

Farklı İrrigasyon Aktivasyon Tekniklerinin Tek Seans Kök Kanal Dezenfeksiyonu Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effects of Different Irrigation Activation Techniques on Single-Visit Root Canal Disinfection

Yaren ŞİMŞEK¹ , Dilek HANÇERLİOĞULLARI¹ 

¹Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, Türkiye

ÖZET: Kök kanal irrigasyonu, preparasyonu kolaylaştırmasının yanı sıra mikroorganizmaların ve enfekte dentin dokusunun uzaklaştırılmasında kritik bir role sahiptir. Ancak konvansiyonel irrigasyon yöntemlerinde, irrigasyon solüsyonunun iğne ucunun yaklaşık 1-2 mm ötesine sınırlı bir şekilde ulaşabilmesi, lateral ve aksesuar kanallar, istmus ve anastomozlar gibi erişimi güç bölgelerde yeterli dezenfeksiyon sağlanmasını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, irrigasyon solüsyonlarının etkinliğini artırmak ve mikroorganizmaların daha etkin bir şekilde uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla çeşitli aktivasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Aktif irrigasyon; mekanik hareket veya farklı enerji kaynakları kullanılarak irrigasyon solüsyonlarının kök kanal sisteminin karmaşık anatomik yapısı içerisine daha etkin şekilde ulaştırılmasını sağlayan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Pasif ultrasonik irrigasyon, sonik ve multisonik sistemler, pozitif ve negatif basınç cihazları, lazer uygulamaları ve manuel dinamik aktivasyon yöntemleri bu kapsamda kullanılan başlıca irrigasyon aktivasyon teknikleridir. Bu derlemenin amacı, tek seansta gerçekleştirilen kök kanal tedavilerinde kullanılan irrigasyon aktivasyon yöntemlerinin etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Kök kanal dezenfeksiyonu, irrigasyon aktivasyonu, endodontik mikrobiyaya

ABSTRACT: The prevention of recurrence of endodontic infections depends on the effective removal of infected tissues from the root canal system, the elimination of the smear layer formed on the dentin surface and/or within the dentinal tubules during treatment, adequate disinfection of infected root dentin, and the presence of a proper coronal restoration that prevents microleakage. Root canal irrigation, in addition to facilitating instrumentation, plays a crucial role in facilitating the removal of microorganisms and infected dentin tissue. However, with conventional irrigation methods, the irrigant is typically limited to approximately 1-2 mm beyond the needle tip, which restricts adequate disinfection in hard-to-reach areas such as lateral and accessory canals, isthmuses, and anastomoses. Therefore, various activation methods have been developed to enhance the efficacy of irrigating solutions and to ensure more effective removal of microorganisms. Active irrigation can be defined as an approach that employs mechanical movement or different energy sources to enable irrigating solutions to penetrate more effectively into the complex anatomy of the root canal system. Passive ultrasonic irrigation, sonic and multisonic systems, positive and negative pressure devices, laser applications, and manual dynamic activation techniques are among the primary irrigation activation methods used for this purpose. The aim of this review is to comparatively evaluate the effectiveness of irrigation activation methods used in single-visit root canal treatments.

Keywords: Root canal disinfection, irrigation activation, endodontic microbiota

GİRİŞ

Enfekte Kök Kanallarında Mikroorganizmaların Rolü

Primer enfekte kök kanalları, mikroorganizmaların pulpa dokusuna kolonize olarak pulpanın fonksiyonunu bozduğu, tedavi edilmemiş kanallardır. Gram negatif ve gram pozitif anaerobik bakterilerin baskın olduğu polimikrobiyal bir mikrobiyata hakimdir. Yaygın olarak izole edilen türler Prevotella, Fusobacterium, Porphyromonas, Parvimonas ve Streptococcus türleridir (4). Başka bir çalışmada ise Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria, Actinobacteria türlerinin de izole edildiği belirtilmiştir (5).

Sekonder enfeksiyonlar ise, primer enfeksiyonda bulunmayan; tedavi sırasında, seanslar arasında veya endodontik tedavinin bitiminden sonra kök kanal sistemine nüfuz eden mikroorganizmalardan kaynaklanır (6). Bu sekonder enfeksiyon genellikle tedavi sonrası apikal periodontitis ile ilişkilidir, bu da endodontik tedavide bir başarısızlık olduğunu gösterir (7). Kemo-mekanik prosedürlere bir şekilde direnç gösteren mikroorganizmalar kalıcı intraradiküler enfeksiyonlara neden olur. Etken mikroorganizmalar ya primer enfeksiyonun ya da sekonder enfeksiyonun üyeleridir (6). Bazı primer enfeksiyonlar kök kanal tedavisinden sonra ortamdaki uzaklaştırılmazlar ve ilerleyerek periapikal dokulara yayılabilirler. Bu enfeksiyonlara inatçı enfeksiyonlar denir (8).

Mikroorganizmalar endodontik enfeksiyonların ve tedavi başarısızlıklarının nedeni olarak bilinmektedir. Bakteriler biyofilm oluşumu sayesinde konak

bağışıklık yanıtından korunabilir. Ayrıca biyofilm içinde bulunan persistan hücreler ve dirençli popülasyonlar, tedavi sonrası enfeksiyonun yeniden aktive olmasına neden olabilir (9). Yapılan bir çalışmada endodontik tedavi başarısızlığı olan dişlerde Fusobacterium nucleatum, Tannerella forsythia, Porphyromonas gingivalis, Treponema denticola ve Porphyromonas endodontalis varlığı gözlenmiştir (10).

Avrupa'da Enterococcus türleri ile gelişen enfeksiyonun insanlara uzun süre zararsız olduğu düşünülmüştür (11). Ancak İsviçre'de 2013-2018 yılları arasında yapılan bir çalışmada 5.369 enterokokal enfeksiyon vakasının %59.5'nin Enterococcus faecalis (E. faecalis) kaynaklı olduğu, İngiltere'de ise yine aynı şekilde 2020 yılında en sık tanımlanan türün, önceki yıllara benzer şekilde E. faecalis (3.389 rapor, %43) olduğu rapor edilmiştir (12,13).

Yapılan çalışmalarda, kök kanal sisteminde dentin duvarlarına tutunarak biyofilm oluşturabilen ve tedaviye dirençli sekonder/persistan enfeksiyonlarda en sık izole edilen mikroorganizmanın Enterococcus faecalis olduğu bildirilmiştir (14-16). E. faecalis hem tek kok hem de zincir halinde bulunabilen Gram pozitif D grubu, katalaz negatif, spor oluşturmeyen, fakültatif anaerobik özelliktedir (11). E. faecalis hücreleri oval, 0.5-1µm çapındadır. Tek başına, çiftler halinde veya küçük zincirler halinde bulunur (17). Kök kanal tedavili dişlerde en sık görülen türdür ve prevelans değerleri yaklaşık %90 olarak görülmektedir (18).

Besin maddelerinin yetersiz bulunduğu durumda diğer bakterilerle minimal düzeyde kommensalizm sergileyerek

canlılığını sürdürme yeteneğine sahiptir. Kök kanallarından eradikasyonunu engelleyen farklı virülans ve direnç mekanizmaları geliştirerek düşük metabolik faaliyetle uygun şartlar oluşana kadar bölünmenin G0 fazında (dinlenme fazı) bir süre canlı kalabilir, 60°C'de 30 dakika boyunca ısıtıldığında canlılığını sürdürebilir ve optimum 7.5 olan geniş bir pH aralığında (4.6–9.9) büyüebilir (19–22). E. faecalis'in asidik çürük lezyonları ve kalsiyum hidroksit gibi medikamentler uygulanmış alkali kök kanallarındaki çeşitli pH değerlerine karşı direncinin etkenlerinden birisinin membran dayanıklılığı olduğu düşünülmektedir (23).

Virülans faktörleri mikroorganizmalara adezyon, kolonizasyon, direnç kazanma, patojenite ve konakçı immun yanıtından kaçma gibi özellikler kazandırarak enfeksiyonun şiddetini artırır ve patogenezinde rol oynar (24).

E. faecalis'in virülans faktörleri incelenecek olursa; hücre duvarı ile ilişkili olan ve biyofilmin kanal duvarlarına adezyonunu sağlayan hücre dışı yüzey proteini (esp) kodlayan gen, çalışmalarda yüksek oranda tespit edilmiştir (25). Bu gen virülansı ve kolonizasyon yeteneğini artırır (26). Ayrıca bakteriyi konağın bağışıklık sisteminden korurken, antibiyotik direncinde de bir rol oynadığı düşünülmektedir (11, 21). Esp geninin zarar görmesi durumunda, E. faecalis'in biyofilm oluşturma yeteneğini azalttığını gösteren çalışmalar mevcutken; bunun aksine esp ve biyofilm arasında her zaman güçlü bir ilişki bulunmadığını gösteren bir çalışma da mevcuttur (27–29). Enterokokların biyofilm üretme yeteneği, endokarditin yanı sıra endodontik ve idrar yolu

enfeksiyonlarına neden olmada çok önemlidir. Enterokoklar tarafından pili oluşumu biyofilm oluşumu için gereklidir, bununla ilişkili gen kümesi ebp'dir (endocarditis-biofilm-associated pili). E. faecalis'in pili içermeyen bir mutantının, bir biyofilm üretmediği tespit edilmiştir (30).

Jelatinaz, gelE tarafından kodlanan ekstraselüler çinko metalloproteinazdır. Kollajen, fibrinojen, fibrin ve kompleman bileşenleri gibi konak dokusunu yıkıma uğratarak bakteriye besin sağlar. Aynı zamanda, bakterinin konak dokuya invazyonunda ve biyofilm oluşumunda fonksiyonu vardır (31).

E. faecalis'in feromonla indüklenebilen bir yüzey proteini olan, asal geni tarafından kodlanan agregasyon faktörü (AF); ökaryotik hücrelere adezyon ve konjugasyon sırasında hücreler arası temas için gereklidir (11). AF enterokokların nötrofil, kalp, endokard ve böbrek epitel hücreleri gibi çeşitli ökaryotik hücre yüzeylerine adezyonunu artırır (11). AF'nin ayrıca, kolajen tip I dahil olmak üzere ekstrasellüler matriks proteinlerine aracılık ettiği belirtilmiştir. Yapısal olarak AF'yi eksprese eden E. faecalis suşu OG1X(pAM721), AS (Aggregation Substance) - negatif suşu OG1X (pAM944)'ten iki kat daha fazla kolajen tip I'e bağlanmaktadır (32). Bakteriler tarafından tip I kollajene bağlanma, dentinin ana organik bileşeni olduğundan endodontik enfeksiyonlar açısından özellikle önemli olabilir (33).

Gram-pozitif bakterilerde bulunan lipoteikoik asit (LTA) de, lipopolisakkaritler (LPS) gibi pulpa ve periapikal dokularda patojenik özellikler gösterir (31,34). Fosfat içeren polimerlerin

bir grubu olan LTA'lar, birçok Gram-pozitif bakterinin hücre duvarı ve plazma zarlarında bulunurlar ve bakteri ölümünden sonra bile kök kanalında uzun süre kalarak kronik iltihaplanmaya neden olabilirler (35). Çeşitli laktobasiller, streptokoklar ve basillerden ekstrakte edilen LTA'ların, humoral antikolar (IgM, IgG ve IgA) üreten güçlü immunojenler olduğu tespit edilmiştir (34). E. Faecalis'ten izole edilen LTA'nın enflamatuvar cevabın çeşitli aşamalarında rol oynayan mediatörlerin salınması için lökositleri uyardığı bilinmektedir (36). Periapikal enflamatuvar süreç sırasında osteoklast oluşumunu teşvik ederek TNF- α , interleukin 1 beta (IL-1 β), interleukin 6 (IL-6), interleukin 8 (IL-8), prostaglandin E2 (PGE2) ekspresyonunu indüklediği ve kemik yıkımını artırdığı belirtilmiştir (37-39).

Düşük konsantrasyonlardaki LTA konak savunma sistemini uyarırken, daha yüksek seviyelerde, pulpa kaynaklı ağrı ve periradiküler enflamasyonu tetikledikleri belirtilmiştir (40). Kök kanallarındaki yüksek endotoksin içeriği, spontan ağrı, palpasyonda ağrı ve perküsyon hassasiyeti gibi endodontik belirti ve semptomlarla ilişkilendirilmiştir (41). Ayrıca, apikal foramenden periapikse ekstrüzyonu sonucu apikal periodontitis bulgularının devam edebileceği belirtilmiştir (42).

Kök Kanal Dezenfeksiyonunda Aktivasyon Sistemleri

Moleküler temelli klinik çalışmalar; kemo-mekanik preparasyonun kök kanallarındaki bakteri yükünü önemli ölçüde azaltmasına rağmen, birçok vakada kök kanal preparasyonundan sonra da tespit edilebilir

bakterilerin varlığını göstermiştir (43). Çalışmalar kemo-mekanik preparasyonun bakteri endotoksin seviyelerini azaltmada bakteri miktarına göre daha az etkili olduğunu belirtmişlerdir (44,45). Ayrıca, daha yüksek seviyelerdeki endotoksin seviyeleri ile klinik semptomlar (palpasyonda ağrı ve perküsyonda hassasiyet) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunduğunu rapor etmişlerdir (40,41,46). Böyle bir korelasyon, enfekte olmuş kök kanallarındaki endotoksin seviyelerindeki artışın, apikal periodontitisin şiddetinin artmasıyla klinik semptomların gelişimi ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir (40).

Kök kanal tedavisi sırasında ulaşılamayan pulpal alanlar dışında; el ve döner eğelerle uygulanan preparasyon işlemi sırasında oluşan smear tabakasının dentin tübüllerine penetrasyonu, hem kimyasal solüsyonun dezenfeksiyon etkinliğini azaltmakta, hem de kök kanal dolgu matının penetrasyonuna engel olmaktadır (47). Kök kanalının apikal üçlüsünde de smear tabakasının yeterli miktarda uzaklaştırılmaması apikal iyileşmenin prognozunda etkili olabilir.

Etkin bir kimyasal dezenfeksiyonun sağlanması için; irrigasyon solüsyonun dentin tübüllerine, istmuslara ve kökün apikal üçlüsüne kadar ulaştırılması gerekir. Konvansiyonel irrigasyon yönteminin etkin bir dezenfeksiyonda sınırlı kaldığı, yalnızca %37.97 bakteriyel azalma sağladığı rapor edilmiştir (48). Bir başka çalışmada ise kök kanal tedavisi öncesi, kemo-mekanik preparasyon sonrası ve irrigasyon aktivasyonu sonrası alınan örneklerde E. Faecalis miktarının pozitif korelasyon ile

azaldığı gözlenmiştir (49). İrrigasyon solüsyonunun etkinliğini arttırmak için çeşitli irrigasyon aktivasyon teknikleri geliştirilmiştir. Manuel aktivasyon teknikleri (konvansiyonel iğne aktivasyonu, fırçalar), basınç değişim sistemleri (EndoVac®, RinsEndo®), sonik sistemler, ultrasonik sistemler ve lazer aktivasyon teknikleri irrigasyon solüsyonlarının aktivasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır (50,51).

Konvansiyonel iğneler ile yapılan manuel aktivasyon tekniği; kanal içerisine yerleştirilen iğnenin aşağı ve yukarı hareket ettirilmesi ile irrigasyon solüsyonun hidrodinamik aktivasyonuna dayanır. Bu irrigasyon iğneleri açık uçlu ya da yandan perfore şeklinde olabilir (50). Yandan perfore irrigasyon iğnesi kullanımı apikal basıncı azaltarak, solüsyon taşma olasılığını azaltmaktadır (52,53). Fırçalar ise irrigasyon solüsyonunu kanala doğrudan iletmek için kullanılmaz. Kanal duvarlarının temizlenmesi veya irrigasyon solüsyonun aktive edilmesi için kullanılan yardımcı bir araçtır (50).

Basınç değişim sistemi esasına dayanan EndoVac'ta ise irrigasyon solüsyonu pulpa odasına taşınırken, solüsyonun periapikal alana taşmasını önlemek için negatif basınç yardımı ile geri çekme prensibi kullanılır. Bu şekilde kök kanalına sürekli taze irrigasyon solüsyonu akışı sağlanır (50). RinsEndo sisteminde ise basınç-emme teknolojisi ile irrigasyon solüsyonu bir kanül aracılığı ile kök kanalına taşınır. Emme aşamasında, kullanılan solüsyon ve hava çekilerek taze solüsyonun sürekli sirkülasyonu sağlanır (50).

Ultrasonik frekans aralığı 25-30 kHz'dir. Pasif ultrasonik irrigasyon (PUI)

terimi ilk olarak Weller ve ark. tarafından; ultrasonik ucun kanal duvarlarında preparasyon yapmadan, duvarlara teması olmadan yapılan irrigasyon şeklinde tanımlamak için kullanılmıştır (54). Kanal içinde kesme işlemi yapmayan eğenin titreşimiyle ultrasonik dalgalar şeklinde enerji salınımı gerçekleşir. Oluşan akustik akımlarla irrigasyon solüsyonunda kavitasyonlar oluşmaktadır. Ultrasonik aktivasyonun, prepare edilmemiş istmuslar ve lateral kanallar gibi ulaşılması güç bölgelerden nekrotik ve vital pulpa dokusu artıkları ile dentin debrisinin uzaklaştırmasında konvansiyonel irrigasyon yöntemine kıyasla daha etkili olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (55,56). Aynı zamanda biyofilm uzaklaştırmada da geleneksel iğne irrigasyonuna göre daha etkin olduğu gösterilmiştir (57).

Kök kanalına yerleştirilen bir eğe yardımıyla solüsyona yatay yönde enerji verme prensibi ile çalışan sonik aktif irrigasyon (SAI) cihazları ultrasonik aktivasyon cihazlarına göre daha düşük bir frekansa ve daha yüksek genliğe sahiptir. Daha düşük makaslama gerilimi üretir ve önemli ölçüde daha büyük bakteriyel yükün azalmasını sağlar (58-60). Ultrasonik irrigasyon aktivasyonunun aynı zamanda dentinin kontrolsüz bir şekilde uzaklaştırılmasına da yol açabileceği göz önüne alındığında, sonik aktivasyon sistemleri gibi daha düşük frekansta çalışan aktivasyon sistemleri araştırma konusu olmuştur (61,62). EndoActivator (EA, Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre), irrigasyonu aktive etmek için 33-167 Hz'de kök kanalı dentininde enstümantasyon yapmayan bir polimer ucu aktive eder. Eddy

(VDW, Münih, Almanya) yaklaşık 5000-6000 Hz frekansında, poliamid (polimer) uçla çalışan bir sonik aktivasyon sistemidir (63). Bir sistematik derleme çalışmasında, ultrasonik irrigasyon aktivasyonunun yüksek frekanslı titreşim sayesinde irrigasyon çözeltisinde kavitasyon ve akustik akış oluşturabildiği belirtilirken, Eddy gibi sonik aktivasyon sistemlerinde kavitasyonun tespit edilmediği ve titreşimin kavitasyon eşiğinin altında kaldığı bildirilmiştir (64).

Eddy 'nin frekansı (5000-6000 Hz) EA'ninkinden (190 Hz) çok daha yüksektir ve bu, temizleme etkinliğini arttırabilir (59). Sonuç olarak hem sonik hem de ultrasonik aktivasyon, konvansiyonel irrigasyon ile karşılaştırıldığında daha etkin temizlik sağlayarak bakteriyel yükü azalttığı söylenebilir (60,65). EA'nın, E. Faecalis miktarını geleneksel iğne irrigasyonuna göre daha fazla azalttığını bildiren bir çalışma da mevcuttur (49).

Sonik ve ultrasonik aktivasyon tekniklerinin kullanıldığı çalışmalarda yaygın olarak biyofilm uzaklaştırmada geleneksel iğne irrigasyonuna göre daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır (57,59).

Lazer ışığı, tek bir fotonun dalga boyudur ve temel etkisi fototermaldir (66). Hidroksiapatit mineralindeki OH- grupları ve dentin kristal yapılarındaki su molekülleri tarafından yüksek düzeyde emilen Er:YAG lazer (2940 nm), hızlı bir buharlaşma meydana getirir. Sonrasında meydana gelen mikro patlamalar, hem organik hem de inorganik doku parçacıklarının diş dokusundan uzaklaşmasını sağlar (67). Işık fotonlarının çok düşük enerji seviyelerinde ve mikro saniye atım süresinde gelişmiş lazer

sistemleri kullanılarak irrigasyon aktivasyonu uygulanmaktadır (68). PIPS (Photon-Induced Photoacoustic Streaming) kaplamasız uç tasarımına sahiptir, Er:YAG lazerle kullanılmak üzere geliştirilmiştir ve subablatif seviyelerde (fotoakustik ve fotomekanik olaylar) şok dalgaları üreterek sıvıların üç boyutlu yayılmasını sağlar (68). PIPS, irrigasyon solüsyonları için güvenli ve etkili bir aktivasyon uygulama şeklidir. Aktivasyon ucu dentin yapısının korunmasını sağlamak amacıyla entrümantasyonun koronal yönünde sabit tutularak çalıştırılır. Özellikle dar kök kanalları veya dallanmalar, solüsyonun akış hızını yavaşlatarak PIPS'in etkinliğini azaltmaktadır. Bu nedenle PIPS yönteminden farklı olarak, çok kısa aralıklarla iki ardışık lazer atımının (25 µs) kullanılmasıyla aktivasyon sağlayan SWEEPS (Shock Wave Enhanced Emission Photoacoustic Streaming) yöntemi geliştirilmiştir. SWEEPS; kısa süreli lazer atımları sayesinde daha hızlı kabarcık oluşturarak kök kanallarının düzensizliklerine ulaşım, temizleme etkinliğini artırır (69,70). Er:YAG lazerin; biyofilm tabakasına bakterisidal bir etkisi olduğu, biyomekanik preparasyonla ulaşılamayan alanların lazer kullanımıyla temizlenebildiği ve deneysel olarak E. faecalis ile enfekte edilmiş kök kanallarında Nd:YAG ve Er:YAG lazerin bakterisidal etkinlikleri karşılaştırıldığında; Er:YAG lazerin antimikrobiyal etkinliğinin Nd:YAG lazere göre özellikle düz kanallarda daha yüksek olduğu belirtilmiştir (71-73).

Nd:YAG lazer kullanımı da, kök kanal sisteminin kimyasal dezenfeksiyonuna bir alternatif olarak önerilmiştir (74). Dalga

boyu 1064 nm'dir ve yakın kızılötesi radyasyon yayar. Bu enerji hemoglobin ve melanin tarafından kolayca emilirken, su ve hidroksiapatit tarafından çok az emilmektedir. Nd:YAG lazerin antibakteriyel etkisinin; fotokimyasal, çevre dokuların sıcaklık artışıyla fototermal ya da bakterilerin içinde lokal ısı artışı şeklinde olabileceği düşünülmektedir (75–77). Ekim ve Erdemir (78); NaOCl (Sodyum Hipoklorit) ve EDTA (Etilendiamintetraasetik asit) kullanarak, PUI, EndoVac®, diode, Nd:YAG ve Er:YAG lazer irrigasyon aktivasyon yöntemleriyle smear tabakasının kaldırılmasında en etkili sonucun PIPS uçlarıyla birlikte kullanılan Er:YAG lazerde gözlendiğini rapor etmişlerdir. Özbay ve Erdemir (79), smear tabakasının kaldırılmasında lazer aktivasyon sistemlerinin en etkili yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

XP-Endo Finisher (XPF; FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, İsviçre) herhangi bir eğe ile kök kanal hazırlığı sonrasında kullanılacak sıcaklık değişimiyle şeklini değiştiren, süper esnek MaxWire alaşımından yapılmış tamamlayıcı bir alettir (80). Bu esneklik XPF'in eğri kanallar gibi düzensiz anatomilere daha kolay uyum sağlamasını sağlar (42). Eğenin yarım küre kısmının yarıçapı 1.5 mm'dir ancak dönüş sırasında 3 mm'lik bir yüzeyi etkiler. Sıfır apikal konikliğe ve retreatment için tasarlanmış aktif bir uca da sahiptir. XPF, preparasyon prosedüründen kaynaklanan kalıntıların uzaklaştırılmasını ve irrigasyon solüsyonlarının karmaşık anatomilere ve ulaşamayan kök kanal duvarlarına erişimini sağlar. XPF eğesi kök kanal duvarına uyum sağlarken dentin dokusunu

aşındırmaz. PUI ile etkinliğinin karşılaştırıldığı bir çalışmada XPF'nin kök kanalı kalıntılarının, bakterilerin, biyofilmin ve kalsiyum hidroksitin uzaklaştırılması gibi farklı prosedürlerde yüksek performans gösterdiği ve dolayısıyla kök kanalı dezenfeksiyonuna katkıda bulunduğu rapor edilmiştir (81). EA'nın kök kanalındaki bakteri yükünü XPF'e göre anlamlı derecede daha büyük bir azalma sağladığı bulunmuştur (49).

GantleWave (GW, Sonendo, Laguna Hills, CA, ABD) özellikle konservatif kök kanal preparasyonlarında kullanılan; kök kanal sistemi içerisinde mikrokabarcıkların sürekli oluşumu ve çökmesi ile hidrodinamik kavitasyon ve akustik akım oluşturmak amacıyla multisonik enerji ve sürekli sıvı iletimi prensibine dayanan bir irrigasyon sistemidir (82). Geleneksel irrigasyon yöntemlerinin büyük ölçüde mekanik ve ultrasonik aktivasyona dayanmasının aksine, bu sistem irrigant akışı ve kavitasyon etkilerini iyileştirmeyi hedefleyerek, dentin uzaklaştırılmasını en aza indirirken anatomik olarak kompleks bölgelerin daha etkili temizlenmesine olanak sağlar (83). Sistemin preparasyon yapılmamış kanallarda bile biyofilm uzaklaştırmada etkili bulunduğunu gösteren bir çalışma da mevcuttur (84). Ayrıca, GW'nin negatif basınç mekanizması irrigantların pulpa odasından sürekli olarak uzaklaştırılmasını sağlayarak apikal ekstrüzyon riskini azalttığı belirtilmektedir (82). Bununla birlikte GW sisteminin yüksek maliyet ve sınırlı erişilebilirlik gibi önemli kısıtlılıkları bulunmaktadır (82).

Self-adjusting file (SAF), özel bir sürekli irrigasyon sistemi ile birlikte pürüzlü bir dış yüzeye sahip, içi boş nikel-titanyum kafes

yapısından oluşan özgün bir preparasyon sistemidir (85). Geleneksel döner eğelerin simetrik olarak merkezlenmiş yapılarından farklı olarak, SAF'ın ucu kafes yapının duvarı boyunca asimetrik şekilde konumlanmıştır (85). SAF, esnek ve sıkıştırılabilir yapısı sayesinde kanal morfolojisine üç boyutlu olarak uyum sağlayarak, düşük genlikli ileri-geri hareketlerle dentini kazıma prensibine göre çalışır; bu sayede kanalın doğal anatomisinin korunmasına katkıda bulunur (85,86). Bukkolingual yönde genişlerken meziodistal yönde sıkışır (85). Bu sayede dentin kaldırılması minimize edilirken, kanalın orijinal yapısına uyum sağlanması mümkün olur (85).

SONUÇ

Endodontik tedavi, enfeksiyonun ve bakterilerin kök kanal sisteminden uzaklaştırılmasını ve enfeksiyon yeniden oluşumunu engellemeyi amaçlamaktadır. preparasyon, irrigasyon, irrigasyon aktivasyonu, kök kanal medikamenti gibi çeşitli faktörler tedavinin başarısını etkilemektedir. Bu nedenle dentin tübüllerinde, 300 ile 1500 µm derinliğe kadar ulaşan bakteriyel yayılımının dezenfeksiyonu sadece konvansiyonel irrigasyon yöntemleriyle sağlanamamaktadır. İrrigasyon sırasında solüsyonun aktive edilmesi dezenfeksiyonu daha etkin kılmaktadır. İncelenen 28 in vitro çalışma, 23 derleme makalesi, 16 araştırma makalesi, 10 klinik çalışma, 3 epidemiyolojik rapor ve 1 kongre bildirisi sonucunda; çeşitli irrigasyon aktivasyon sistemleri kullanmanın geleneksel irrigasyon sistemlerine göre biyofilm uzaklaştırmada ve etkin dezenfeksiyonun

sağlanmasında daha etkili olduğu görülmüştür.

Teşekkür: Çalışma için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Etik Onay: Bu araştırma derleme olduğu nedeniyle Etik Kurul İzin gerekli olmayıp, araştırma sürecinde bilimsel araştırma ve yayın etik ilkelerine uyulmuştur.

Finansal Destek: Bu çalışma için herhangi bir kurum veya kuruluştan finansal destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan etmişlerdir.

Yazar Katkıları: Ana fikir/planlama: YŞ, DH; Analiz-yorum: YŞ, DH; Veri sağlama: YŞ, DH; Yazım: YŞ, DH; Gözden geçirme ve düzeltme: YŞ, DH; Onaylama: YŞ, DH

KAYNAKLAR

1. Smith AJ. Pulpal responses to caries and dental repair. Caries Res. 2002;36(4):223-232.
2. Sasaki H, Hirai K, M Martins C, Furusho H, Battaglino R, Hashimoto K. Interrelationship between periapical lesion and systemic metabolic disorders. Curr Pharm Des. 2016;22(15):2204-2215.
3. Nair PNR. Pathogenesis of a apical periodontitis and the causes of endodontic failures. Critical Reviews in Oral Biology & Medicine. 2004;15(6):348-381.
4. Shin JM, Luo T, Lee KH, et al. Deciphering endodontic microbial communities by next-generation sequencing. J Endod. 2018;44(7):1080-1087.
5. Manoil D, Al-Manei K, Belibasakis GN. A Systematic Review of the Root Canal Microbiota Associated with Apical Periodontitis: Lessons from Next-

Generation Sequencing. *PROTEOMICS – Clin Appl.* 2020;14(3):1900060.

6. Siqueira Jr JF. Endodontic infections: concepts, paradigms, and perspectives. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2002;94(3):281-293.

7. Gomes BPF de A, Herrera DR. Etiologic role of root canal infection in apical periodontitis and its relationship with clinical symptomatology. *Braz Oral Res.* 2018;32(suppl 1):e69.

8. Abusrewil S, Alshanta OA, Albashaireh K, et al. Detection, treatment and prevention of endodontic biofilm infections: what's new in 2020? *Crit Rev Microbiol.* 2020;46(2):194-212.

9. Almatroudi A. Biofilm resilience: molecular mechanisms driving antibiotic resistance in clinical contexts. *Biology.* 2025;14(2):165.

10. Pereira RS, Rodrigues VAA, Furtado W, Gueiros S, Pereira GS, Avila-Campos MJ. Microbial analysis of root canal and periradicular lesion associated to teeth with endodontic failure. *Anaerobe.* 2017;48:12-18.

11. Fisher K, Phillips C. The ecology, epidemiology and virulence of *Enterococcus*. *Microbiology.* 2009;155(6):1749-1757.

12. Public Health England. Laboratory surveillance of *Enterococcus* spp. bacteraemia in England: 2020. *Health Protection Report.* 2020;15(17):1–15.

13. Piezzi V, Gasser M, Atkinson A, et al. Increasing proportion of vancomycin resistance among enterococcal bacteraemias in Switzerland: a 6-year nation-wide surveillance, 2013 to 2018. *Eurosurveillance.* 2020;25(35).

14. Thienngern P, Panichuttra A, Ratisoontorn C, et al. Efficacy of chitosan paste as intracanal medication against

Enterococcus faecalis and *Candida albicans* biofilm compared with calcium hydroxide in an in vitro root canal infection model. *BMC Oral Health.* 16 Ağustos 2022;22(1):354.

15. Mergoni G, Manfredi M, Bertani P, et al. Activity of two antimicrobial peptides against *Enterococcus faecalis* in a model of biofilm-mediated endodontic infection. *Antibiotics.* 2021;10(10):1220.

16. Velázquez-Moreno S, González-Amaro AM, Aragón-Piña A, et al. Use of a cellulase from *trichoderma reesei* as an adjuvant for *enterococcus faecalis* biofilm disruption in combination with antibiotics as an alternative treatment in secondary endodontic infection. *Pharmaceutics.* 2023;15(3):1010.

17. Rôças IN, Siqueira Jr JF, Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod.* 2004;30(5):315-320.

18. Bilgin B. Kök kanal tedavisi yenilenen dişlerde kanal içi dezenfeksiyon yöntemlerinin enfekte kök kanallarındaki *enterococcus faecalis* ve *candida albicans* sayılarındaki azalmaya etkisinin PCR yöntemi ile incelenmesi. (Erişim Tarihi: 9 Aralık 2024). <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/596806>

19. Barbosa-Ribeiro M, De-Jesus-Soares A, Zaia AA, Ferraz CC, Almeida JF, Gomes BP. Quantification of lipoteichoic acid contents and cultivable bacteria at the different phases of the endodontic retreatment. *J Endod.* 2016;42(4):552-556.

20. Molander A, Reit C, Dahlén G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J.* 1998;31(1):1-7.

21. Moreno MF, Sarantinopoulos P, Tsakalidou E, De Vuyst L. The role and application of enterococci in food and

- health. *Int J Food Microbiol.* 2006;106(1):1-24.
22. Saeedi B, Hällgren A, Jonasson J, Nilsson LE, Hanberger H, Isaksson B. Modified pulsed-field gel electrophoresis protocol for typing of enterococci. *Apmis.* 2002;110(12):869-874.
23. Nakajo K, Iwami Y, Komori R ve ark. The resistance to acidic and alkaline environments of endodontic pathogen *Enterococcus faecalis*. In: *International Congress Series. Vol 1284.* 2005:191-192.
24. Medeiros AW, Pereira RI, Oliveira DV de, et al. Molecular detection of virulence factors among food and clinical *Enterococcus faecalis* strains in South Brazil. *Braz J Microbiol.* 2014;45:327-332.
25. Francisco PA, Fagundes PI da G, Lemes-Junior JC, Lima AR, Passini MRZ, Gomes BP. Pathogenic potential of *Enterococcus faecalis* strains isolated from root canals after unsuccessful endodontic treatment. *Clin Oral Investig.* 2021:1-9. Epub 2021
26. Sava IG, Heikens E, Huebner J. Pathogenesis and immunity in enterococcal infections. *Clin Microbiol Infect.* 2010;16(6):533-540.
27. Raad II, Hanna HA, Boktour M, et al. Vancomycin-Resistant *Enterococcus faecium* : Catheter Colonization, esp Gene, and Decreased Susceptibility to Antibiotics in Biofilm. *Antimicrob Agents Chemother.* 2005;49(12):5046-50.
28. Upadhyaya GP, Lingadevaru UB, Lingegowda RK. Comparative study among clinical and commensal isolates of *Enterococcus faecalis* for presence of esp gene and biofilm production. *The Journal of Infection in Developing Countries.* 2011;5(05):365-9.
29. Latasa C, Solano C, Penadés JR, Lasa I. Biofilm-associated proteins. *C R Biol.* 2006;329(11):849-857.
30. Budzik JM, Schneewind O. Pili prove pertinent to enterococcal endocarditis. *J Clin Invest.* 2006;116(10):2582-2584.
31. Qin X, Singh KV, Weinstock GM, Murray BE. Effects of *Enterococcus faecalis* fsr Genes on Production of Gelatinase and a Serine Protease and Virulence. *Infect Immun.* 2000;68(5):2579-2586.
32. Rozdzinski E, Marre R, Susa M, Wirth R, Muscholl-Silberhorn A. Aggregation substance-mediated adherence of *Enterococcus faecalis* to immobilized extracellular matrix proteins. *Microb Pathog.* 2001;30(4):211-220.
33. Linde A, Goldberg M. Dentinogenesis. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1993;4(5):679-728.
34. Wicken AJ, Knox KW. Lipoteichoic Acids: A New Class of Bacterial Antigen: Membrane lipoteichoic acids can function as surface antigens of gram-positive bacteria. *Science.* 1975;187(4182):1161-1167.
35. Zhao L, Chen J, Cheng L, ve ark. Effects of *Enterococcus faecalis* lipoteichoic acid on receptor activator of nuclear factor- κ B ligand and osteoprotegerin expression in periodontal ligament fibroblasts. *Int Endod J.* 2014;47(2):163-172.
36. Kayaoglu G, Ørstavik D. Virulence Factors of *Enterococcus Faecalis*: Relationship to Endodontic Disease. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004;15(5):308-320.
37. Park OJ, Han JY, Baik JE, ve ark. Lipoteichoic acid of *Enterococcus faecalis* induces the expression of chemokines via TLR2 and PAFR signaling pathways. *J Leukoc Biol.* 2013;94(6):1275-1284.
38. Wang S, Liu KUN, Seneviratne CJ, et al. Lipoteichoic acid from an *Enterococcus faecalis* clinical strain promotes TNF- α expression through the NF- κ B and p38 MAPK signaling pathways in differentiated

- THP-1 macrophages. Biomedical reports. 2015;3(5):697-702.
39. Tominari T, Sanada A, Ichimaru R, et al. Gram-positive bacteria cell wall-derived lipoteichoic acid induces inflammatory alveolar bone loss through prostaglandin E production in osteoblasts. Scientific Reports. 2021;11(1):13353.
40. Martinho FC, Gomes BP. Quantification of endotoxins and cultivable bacteria in root canal infection before and after chemomechanical preparation with 2.5% sodium hypochlorite. J Endod. 2008;34(3):268-272.
41. Schein B, Schilder H. Endotoxin content in endodontically involved teeth. J Endod. 2006;32(4):293-295.
42. Silva LAB, Nelson-Filho P, Leonardo MR, Rossi MA, Pansani CA. Effect of calcium hydroxide on bacterial endotoxin in vivo. J Endod. 2002;28(2):94-98.
43. Neves MA, Provenzano JC, Rôças IN, Siqueira Jr JF. Clinical antibacterial effectiveness of root canal preparation with reciprocating single-instrument or continuously rotating multi-instrument systems. J Endod. 2016;42(1):25-29.
44. Herrera DR, Martinho FC, de-Jesus-Soares A, ve ark. Clinical efficacy of EDTA ultrasonic activation in the reduction of endotoxins and cultivable bacteria. Int Endod J. 2017;50(10):933-940.
45. Gomes BP, Martinho FC, Vianna ME. Comparison of 2.5% sodium hypochlorite and 2% chlorhexidine gel on oral bacterial lipopolysaccharide reduction from primarily infected root canals. J Endod. 2009;35(10):1350-1353.
46. Jacinto RC, Gomes BP, Shah HN, Ferraz CC, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Quantification of endotoxins in necrotic root canals from symptomatic and asymptomatic teeth. J Med Microbiol. 2005;54(8):777-783.
47. Walsh LJ, George R. Activation of alkaline irrigation fluids in endodontics. Materials. 2017;10(10):1214.
48. Kore P, Jambagi N, Dhaded NS, Patil SA, Shankar M. Comparison of Antimicrobial Efficacy of Diode Laser, Ultrasonic Activated and Conventional Irrigation with 2.5% NaOCl during RCT: An Interventional Study. J Contemp Dent Pract. 2021;22(6):669-673.
49. Hepsenoglu YE, Ersahan S. Is XP -endo Finisher a better treatment option for its efficacy against intracanal bacteria for post-treatment apical periodontitis cases than Endo Activator? Aust Endod J. 2023;49(S1):399-412.
50. Gu L sha, Kim JR, Ling J, Choi KK, Pashley DH, Tay FR. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. J Endod. 2009;35(6):791-804.
51. Siqueira Jr JF, Rôças IN. Optimising single-visit disinfection with supplementary approaches: A quest for predictability. Aust Endod J. 2011;37(3):92-98.
52. Aban Tiltay A. Farklı irrigasyon sistemlerinin kök kanalı dolgu materyalini uzaklaştırmadaki etkinliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Accessed March 24, 2025. <https://nek.istanbul.edu.tr/ekos/TEZ/ET004010.pdf>
53. AkyüzEkim SN, Erdemir A. Endodontide irrigasyon aktivasyon yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Dış Hekim Fakültesi Derg. 2015;10(10).
54. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. J Endod. 1980;6(9):740-743.
55. Ali NT, El-Boghdadi RM, Ibrahim AM, Amin SAW. Clinical and microbiological effects of ultrasonically activated irrigation versus syringe irrigation during endodontic treatment: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. Odontology. 2022;110(3):419-33.

56. Chalub LO, Nunes GP, Strazzi-Sahyon HB, et al. Antimicrobial effectiveness of ultrasonic irrigation in root canal treatment: a systematic review of randomized clinical trials and meta-analysis. *Clin Oral Invest.* 2023;27(4):1343-61.
57. Josic U, Mazzitelli C, Maravic T, et al. Biofilm in endodontics: In vitro cultivation possibilities, sonic-, ultrasonic-and laser-assisted removal techniques and evaluation of the cleaning efficacy. *Polymers.* 2022;14(7):1334.
58. Uysal O, Uysal BA, Öveçođlu HS. Farklı İrrigasyon Aktivasyon Tekniklerinin Kalsiyum Hidroksit Uzaklaştırmadaki Etkinliğinin Taramalı Elektron Mikroskobu ile İncelenmesi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekim Derg.* 2023;5(2):60-66.
59. Swimberghe RCD, De Clercq A, De Moor RJG, Meire MA. Efficacy of sonically, ultrasonically and laser-activated irrigation in removing a biofilm-mimicking hydrogel from an isthmus model. *Int Endod J.* 2019;52(4):515-523.
60. Hoedke D, Kaulika N, Dommisch H, Schlafer S, Shemesh H, Bitter K. Reduction of dual-species biofilm after sonic- or ultrasonic-activated irrigation protocols: A laboratory study. *Int Endod J.* 2021;54(12):2219-2228.
61. Conde AJ, Estevez R, Loroño G, Valencia De Pablo Ó, Rossi-Fedele G, Cisneros R. Effect of sonic and ultrasonic activation on organic tissue dissolution from simulated grooves in root canals using sodium hypochlorite and EDTA. *Int Endod J.* 2017;50(10):976-982.
62. Boutsoukis C, Tzimpoulas N. Uncontrolled removal of dentin during in vitro ultrasonic irrigant activation. *J Endod.* 2016;42(2):289-293.
63. Eggmann F, Vokac Y, Eick S, Neuhaus KW. Sonic irrigant activation for root canal disinfection: power modes matter! *BMC Oral Health.* Aralık 2020;20(1):102.
64. Chu X, Feng S, Zhou W, et al. Cleaning efficacy of EDDY versus ultrasonically-activated irrigation in root canals: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* Mart 2023;23(1):155.
65. Boutsoukis C, Arias-Moliz MT. Present status and future directions – irrigants and irrigation methods. *Int Endodontic J.* 2022;55(S3):588-612.
66. Mohammadi Z. Laser applications in endodontics: an update review. *International Dental Journal.* 2009;35-46. Epub 2009 February 1.
67. Lin S, Liu Q, Peng Q, et al. The ablation threshold of Er: YAG laser and Er, Cr: YSGG laser in dental dentin. *Sci Res Essays.* 2010;5(16):2128-35.
68. DiVito E, Lloyd A. ER: YAG laser for 3-dimensional debridement of canal systems: use of photon-induced photoacoustic streaming. *Dentistry today.* 2012;31(11):122-4.
69. Cin, A. Kök kanal tedavisinde kullanılan modern irrigasyon tekniklerinin diş hekimleri tarafından bilinirliğinin değerlendirilmesi: bir anket çalışması. 2023.
70. Hatipođlu F, Arıcıoğlu B, Hatipođlu Ö et al. Enterococcus Faecalis Biyofilmlerinin Ortadan Kaldırılmasında Er: YAG Yöntemlerinin (PIPS-SWEEPS) Karşılaştırılması. *Selcuk Dental Journal,* 2021;8(3).
71. Matsumoto H, Yoshimine Y, Akamine A. Visualization of irrigant flow and cavitation induced by Er: YAG laser within a root canal model. *J Endod.* 2011;37(6):839-843.
72. Zhu X, Yin X, Chang JWW, Wang Y, Cheung GSP, Zhang C. Comparison of the Antibacterial Effect and Smear Layer Removal Using Photon-Initiated

Photoacoustic Streaming Aided Irrigation Versus a Conventional Irrigation in Single-Rooted Canals: An In Vitro Study. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(8):371-377.

73. Özses Özkaya B. Lazerle aktive edilmiş farklı irrigasyon solüsyonlarının intrakanal enterococcus faecalis biyofilmi üzerine antimikrobiyal etkinliklerinin in vitro incelenmesi. (Erişim tarihi : 7 Ocak 2025) . <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/65896>

74. Strakas D, Franzen R, Kallis A, Vanweersch L, Gutknecht N. A comparative study of temperature elevation on human teeth root surfaces during Nd: YAG laser irradiation in root canals. *Lasers Med Sci.* 2013;28:1441-1444.

75. Franzen R, Gutknecht N, Falken S, Heussen N, Meister J. Bactericidal effect of a Nd: YAG laser on Enterococcus faecalis at pulse durations of 15 and 25 ms in dentine depths of 500 and 1,000 µm. *Lasers Med Sci.* 2011;26:95-101.

76. Moritz A, Jakolitsch S, Goharkhay K, ve ark. Morphologic changes correlating to different sensitivities of Escherichia coli and Enterococcus faecalis to Nd:YAG laser irradiation through dentin. *Lasers Surg Med.* 2000;26(3):250-261.

77. Hibst R, Graser R, Udart M, Stock K. Mechanism of high-power NIR laser bacteria inactivation. *J Biophotonics.* 2010;3(5-6):296-303.

78. AkyuzEkim SN, Erdemir A. Comparison of different irrigation activation techniques on smear layer removal: An in vitro study. *Microsc Res Tech.* 2015;78(3):230-239.

79. Ozbay Y, Erdemir A. Effect of several laser systems on removal of smear layer with a variety of irrigation solutions. *Microsc Res Tech.* 2018;81(10):1214-1222.

80. Karova E, Dogandzhiyska V, Tsenova-Ilieva I, Raykovska M. Endodontic retreatment with D-Race NiTi instruments supplemented with XP-Endo Finisher R. *EAS J Dent Oral Med.* 2022;4:80-85.

81. De-Deus G, Belladonna FG, de Siqueira Zuolo A, ve ark. Micro-CT comparison of XP-endo Finisher and passive ultrasonic irrigation as final irrigation protocols on the removal of accumulated hard-tissue debris from oval shaped-canals. *Clin Oral Investig.* 2019;23:3087-3093.

82. Usta SN, Dođuş E, Gündođar M. Effectiveness of the GentleWave system in root canal disinfection: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2026;26(1):296.

83. de Araújo LP, de Araújo BCC, Immich F, et al. Clinical and laboratory insights into the GentleWave system: a scoping review. *Journal of Endodontics.* 2026;52(2):212–226.

84. Kim KH, Lévesque C, Malkhassian G, et al. Efficacy of the GentleWave System in the removal of biofilm from the mesial roots of mandibular molars before and after minimal instrumentation: An ex vivo study. *Int Endodontic J.* 2024;57(7):922-32.

85. Yashas DM, Basavanna RS, Kumar ND, Arya A, Jain P, Adhulia I. Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Teeth Instrumented by Self adjusting File, Protaper NEXT, and Hyflex EDM: An In vitro Study. *Contemporary Clinical Dentistry.* 2025;16(2):111.

86. Candeiro GT de M, Menezes AST de, Oliveira ACS de, et al. Successful nonsurgical treatment of type II dens invaginatus with 5 root canals using a self-adjusting file: a case report. *Restor Dent Endod.* 2023;48(2).

Şimşek Y, Hañçerliođulları D. Farklı İrrigasyon Aktivasyon Tekniklerinin Tek Seans Kök Kanal Dezenfeksiyonu Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Van Diş Hekimliği Dergisi* 2026;7(1);35-48