, bu irrigasyon solüsyonunun özelliklerini sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kök kanal tedavisi, Perasetik asit, Şelatör ajanlar

ABSTRACT

Success in endodontic treatment is associated with removing microorganisms from the root canal system and preventing reoccurrence of infection. Irrigation of root canals is very effective in the success of endodontic treatment. Sodium hypochlorite (NaOCl) is the most commonly used irrigant during endodontic treatment due to its antimicrobial properties and organic tissue dissolving capacity. However, when used alone, it is not sufficient to remove the inorganic tissue formed. It is recommended to use NaOCl together with chelating agents as an ideal irrigation protocol to enhance antisepsis and avoid the limitations of commonly used solutions. However, this protocol requires a long clinical time. Moreover, it is known that the combined use of NaOCl and some chelation agents can cause changes in the mineral and organic content of dentin, erosion and a decrease in the microhardness of dentin. Using an irrigation agent that acts as both a chelating and antimicrobial actions can be a good alternative and save time during treatment. Peracetic acid (PAA) is a candidate to be an alternative irrigation solution thanks to its antimicrobial activity and ability to remove the smear layer. This review aims to present the properties of this irrigation solution by examining the studies investigating the effectiveness and applicability of PAA in endodontic practice.

Keywords: Chelating agents, Peracetic acid, Root canal therapy

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

*Sorumlu Yazar: Özge Bekar, e-mail: bkrozge94@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1980-8133, Endodonti Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

Giriş

Endodontik tedavinin başarısı, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonuna ve enfeksiyonun tekrar oluşumunun önlenmesine bağlıdır. Vital ve/veya nekrotik pulpa dokusunu, biyofilmleri ve diğer doku kalıntıları uzaklaştırmak için kök kanal sistemi, sürekli irrigasyon altında el aletleri ile ve/veya döner aletler ile şekillendirilir. Enstrümantasyonun temel amacı kök kanal sisteminin irrigasyon, dezenfeksiyon ve dolum işlemlerini kolaylaştırmaktır.¹ Fakat, bilgisayarlı mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-bT) taraması gibi ileri tekniklerin kullanıldığı bir çalışmada, kök kanallarında bazı alanlara kanal aletleri ile temas edilmediği bildirilmiştir.² Bu nedenle, kök kanal sisteminin irrigasyonu mekanik, kimyasal ve biyolojik çeşitli fonksiyonları yerine getirip aynı zamanda kök kanalında ulaşamayan bölgelere etki etmenin tek yolu olduğu için endodontik tedavisinin başarısında önemli bir rol oynar.³

İdeal bir irrigasyon solüsyonu geniş antimikrobiyal özelliğe sahip olmalı, kök kanal sisteminden organik/inorganik artıkları ve smear tabakasını uzaklaştırabilmeyi hedeflemeli, vital dokularla temas ettiğinde toksik etki oluşturmamalıdır.⁴ Bu fonksiyonları tek başına yerine getirebilen bir irrigasyon solüsyonu yoktur. İdeal irrigasyon protokolü güvenli ve etkili hedeflere ulaşabilmek için iki veya daha fazla solüsyonun belirli bir sırayla kombine kullanımına dayanır.¹

Endodontide sıklıkla kullanılan iki irrigasyon solüsyonu, sodyum hipoklorit (NaOCl) ve etilendiamintetraasetik asit (EDTA) sulu çözeltileridir.⁵ NaOCl ideal bir irrigasyon solüsyonunun özelliklerinin büyük çoğunluğunu karşılaması, özellikle patojenik mikroorganizmalara karşı etkinliği ve pulpa dokusunu çözebilmesi sebebiyle kök kanal tedavisinin vazgeçilmezidir.^{6,7} Ancak NaOCl inorganik dentin artıklarını çözemez. Dolayısıyla enstrümantasyon sırasında oluşan smear tabakasını kök kanallarından tamamen uzaklaştıramaz.^{8,9} Enstrümantasyondan sonra kullanılan EDTA ise, inorganik doku üzerinde etki göstererek dentin kalıntılarını ve smear tabakasının inorganik kısmını uzaklaştırabilir ancak organik doku çözme kabiliyetine sahip değildir.^{10,11} Irrigasyon solüsyonlarının bu sınırlamalarının önüne geçmek ve tedavide dezenfeksiyonu artırmak için ideal bir irrigasyon protokolü olarak, biyomekanik hazırlık sırasında NaOCl, ardından smear tabakasını uzaklaştırmak için EDTA gibi bir şelasyon ajanı ve bir sonraki tedavi adımına bağlı olarak irrigasyonun NaOCl veya başka bir antimikrobiyal ajan kullanımı ile sonlandırılması önerilmektedir.⁴ Böylece NaOCl'nin

dentine daha iyi nüfuz etmesi sağlanarak kök kanallarının dezenfeksiyonu daha etkili kılınabilir.¹² Kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için NaOCl-EDTA irrigasyon protokolünü uygulamak, tek başına NaOCl kullanımından daha etkilidir.¹³ Fakat EDTA ve NaOCl'nin kombine kullanımının, NaOCl'nin serbest klor oranını düşürerek organik doku çözme etkinliğini ve antimikrobiyal etkinliğini zayıflatığı,⁵ dentinin mineral ve organik içeriğinde değişikliklere, dentin erozyonuna ve dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olabildiği bildirilmiştir.^{4,14,15} Ayrıca EDTA'nın, kök kanalının apikal bölümünde smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin sınırlı olduğu da bildirilmiştir.¹⁶

Aynı zamanda EDTA ve NaOCl'nin kombine kullanımı, klinik çalışma süresini büyük ölçüde uzatabilir. Teorik olarak bu protokolü basitleştirmenin iki yolu vardır: i) NaOCl ile etkileşime girmeyen bir şelasyon ajanı kullanmak veya ii) son irrigasyon solüsyonu olarak, dezenfeksiyon kapasitesi güçlü bir şelasyon ajanı kullanmak. Bu nedenle irrigasyon aşamasında kök kanallarından smear tabakasını uzaklaştırmak ve kök kanal sisteminin dezenfeksiyonunu sağlamak için bu "klasik" şelasyon ajanlarına alternatif olarak, NaOCl'dan sonra, smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğine sahip olduğu bildirilen perasetik asit (PAA) kullanımı önerilmiştir.¹⁰

Peroksitde Doğu Avrupa'da, PAA solüsyonları kök kanal sistemlerini dezenfekte etmek için kullanılmıştır.¹⁷ %0,5'ten düşük konsantrasyonlarda bile sporisidal, bakterisidal, fungisidal ve virüsidal etki gösteren güçlü dezenfektanlar arasındadır.¹⁸ PAA sulu çözeltilerde saf formda olmayıp hidrojen peroksit, asetik asit ve asetilhidroperoksit'in dengeli bir karışımıdır ve asetik asit, oksijen gibi yan ürünlere ayrışır. Asetik asit, kalsiyum ile suda çözünür kompleksler oluşturan bir şelatördür.¹⁹ Asetik asit, solüsyonun smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği ile ilişkilendirilerek, kök kanal sisteminin dezenfeksiyonu için enstrümantasyondan sonra PAA kullanımını, kök kanal hazırlığını kolaylaştıracak ve hızlandıracak bir alternatif haline getirmiştir.^{10,20}

PAA'nın tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmasının, organik doku çözme etkinliği, kök kanal dolgularının dentine bağlanması üzerindeki ve dentin üzerindeki etkileri üzerine literatürde sınırlı bilgi mevcuttur. Bu nedenle PAA'nın son irrigasyon solüsyonu olarak EDTA yerine kullanılması, kök kanal sisteminin antisepsisini güçlendirmesi ve dentin artıklarını kök kanalından uzaklaştırabilmesi sebebiyle daha fazla umut verici olabilir.

Bu derleme PAA' nın endodonti pratiğindeki etkinliğini ve uygulanabilirliğini araştıran çalışmaları inceleyerek, bu irrigasyon solüsyonunun özelliklerini ve etkinliğini, yaygın olarak kullanılan diğer irrigasyon solüsyonları ile karşılaştırarak sunmayı amaçlamaktadır.

Antimikrobiyal Etkinliği

PAA' nın gram-pozitif ve gram-negatif bakterileri, mantarları ve mayaları 5 dakika veya daha kısa bir sürede etkisiz hale getiren hızlı ve geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahip bir ajan olduğu, enzimlerdeki sülfidril ve kükürt bağlarını oksitleyerek, proteinleri denatüre ederek ve hücre duvarı geçirgenliğini bozarak hidrojen peroksitle benzer işlev gördüğü düşünülmektedir.²¹ PAA, tıbbi ekipman dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılmakta, organik doku varlığında bile bakteri, mantar, spor ve virüslere karşı hızlı etki göstermektedir.^{22,23} Kök kanalı enfeksiyonlarında en sık rastlanan bakteri türlerinden biri, konağın savunma sistemlerine direnç gösterebilen ve dentin tübüllerine nüfuz edebilen fakültatif anaerobik gram-pozitif bir bakteri olan *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*)'tir.²⁴ Literatürde PAA'nın farklı konsantrasyonlarının *E. faecalis*'e karşı etkinliğini araştıran çalışmalar yer almaktadır.

Guerreiro-Tanomaru ve ark.²⁵ yaptığı bir çalışmada %1' lik PAA' nın *E. faecalis*' e karşı etkinliği değerlendirilmiş ve bakteri sayısını 3 dakika içerisinde %86 oranında azalttığı, 10 dakika içerisinde ise *E. faecalis*' i tamamen yok ettiği bildirilmiştir. Bu çalışmada PAA' nın, %2,5'lik NaOCl ve %2' lik klorheksidin (CHX)'e kıyasla daha yavaş etki etmesine rağmen *E. faecalis*' e karşı etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar, %1' lik PAA'nın %2,5' lik NaOCl ve %2' lik CHX ile benzer antibakteriyel etki gösterdiği başka bir çalışma ile desteklenmiştir.²⁶ Başka bir çalışmada da %1' lik PAA' nın *E. faecalis*' e karşı %17 EDTA+%2,5 NaOCl kombinasyonu ile benzer etki gösterdiği bildirilmiştir.²⁷

Kök kanal sisteminin doldurulması aşamasında mikroorganizma kontaminasyonunun engellenmesi önemlidir. PAA, yüksek antimikrobiyal etkinliği nedeniyle gütta-perka konların dezenfeksiyonunda da test edilmiştir. Salvia ve ark.²⁸ yaptığı bir çalışmada PAA, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Candida albicans* (*C. albicans*) ve *Bacillus subtilis* ile kontamine olmuş gütta-perka konların dezenfeksiyonunda, %2' lik PAA'nın tüm biyofilmlere karşı etkili olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada gütta-perka konların dezenfeksiyonu için

PAA kullanımının etkili bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar, *Bacillus subtilis* ve *E. faecalis* ile kontamine gütta-perka ve resilon konların dezenfeksiyonunda %1' lik PAA'nın %3' lük NaOCl'den daha iyi ve %2' lik CHX' e benzer işlev gördüğü başka bir çalışma ile desteklenmiştir.²⁹ *E. faecalis* biyofilm modelinde 2 ml %17' lik EDTA ve 2 ml %0,5' lik PAA' nın antimikrobiyal etkinliğini, manuel ajitasyon (MA) veya pasif ultrasonik irrigasyon (PUI) kullanarak karşılaştıran bir çalışmada %0,5' lik PAA çözeltisi %17' lik EDTA' dan daha etkili bulunmuştur. PUI, her iki solüsyonun antimikrobiyal etkinliğini artırmıştır.³⁰

Arias-Moliz ve ark.' nın³¹ yaptığı bir çalışmada ise çeşitli solüsyonların dentin bloklarındaki *E. faecalis* biyofilmlerine karşı etkinliği değerlendirilmiştir. %2' lik PAA solüsyonu CHX ile benzer, NaOCl ve NaOCl+etidronik asit (HEBP) kombinasyonuna kıyasla daha az etkili bulunmuştur. PAA' nın biyofilmlere karşı NaOCl' dan daha düşük antimikrobiyal etkinlik göstermesi, *E. faecalis*' in sahip olduğu peroksidazlar ve katalazlar gibi detoksifiye edici enzimlerin PAA' nın oksidatif stresine karşı direnç göstermesi ile açıklanabilir.^{32,33} Ek olarak çalışmalar PAA' nın antimikrobiyal etkinliğinin zamana ve konsantrasyona bağlı olduğunu, dolayısıyla daha uzun temas sürelerinin ve daha yüksek konsantrasyonların NaOCl' ye benzer şekilde, daha yüksek antimikrobiyal etkinlik gösterebileceğini bildirmiştir.^{25,34}

Ordinola-Zapata ve ark.' nın³⁴ yaptığı bir çalışmada %4' lük PAA, %2,5 ve %5' lik NaOCl solüsyonları dışında, kullanılan diğer solüsyonlar (Qmix, Smear Clear, Maleik asit, İyodin Potasyum İyodid) enfekte olmuş dentin üzerindeki biyofilmleri önemli ölçüde ortadan kaldıramamıştır. Ayrıca yazarlar, PAA kullanımına ilişkin toksisite, antimikrobiyal etkinlik ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği arasındaki dengenin ileriki çalışmalarda açıklığa kavuşturulması gerektiğini bildirmiştir.

PAA' nın antimikrobiyal etkinliğini, farklı kullanım süresi ve farklı konsantrasyonlarda, organik doku çözme etkinliği ve toksisitesi ile birlikte değerlendiren daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu sonucuna varılabilir.

Organik Doku Çözme Etkinliği

Naenni ve ark.' nın³⁵ yaptığı bir çalışmada PAA' nın, NaOCl' nın aksine pulpa dokusu gibi yumuşak dokuları çözme etkinliği göstermediği bildirilmiştir. Genç sığır pulpa dokuları üzerinde yapılan bir çalışmada ise %1' lik ve %2' lik PAA

solüsyonlarının %2,5' lik NaOCl solüsyonundan daha düşük miktarda da olsa pulpa dokusunu çözdüğü, aynı çalışmada ajitasyonlu/ajitasyonsuz PAA solüsyonları karşılaştırıldığında ise ultrasonik ajitasyon kullanımının %0,5' lik PAA'nın doku çözme etkinliğini artırdığı da bildirilmiştir.³⁶

Smear Tabakasını Uzaklaştırma Etkinliği

Kök kanal duvarlarının enstrümantasyonu sırasında ortaya çıkan smear tabakasının uzaklaştırılması, irrigasyon solüsyonunun dentin tübüllerinde en iyi antimikrobiyal etkinliği göstermesi için gereklidir.³⁷ Smear tabakası içermeyen dentin duvarlarına kök kanal dolgu materyallerinin daha iyi bağlandığı kabul edilmektedir.³⁸ EDTA, kök kanal enstrümantasyonu sırasında oluşan smear tabakasını uzaklaştırmada en yaygın kullanılan şelasyon ajanıdır.³⁹

Ancak EDTA' nın NaOCl ile kombine kullanımı dentin erozyonuna ve dentin mikrosertliğinde azalmaya sebep olur.⁴⁰ PAA, kök kanalında bulunan mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkinliği^{26,27} ve NaOCl' dan sonra kullanıldığında smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğine¹⁰ sahip olması sebebiyle irrigasyon solüsyonu olarak önerilen oksitleyici bir ajandır.

Ulusoy ve ark.'nın⁴¹ yaptığı bir çalışmada, farklı solüsyon konsantrasyonlarının (%9 ve 18' lik HEBP, %0,5, %1 ve %2' lik PAA, %17' lik EDTA) smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği karşılaştırılmış, tüm solüsyonlar 1'er dakika süreyle kanala uygulanmıştır. %9 ve %18' lik HEBP diğerlerine göre apikal üçte birlik kısımda etkili olurken, koronal ve orta üçte birlik kısımda %0,5 ve %1' lik PAA grupları smear tabakasını daha etkili bir şekilde uzaklaştırmıştır. PAA' nın konsantrasyonu arttıkça smear tabakası uzaklaştırma etkinliğinin arttığı bildirilmiştir. Bu bulguların aksine De-Deus ve ark.'nın⁴² yaptığı bir çalışmada %0,5 ve %2,25' lik PAA solüsyonlarının benzer şekilde smear tabakası uzaklaştırdığı bildirilmiştir. Bu çelişkinin deneysel yöntemler arasındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir.⁴¹

%1' lik PAA tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında NaOCl-EDTA-NaOCl kombinasyonu ile benzer etkinlikte smear tabakasını uzaklaştırdığı bildirilmiş,⁴³ son irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında ise dentin mikrosertliğini değiştirmemiş ve EDTA' nın aksine, dentinin inorganik yapısında herhangi bir değişiklik yaratmadan smear tabakasını uzaklaştırmıştır.⁴⁴ %0,5 ile %2,25 arasında değişen konsantrasyonlarda PAA kullanımının EDTA' ya göre avantajlı olabileceği vurgulanmış,

ayrıca smear tabakasının uzaklaştırılmasında EDTA ile karşılaştırılabilir ve etkili olduğu bildirilmiştir.^{10,42}

Dentin Dokusu Üzerindeki Etkileri

Dentindeki mineral içeriği ve hidroksiapatit miktarı mikrosertlik üzerinde kritik bir öneme sahiptir.⁴⁵ Şelasyon ajanları, smear tabakasını uzaklaştırmakla birlikte dentindeki Ca:P oranını değiştirirler.⁴⁶ Ayrıca kolajen liflerini açığa çıkarır ve dentin mikrosertliğini azaltırlar.⁴⁷ Yüksek erozyon kanal dentininin yapısını bozabilir ve kırık, çatlak oluşum riskini artırabilir.^{44,48} Bununla birlikte kök kanallarında EDTA gibi bir şelasyon ajanından sonra NaOCl uygulamasının açığa çıkan kollajen lifleri üzerinde yıkıcı bir etkiye ve dentin erozyonuna sebep olduğu bildirilmiştir.^{48,49} Kullanılan irrigasyon solüsyonuna bağlı olarak dentin dokusunda ortaya çıkan değişikliklerin türü ve yoğunluğu kök kanal patlarının ve simanların bağlanma kalitesini de etkilemektedir.^{50,51} Irrigasyon solüsyonlarının neden olduğu dentin erozyonu literatürde şelasyon ajanlarının ardından NaOCl kullanımı ile ilişkilendirilmiştir.^{48,52}

%2,25' lik PAA' nın %17' lik EDTA ile benzer şekilde dentin erozyonuna sebep olduğu¹⁰, dentin yapısındaki fosfor, magnezyum, potasyum, sodyum ve kükürt düzeylerini önemli ölçüde azalttığı⁵³ ve NaOCl'nın ardından son irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında dentin mikrosertliğinde azalmaya neden olduğu⁴⁵ bildirilmiştir.

Ulusoy ve ark.'nın⁵⁴ yaptığı bir çalışmada %17' lik EDTA, %9' luk HEBP ve %2' lik PAA'nın tek başına veya NaOCl ile kombine kullanımından sonra dentin mikrosertliğindeki değişimi ve dentin erozyonu değerlendirilmiş, HEBP ve NaOCl + HEBP kombinasyonunun mikrosertliği diğerlerine göre daha fazla azalttığı bildirilmiştir. Tek başına ve NaOCl ile kombine kullanılan şelasyon ajanlarının etkileri karşılaştırıldığında mikrosertlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Baldasso ve ark.'nın⁴⁴ yaptığı bir çalışmada QMiX (EDTA, CHX ve deterjan içeren irrigasyon solüsyonu), %17 EDTA, %10 sitrik asit (CA), %1 PAA, %2,5 NaOCl kullanılmış ve CA ve PAA' nın EDTA ve QMiX' e kıyasla daha fazla dentin erozyonuna neden olduğu, QMiX ve EDTA' nın mikrosertliği diğerlerine göre daha fazla azalttığı bildirilmiştir.

Keine ve ark.'nın⁵⁵ yaptığı bir çalışmada, %1' lik PAA' nın tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında dentin mikrosertliğini NaOCl-EDTA-NaOCl grubu ile benzer şekilde azalttığı ve daha

az dentin erozyonuna sebep olduğu bildirilmiştir. Bunun sebebi olarak, PAA'nın NaOCl ile etkileşime girmeden tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanımından kaynaklı olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca %1' lik PAA'nın irrigasyon solüsyonu olarak kullanımına klinik açıdan bakıldığında avantajlı olabileceği ve EDTA' ya alternatif olabileceği bildirilmiştir.

PAA'nın kök kanal dentin erozyonu üzerindeki etkisi hakkında sınırlı bilgi mevcuttur.^{44,55} Farklı konsantrasyonları (%2,25¹⁰ ve %10³⁵) değerlendirildiğinde ise yüksek konsantrasyonlarda dentin erozyonunun meydana geldiği bildirilmiştir. Bu sonuçların birlikte analizi, dentin dokusunda aşırı erozyon meydana gelmemesi için ve PAA'nın henüz belirlenmiş bir klinik kullanım protokolü olmadığı için, solüsyonun dikkatli kullanılması (kısa süreli ve düşük konsantrasyonda) gerektiğini göstermektedir.

Kök Kanal Dolgularının Bağlanması Üzerindeki Etkileri

Kök kanal tedavisinin ana hedeflerinden biri kök kanal sistemini üç boyutlu olarak hermetik doldurmaktır. Kök kanal patlarının kor materyalleriyle birlikte kullanımı endodontide en yaygın kullanılan kök kanal dolum tekniği olmaya devam etmektedir. Gütaperkanın bağlanma özelliğinin olmaması nedeniyle kök kanal patları, kanal duvarı ile gütaperka konuları arasındaki boşlukları doldurmak için kullanılır.⁵⁶ Kök kanal enstrümantasyonu sırasında kanal duvarlarında organik ve inorganik artıkları içeren iyatrojenik bir tabaka "smear tabakası" oluşur.⁵⁷ Smear tabakası, kök kanal patlarının dentin tübüllerine penetrasyonunu engelleyerek mikro sızıntı oluşma riskini artırır ve dolgu materyalinin kök dentinine bağlanma direncini azaltır.⁵⁸ Bu nedenle kök kanal tedavisinin başarılı bir şekilde sonuçlanması için smear tabakasının uzaklaştırılması gereklidir.³⁹ Antimikrobiyal etkinlikleri ve smear tabakasının uzaklaştırmalarına ek olarak, irrigasyon solüsyonları kök kanal patlarının dentine bağlanmasını desteklemeli veya zarar vermemelidir.⁵⁹ Kök kanal patlarının dentine yüksek bağlanma dayanımı, pat-dentin ara yüzünün bütünlüğünün korunmasına yardımcı olur ve dolgu materyalinin dentinden ayrılmasını önler.⁶⁰

Carvalho ve ark.⁶¹ yaptığı bir çalışmada %2,25' lik PAA, %17' lik EDTA ve %10' luk sitrik asit solüsyonları karşılaştırılmış ve AH Plus'ın dentine bağlanma dayanımı değerlendirildiğinde solüsyonlar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Agarwal ve ark.⁶² üç çeşit endodontik şelasyon ajanının (%17 EDTA, %1 PAA, %0,2 Kitosan) biyoseramik

kök kanal patı (BioRoot RCS; Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Fransa)'nın bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmiş ve en yüksek bağlanma dayanımının kitosan grubunda olduğunu, PAA grubunun bunu takip ettiğini, en az bağlanma dayanımını EDTA grubunun gösterdiğini bildirmişlerdir.

Son yıkama solüsyonuna göre 5 gruba ayrılan dişler üzerinde %5' lik NaOCl, %7' lik maleik asit (MA), %17' lik EDTA, %10' luk sitrik asit (CA) ve %2,25' lik PAA'nın silikon bazlı kök kanal patının (GuttaFlow 3; Coltene Whaledent, Germany) dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendiren bir çalışmada, MA grubu en yüksek bağlanma dayanımını göstermiş, diğer şelasyon ajanları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.⁶³

Dentin üzerindeki yapay perforasyon alanlarında %5.25' lik NaOCl, %17' lik EDTA ve %1' lik PAA'nın etkileri incelenmiş, MTA'nın push-out bağlanma dayanımı solüsyonlardan etkilenmemiştir ve solüsyonlar arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir.⁶⁴ %5,25' lik NaOCl'nin ardından son irrigasyon solüsyonu olarak %0.5' lik PAA ve 5 ml smear clear (EDTA, deterjan ve setrimid içeren irrigasyon solüsyonu) kullanımının Kerr, Apexit Plus ve AH Plus kanal patlarının bağlanma dayanımı üzerindeki etkileri karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.⁶⁵ Başka bir çalışmada ise %2,25' lik PAA grubunda AH Plus'ın dentine bağlanma dayanımını %17' lik EDTA' dan daha düşük bulunmuştur.⁶⁶

Keine ve ark.⁴³ yaptığı bir çalışmada, %1' lik PAA'nın AH Plus'ın dentine bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi değerlendirilmiş, PAA ve NaOCl (%2,5)- EDTA (%17)- NaOCl (%2,5) grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ayrıca PAA'nın NaOCl-EDTA-NaOCl grubu ile benzer şekilde AH Plus'ın dentine penetrasyonunu ve bağlanma gücünü artırdığı bildirilmiştir. Bu çalışmada değerlendirilen faktörler sonucunda, %1' lik PAA'nın tek başına irrigasyon solüsyonu olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu, fakat organik doku çözme etkinliği ve dentin üzerindeki diğer etkilerini değerlendiren daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. %2,25' lik PAA'nın %17' lik EDTA ile benzer şekilde dentin erozyonuna sebep olduğu,¹⁰ dentin yapısındaki fosfor, magnezyum, potasyum, sodyum ve kükürt düzeylerini önemli ölçüde azalttığı göz önünde bulundurulduğunda PAA'nın konsantrasyon açısından dikkatli kullanılması gerektiği bildirilmiştir.⁵³

Kalsiyum Hidroksit (KH) Uzaklaştırma Etkinliği
Kontamine kök kanallarının antiseptisini artırmak için kanal içi medikaman kullanımı önerilmektedir ve kalsiyum hidroksit (KH) belirgin antibakteriyel özellikleri ^{67,68} ve organik doku çözme etkinliği ⁶⁹ sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak çalışmalar, kök kanal duvarlarında kalan KH kalıntılarının, kanal patlarının dentine bağlanma dayanımını ⁷⁰ ve dentin tübüllerine penetrasyonunu ^{71,72} etkileyebileceğini ortaya koymuştur. KH kalıntıların kanal dolgu patları ile kimyasal olarak reaksiyona girerek, patların özelliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği bildirilmiştir.⁷³ Bu nedenle KH'in kök kanallarından uzaklaştırılması ve kanal dolgusu öncesi yapılan dezenfeksiyon aşaması tedavinin başarısında kritik bir öneme sahiptir.⁷⁴

Sağsen ve ark.'nın⁷⁵ yaptığı bir çalışmada, KH' in uzaklaştırılmasında farklı konsantrasyonlardaki PAA solüsyonlarının etkinliği EDTA ve EDTA + NaOCl kombinasyonu ile karşılaştırılmış ve %1' lik PAA'nın, %0,5' lik PAA, %17' lik EDTA ve %2,5' lik NaOCl + %17' lik EDTA gruplarına kıyasla daha başarılı olduğu bildirilmiştir. EDTA, HEBP ve PAA'nın KH' i kanallardan uzaklaştırma etkinliğini değerlendiren bir çalışmada ise pasif ultrasonik aktivasyon ve diyet lazer irrigasyon teknikleriyle kullanılan EDTA ve PAA solüsyonları arasında KH uzaklaştırma etkinliği açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.⁷⁶

Biyouyumluluk

PAA, büyük bir dezavantaj olarak güçlü ve hoş olmayan bir kokuya sahiptir. Buna rağmen, PAA içeren irrigasyon solüsyonları Doğu Avrupa'da ve eski Alman Demokratik Cumhuriyeti'nde kök kanal sistemlerini dezenfekte etmek için kullanılmışlardır.¹⁷ Ayrıca yapılan araştırmalara göre %0,5'lik PAA'nın oral mukozayı tahriş etmediği,⁴² %2,25' lik PAA'nın ise oral mukoza ile temas ettiğinde toksik etki oluşturabileceği bildirilmiştir.¹⁷

%2'lik PAA' nın insan endotel hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisini %5,25'lik NaOCl ve %2'lik CHX ile karşılaştıran bir çalışma, PAA' nın diğer solüsyonlara göre daha az sitotoksik olduğunu fakat yeterli antimikrobiyal etkinlik göstermediğini bildirmiştir.²⁰ Teixeira ve ark.'nın⁷⁷ yaptığı bir çalışmada %1'lik PAA, %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA'nın FG11 ve FG15 insan periodontal doku fibroblastları üzerindeki sitotoksitesi değerlendirilmiş ve %1'lik PAA' nın %2,5'lik NaOCl ve %17'lik EDTA'dan daha az sitotoksik olduğu bildirilmiştir. Bu sonuçların aksine %1'lik PAA' nın fare fibroblastları üzerindeki etkisini %2,5'lik NaOCl ile karşılaştıran başka bir çalışmaya göre

PAA' nın sitotoksitesi daha fazla bulunmuştur. Her iki solüsyon da hücre tahribatına yol açmıştır.⁷⁸

Farklı PAA formülasyonlarının (%1 Bacterend OX (Profilática, Curitiba, PR, Brazil), %1 Sigma (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA), %0,09-0,15 Anioxyde (Laboratoires Anios, Lille-Hellemmes, France) ve %1 Arposept (ARPO Chimie et Technologie Sàrl, Villaz-St-Pierre, Glâne, Fribourg, Switzerland) karşılaştırıldığı bir çalışmada ise, %1'lik Sigma ve Bacterend OX'in sitotoksitesi %17'lik EDTA ve %2,5'lik NaOCl'den daha yüksek bulunmuştur. Arposept ve Anioxyde daha düşük sitotoksiteye sahip olsa da NaOCl'den daha az bakteriyel aktivite göstermişlerdir. Bu bağlamda, Arposept (7.5-8.5) ve Anioxyde'in (5.5-7) nötre yakın pH'ı ve Sigma ve Bacterend OX'in içerdiği asetik asitten kaynaklı asidik pH'ının (< 3) hücreler için elverişsiz bir ortam yaratarak kritik bir rol oynamış olabileceği bildirilmiştir.⁷⁹ Klasik yolla üretilen PAA'ların (Sigma ve Bacterend OX, pH<3) antibakteriyel aktivitesi ve dentin üzerindeki etkileri olumlu iken, sitotoksik etkileri diğer solüsyonlara göre daha yüksek bulunmuştur. Bu nedenle, klinisyenlerin bu tip irrigasyon solüsyonlarını seçerken, özellikle irrigasyon sırasında daha yüksek apikal ekstrüzyon olasılığı bulunan, periradiküler bölge ile etkileşime girilebilme ihtimali yüksek, açık apeksli dişlerde risk/fayda değerlendirmesi yapmaları gerektiği bildirilmiştir.⁸⁰

Pulpa dokusu hücreleri üzerinde yapılan bir araştırmaya göre sitrik asitin sitotoksitesinin asitliğiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir.⁸¹ NaOCl ile karşılaştırıldığında PAA' nın daha yüksek toksiteye sahip olması, PAA' nın asitliği ile açıklanabilir.⁷⁸ Asidik pH hücreler için olumsuz etki oluşturur.⁷⁹ Kuramsal olarak PAA' nın daha yüksek olan toksitesi, güçlü bir oksidan olması ve oksidasyon potansiyelinin klora kıyasla daha yüksek olmasına bağlanabilir.²³

Protokol

PAA' nın endodontik tedavide irrigasyon solüsyonu olarak kullanımına ilişkin henüz tanımlanmış bir uygulama protokolü yoktur. Bu solüsyonun kök kanallarına optimum temas süresini ve çeşitli konsantrasyonlarda dentine etkisi, organik doku çözme etkinliği, periapikal dokularla biyouyumluluğu ve dolgu materyallerinin dentine bağlanması üzerindeki etkilerini birlikte değerlendirmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Ancak bu literatür taramasına dayanarak, PAA' nın son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımının umut verici olduğu açıktır. Sonuçlar, antimikrobiyal etkinin kaybolmadığı %0,5'lik ve

%1’lik düşük konsantrasyonlarda bile 1 dakikalık PAA kullanımının, dentinin yapısında önemli değişikliklere neden olmadan smear tabakasının uzaklaştırılmasında etkili olduğunu bildirmiştir.^{42,55}

Sonuç

Bu literatür taramasından elde edilen verilere dayanarak PAA’nın antimikrobiyal ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliği göz önünde bulundurulduğunda, endodontik tedavide son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımının umut verici ve EDTA’ya iyi bir alternatif olabileceği sonucuna varılabilir. Kök kanal enstrümantasyonu sırasında tek başına kullanıldığında bazı sınırlamalar barındırabilir.

Bu derlemede yer alan araştırmaların birlikte analizi, PAA’nın tek başına veya son irrigasyon solüsyonu olarak kullanımının kök kanal dentinine ve kanal patlarının dentine bağlanımına etkilerini, biyouyumluluğunu, organik doku çözme etkinliğini ve antimikrobiyal etkinliklerini birlikte ve çeşitli konsantrasyonlarda değerlendiren, klinik kullanım protokollerine rehberlik edebilecek daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

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: Ö.B. Tasarım: Ö.B. Denetleme: Ö.B. Kaynaklar: Ö.B. Malzemeler: Ö.B. Veri Toplama: Ö.B. Analiz: Ö.B. Literatür: Ö.B. Yazı: Ö.B. Eleştirel inceleme: Ö.B.

Kaynakça

- Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291–312.
- Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(3):221–30.
- Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J.* 2014;216(6):299–303.
- Zehnder M. Root Canal Irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389–98.
- Grawehr M, Sener B, Waltimo T, Zehnder M. Interactions of ethylenediamine tetraacetic acid with sodium hypochlorite in aqueous solutions. *Int Endod J.* 2003;36(6):411–5.
- Basrani B, Haapasalo M. Update on endodontic irrigating solutions. *Endod Topics.* 2012;27(1):74–102.
- Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94(6):756–62.
- Lester KS, Boyde A. Scanning electron microscopy of instrumented, irrigated and filled root canals. *Br Dent J.* 1977;143(11):359–67.
- Pasqualini D, Cuffini AM, Scotti N et al. Comparative evaluation of the antimicrobial efficacy of a 5% sodium hypochlorite subsonic-activated solution. *J Endod.* 2010;36(8):1358–60.
- Lottanti S, Gautschi H, Sener B, Zehnder M. Effects of ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acid irrigation on human root dentine and the smear layer. *Int Endod J.* 2009;42(4):335–43.
- Tartari T, Guimarães BM, Amoras LS, Duarte MAH, Silva e Souza PAR, Bramante CM. Etidronate causes minimal changes in the ability of sodium hypochlorite to dissolve organic matter. *Int Endod J.* 2015;48(4):399–404.
- Goldman M, Goldman LB, Cavaleri R, Bogis J, Lin PS. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study: part 2. *J Endod.* 1982;8(11):487–92.
- Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J.* 1985;18:35.
- Aslantas EE, Buzoglu HD, Altundasar E, Serper A. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. *J Endod.* 2014;40(6):876–9.
- Patil C, Uppin V. Effect of endodontic irrigating solutions on the microhardness and roughness of root canal dentin: An in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2011;22(1):22–7.
- Ballal NV, Kandian S, Mala K, Bhat KS, Acharya S. Comparison of the efficacy of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid in smear layer removal from instrumented human root canal: A scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2009;35(11):1573–6.
- Kuhlfluck I, Klammt J. Suitability of peracetic acid for root canal disinfection. *Stomatol DDR.* 1980;30(8):558–63.
- Lensing HH, Oei HL. Investigations on the sporicidal and fungicidal activity of disinfectants. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg B.* 1985 Dec;181(6):487–95.
- Martell AE, Motekaitis RJ. Determination and use of stability constants. In: New York: John Wiley & Sons. VCH publishers; 1992.
- Brandão-Neto DDO, Mello JVZ, Marceliano-Alves MFV et al. Final endodontic irrigation with 2% peracetic acid: antimicrobial activity and cytotoxicity. *Eur J Dent.* 2021;15(3):533–8.
- Rutala WA, Weber DJ. Disinfection of endoscopes: review of new chemical sterilants used for high-level disinfection. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 1999;20(1):69–76.
- Kovaleva J, Degener JE, van der Mei HC. Mimicking disinfection and drying of biofilms in contaminated endoscopes. *J Hosp Infect.* 2010;76(4):345–50.
- Kitis M. Disinfection of wastewater with peracetic acid: a review. *Environ Int.* 2004;30(1):47–55.
- Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence factors of *Enterococcus faecalis*: Relationship to endodontic disease. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15(5):308–20.
- Guerreiro-Tanomaru JM, Morgental RD, Faria-Junior NB, Berbert FL, Tanomaru-Filho M. Antibacterial Effectiveness of Peracetic Acid and Conventional Endodontic Irrigants. *Braz Dent J.* 2011;22(4):285–7.
- Dornelles-Morgental R, Guerreiro-Tanomaru JM, De Faria-Junior NB, Hungaro-Duarte MA, Kuga MC, Tanomaru-Filho M. Antibacterial efficacy of endodontic irrigating solutions and their combinations in root canals contaminated with *Enterococcus faecalis*. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.* 2011;112(3):396–400.
- Cord CB, Velasco RVC, Ribeiro Melo Lima LF, Rocha DGP, Da Silveira Bueno CE, Pinheiro SL. Effective analysis of the use of peracetic acid after instrumentation of root canals contaminated with *enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2014;40(8):1145–8.
- Salvia AC, Teodoro GR, Balducci I, Koga-Ito CY, Oliveira SH. Effectiveness of 2% peracetic acid for the disinfection of gutta-percha cones. *Braz Oral Res.* 2011;25(1):23–7.
- Subha N, Prabhakar V, Koshy M, Abinaya K, Prabu M, Thangavelu L. Efficacy of peracetic acid in rapid disinfection of Resilon and gutta-percha cones compared with sodium hypochlorite, chlorhexidine, and povidone-iodine. *J Endod.* 2013;39(10):1261–4.

30. Hartmann RC, Neuvald L, Barth Jr V et al. Antimicrobial efficacy of 0.5% peracetic acid and EDTA with passive ultrasonic or manual agitation in an *Enterococcus faecalis* biofilm model. *Aust Endod J.* 2019;45(1):57–63.
31. Arias-Moliz MT, Ordinola-Zapata R, Baca P et al. Antimicrobial activity of Chlorhexidine, Peracetic acid and Sodium hypochlorite/etidronate irrigant solutions against *Enterococcus faecalis* biofilms. *Int Endod J.* 2015;48(12):1188–93.
32. La Carbona S, Sauvageot N, Giard JC et al. Comparative study of the physiological roles of three peroxidases (NADH peroxidase, Alkyl hydroperoxide reductase and Thiol peroxidase) in oxidative stress response, survival inside macrophages and virulence of *Enterococcus faecalis*. *Mol Microbiol.* 2007;66(5):1148–63.
33. Baureder M, Reimann R, Hederstedt L. Contribution of catalase to hydrogen peroxide resistance in *Enterococcus faecalis*. *FEMS Microbiol Lett.* 2012;331(2):160–4.
34. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Garcia RB et al. The antimicrobial effect of new and conventional endodontic irrigants on intra-orally infected dentin. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3-4):424–31.
35. Naenni N, Thoma K, Zehnder M. Soft tissue dissolution capacity of currently used and potential endodontic irrigants. *J Endod.* 2004;30(11):785–7.
36. Tanomaru-Filho M, Silveira BR, Martelo RB, Guerreiro-Tanomaru JM. Influence of Concentration and Agitation of Sodium Hypochlorite and Peracetic Acid Solutions on Tissue Dissolution. *J Contemp Dent Pract.* 2015;16(11):876–9.
37. Wang Z, Shen Y, Haapasalo M. Effect of smear layer against disinfection protocols on enterococcus faecalis-infected dentin. *J Endod.* 2013;39(11):1395–400.
38. Araújo AC, Nunes E, Fonseca AA, Cortes MI, Horta MC, Silveira FF. Influence of smear layer removal and application mode of MTA on the marginal adaptation in immature teeth: a SEM analysis. *Dent Traumatol.* 2013;29(3):212–7.
39. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - A review. *Int Endod J.* 2010;43(1):2–15.
40. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Vitorino KR et al. Effect of the root canal final rinse protocols on the debris and smear layer removal and on the push-out strength of an epoxy-based sealer. *Microsc Res Tech.* 2013;76(5):533–7.
41. Ulusoy Öİ, Zeyrek S, Çelik B. Evaluation of smear layer removal and marginal adaptation of root canal sealer after final irrigation using ethylenediaminetetraacetic, peracetic, and etidronic acids with different concentrations. *Microsc Res Tech.* 2017;80(7):687–92.
42. De-Deus G, Souza EM, Marins JR, Reis C, Paciornik S, Zehnder M. Smear layer dissolution by peracetic acid of low concentration. *Int Endod J.* 2011;44(6):485–90.
43. Keine KC, Kuga MC, Cunha Tormin FB et al. Effect of peracetic acid used as single irrigant on the smear layer, adhesion, and penetrability of AH Plus. *Braz Oral Res.* 2019;33:e057.
44. Baldasso FER, Roletto L, da Silva VD, Morgental RD, Kopper PMP. Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. *Braz Oral Res.* 2017;31:1–8.
45. Taneja S, Kumari M, Anand S. Effect of QMix, peracetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. *J Conserv Dent.* 2014;17(2):155–8.
46. Zehnder M, Schmidlin P, Sener B, Waltimo T. Chelation in root canal therapy reconsidered. *J Endod.* 2005;31(11):817–20.
47. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J.* 2006;39(5):401–7.
48. Qian W, Shen Y, Haapasalo M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod.* 2011;37(10):1437–41.
49. Ozdemir HO, Buzoglu HD, Çalt S, Çehrelci ZC, Varol E, Temel A. Chemical and ultramorphologic effects of ethylenediaminetetraacetic acid and sodium hypochlorite in young and old root canal dentin. *J Endod.* 2012;38(2):204–8.
50. Panighi M, G'sell C. Influence of calcium concentration on the dentin wettability by an adhesive. *J Biomed Mater Res.* 1992;26(8):1081–9.
51. Perdigão J, Eiriksson S, Rosa BT, Lopes M, Gomes G. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int.* 2001;32(2):142–6.
52. Aranda-Garcia AJ, Kuga MC, Chavéz-Andrade GM et al. Effect of final irrigation protocols on microhardness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech.* 2013;76(10):1079–83.
53. Cobankara FK, Erdogan H, Hamurcu M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol Endod.* 2011;112(6):e149–54.
54. Ulusoy, Manti A, Çelik B. Nanohardness reduction and root dentine erosion after final irrigation with ethylenediaminetetraacetic, etidronic and peracetic acids. *Int Endod J.* 2020;53(11):1549–58.
55. Keine KC, Kuga MC, Coaguila-Llerena H, Palma-Dibb RG, Faria G. Peracetic acid as a single endodontic irrigant: effects on microhardness, roughness and erosion of root canal dentin. *Microsc Res Tech.* 2020;83(4):375–80.
56. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endod Topics.* 2005;12(1):25–38.

57. Mader CL, Craig Baumgartner J, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod.* 1984;10(10):477–83.
58. Kennedy WA, Walker III WA, Gough RW. Smear layer removal effects on apical leakage. *J Endod.* 1986;12(1):21–5.
59. Vilanova W V, Carvalho-Junior JR, Alfredo E, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YTC. Effect of intracanal irrigants on the bond strength of epoxy resin-based and methacrylate resin-based sealers to root canal walls. *Int Endod J.* 2012;45(1):42–8.
60. Huffman BP, Mai S, Pinna L et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J.* 2009;42(1):34–46.
61. Carvalho NK, Prado MC, Senna PM et al. Do smear-layer removal agents affect the push-out bond strength of calcium silicate-based endodontic sealers? *Int Endod J.* 2017;50(6):612–9.
62. Agarwal S, Raghu R, Shetty A, Gautham P, Souparnika D. An in vitro comparative evaluation of the effect of three endodontic chelating agents (17% ethylenediamine tetraacetic acid, 1% peracetic acid, 0.2% chitosan) on the push out bond strength of gutta percha with a new bioceramic sealer (BioRoot RCS). *J Conserv Dent.* 2019;22(5):475–8.
63. Gokturk H, Ozkocak I, Buyukgebiz F. Effect of different chelating agents on the bond strength of a silicone-based root canal sealer to root dentin. *J Conserv Dent.* 2020;23(2):158–62.
64. Nagas E, Cehreli ZC, Uyanik MO, Durmaz V, Vallittu PK, Lassila L V. Bond strength of mineral trioxide aggregate to root dentin after exposure to different irrigation solutions. *Dent Traumatol.* 2014;30(3):246–9.
65. Gaddala N, Veeramachineni C, Tummala M. Effect of Peracetic Acid as a Final Rinse on Push Out Bond Strength of Root Canal Sealers to Root Dentin. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(5):ZC75–7.
66. Verma D, Taneja S, Kumari M. Efficacy of different irrigation regimes on the push-out bond strength of various resin-based sealers at different root levels: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2018;21(2):125–9.
67. Zehnder M, Grawehr M, Hasselgren G, Waltimo T. Tissue-dissolution capacity and dentin-disinfecting potential of calcium hydroxide mixed with irrigating solutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(5):608–13.
68. Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol.* 1985;1(5):170–5.
69. Türkün M, Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J.* 1997 Sep;30(5):335–42.
70. Erdemir A, Ari H, Güngüneş H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. *J Endod.* 2004;30(2):113–6.
71. Calt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod.* 1999;25(6):431–3.
72. Margelos J, Eliades G, Verdelis C, Palaghias G. Interaction of calcium hydroxide with zinc oxide-eugenol type sealers: a potential clinical problem. *J Endod.* 1997;23(1):43–8.
73. Hosoya N, Kurayama H, Iino F, Arai T. Effects of calcium hydroxide on physical and sealing properties of canal sealers. *Int Endod J.* 2004;37(3):178–84.
74. Nandini S, Velmurugan N, Kandaswamy D. Removal efficiency of calcium hydroxide intracanal medicament with two calcium chelators: volumetric analysis using spiral CT, an in vitro study. *J Endod.* 2006;32(11):1097–101.
75. Sagsen B, Üstün Y, Aslan T, Çanakçı BC. The effect of peracetic acid on removing calcium hydroxide from the root canals. *J Endod.* 2012;38(9):1197–201.
76. Savur IG, Ulusoy OI. The effectiveness of ethylenediaminetetraacetic, etidronic, and peracetic acids activated with ultrasonics or diode laser on calcium hydroxide removal from root canal walls. *Niger J Clin Pract.* 2021;24(11):1662–8.
77. Teixeira PA, Coelho MS, Kato AS, Fontana CE, Bueno CES, Pedro-Rocha DG. Cytotoxicity assessment of 1% peracetic acid, 2.5% sodium hypochlorite and 17% EDTA on FG11 and FG15 human fibroblasts. *Acta Odontol Latinoam.* 2018;31(1):11–5.
78. Viola KS, Rodrigues EM, Tanomaru-Filho M et al. Cytotoxicity of peracetic acid: evaluation of effects on metabolism, structure and cell death. *Int Endod J.* 2018;51:e264–77.
79. Kobayashi M, Kagawa T, Takano R, Itagaki S, Hirano T, Iseki K. Effect of medium pH on the cytotoxicity of hydrophilic statins. *J Pharm Pharm Sci.* 2007;10(3):332–9.
80. Viola KS, Coaguila-Llerena H, Rodrigues EM et al. Different formulations of peracetic acid: effects on smear layer removal, dentine erosion, cytotoxicity and antibiofilm activity. *J Appl Oral Sci.* 2022;30:e20210575.
81. Chan CP, Jeng JH, Hsieh CC, Lin CL, Lei D, Chang MC. Morphological alterations associated with the cytotoxic and cytostatic effects of citric acid on cultured human dental pulp cells. *J Endod.* 1999;25(5):354–8.