



ALTERNATİF İRRİGASYON SOLÜSYONU OLARAK GÜMÜŞ NANOPARÇACIKLARIN *E. FAECALIS* ÜZERİNE ANTİBAKTERİYEL ETKİSİ*

ANTIBACTERIAL EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES AS AN ALTERNATIVE IRRIGATION SOLUTION ON *E. FAECALIS**

Doç. Dr. Şefika Nur AKYÜZ EKİM*
Arş. Gör. Osman Emin KAYA**

Prof. Dr. Ali ERDEMİR**
Doç. Dr. Hakan ÇİFTÇİ***

Makale Kodu/Article code: 2569

Makale Gönderilme tarihi: 26.01.2016

Kabul Tarihi: 19.04.2016

ÖZ

Amaç Bu çalışmanın amacı *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) ile enfekte edilmiş insan kök kanallarında %5.25 sodyum hipoklorit (NaOCl), %2 Klorheksidin glukonat (CHX), %0.0023 ve %0.0047 konsantras- yonlardaki gümüş nanoparçacıkların (AgNP) anribak- teriyel etkinliğini belirlemektir.

Gereç ve Yöntem Kırk altı çekilmiş üst çene santral kesici dişin kronu uzaklaştırıldı, ProTaper Sistem (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ile F3 boyutuna kadar genişletildi. Örnekler sterilize edildi. Steril üç adet kanal negatif kontrol grubu olarak ayrıldı. Kırk üç adet kök kanalı *E. faecalis* (ATCC 29212) ile 1 hafta inoküle edildi. *E. faecalis* ile inoküle edilmiş üç adet kök kanalı pozitif kontrol grubu olarak ayrıldı. İrrigasyon prosedürlerinden önce mikrobiyal ör- nekler elde edildi ve koloni oluşturma birimleri hesap- landı. Kırk adet kök kanalı kullanılan irrigasyon prose- dürlerine göre (n=10) şu şekilde 4 gruba ayrıldı; Grup 1: %5.25 NaOCl; Grup 2: %2 CHX; Grup 3: %0.0023 AgNP solüsyonu, Grup 4: %0.0047 AgNP solüsyonu. İrrigasyon prosedürlerinden sonra, koloni sayısındaki yüzdesel azalma belirlendi. Veriler istatistiksel olarak tek yönlü varyans analizi ve Tahmane's T2 post hoc testi ile analiz edildi.

Bulgular NaOCl (%100) ve CHX (%98) solüsyonları *E. faecalis* üzerinde istatistiksel olarak eşit etkinliğe (P> 0.05) sahipti ve her ikisinin de koloni sayısındaki yüz- desel azaltma etkinliği %0.0047 AgNP (%64) ve % 0.0023 AgNP (%60) solüsyonlarından (P<0.05) ista- tistiksel olarak önemli düzeyde fazlaydı.

Sonuç Her iki AgNP (23 ve 47 ppm) solüsyonu da, NaOCl ve CHX solüsyonlarına göre daha az antibakteriyel aktiviteye sahipti.

Anahtar kelimeler Gümüş nanoparçacıklar, irrigasyon, klorheksidin glukonat, kök kanalı, sodyum hipoklorit

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to evaluate the antibacterial effect of 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl), 2% chlorhexidine (CHX) gluconate, 0.0023% and 0.0047% concentrations of silver nanoparticles (AgNP) solutions in human root canals infected by *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*).

Material and Methods Forty-six extracted maxillary central incisor teeth were decoronated, prepared with ProTaper System (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) up to a master apical file size of F3. The specimens were sterilized. The three sterilized root canals were divided as a negative control. Forty-three root canals were inoculated with *E. faecalis* (ATCC 29212) for 1 week. The three root canals, inoculated with *E. faecalis*, were preserved as positive control. Microbial samples were obtained before irrigation procedures and colony forming units were counted. Forty root canals were divided into four (n=10) groups according to the irrigation solutions used as follows; Group 1: 5.25% NaOCl; Group 2: 2% CHX; Group 3: 0.0023% AgNP solution, Group 4: 0.0047% AgNP solution. After irrigation procedures, the percentage reduction in colony counts (%RCC) was determined. The data were statistically analyzed using one-way analysis of variance and Tahmane's T2 post hoc tests.

Results NaOCl (100%) and CHX (98%) solutions were equally effective (P > 0.05) on *E. faecalis* and the RCC of them were significantly higher than 0.0047% AgNP (64%) and 0.0023% AgNP (60%) solutions. (P < 0.05)

Conclusions The both AgNP (23 and 47 ppm) solutions had less antibacterial activity than NaOCl and CHX solutions.

Key words Silver nanoparticles, irrigation, chlorhexidine gluconate, root canal, sodium hypochlorite

*Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD

**Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti AD

***Kırıkkale Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü

*Bu çalışma 16-19 Eylül 2015 tarihleri arasında İspanya/Barselona'da düzenlenen olan 17. European Society of Endodontology (ESE) Kongresinde poster sunumu olarak sunulmuştur.



GİRİŞ

Biyolojik olarak, kök kanal sisteminde bulunan mikroorganizmaların ve bunların yan ürünlerinin dental tübüllerden etkin bir şekilde uzaklaştırılması, kök kanal tedavisinin başarılı olmasında anahtar role sahiptir.¹

Endodontik enfeksiyonların patogeneğinde etkin olan bakteriyel faktörler, mekanik yöntemlerle uzaklaştırılabilirler ancak karmaşık kök kanal anatomisi nedeniyle mekanik yöntemlerle ulaşılamayan bölgeler mikrobiyal yapıların bu alanlarda yaşaması ve üremesine zemin oluşturmaktadır.¹⁻³

Kök kanal irrigasyonu, kök kanal sisteminde bulunan biyofilm tabakasının, mikroorganizmaların, enfekte olmuş yumuşak ve sert dokuların uzaklaştırılmasında özellikle mekanik yöntemlerle ulaşılamayan dentin yüzeylerinde dezenfeksiyonun sağlanmasında endodontik tedavinin ayrılmaz bir parçasıdır.⁴⁻⁶ Bu amaca yönelik kök kanallarında antimikrobiyal özelliğe sahip çeşitli irrigasyon solüsyonlarının kullanılması önerilmiştir ve bunlar arasında sodyum hipoklorit (NaOCl) ve klorheksidin glukonat (CHX) yaygın olarak kullanılan solüsyonlar arasındadır.^{2,5} Günümüze kadar yapılan in vivo ve in vitro araştırmalarda her iki irrigasyon solüsyonunun da antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğu kanıtlanmıştır.^{4,5,7}

Nanoparçacıklar, 1 ile 100 nm boyut aralığındaki parçacıklar olarak tanımlanmaktadır.⁸ Sahip oldukları boyut ve geniş yüzey alanı -hacim ilişkisine bağlı olarak antimikrobiyal etki gibi nano ölçekli etkilere neden olurlar.⁹ Son yıllarda, nanoparçacıklar sahip oldukları antibakteriyel özelliklerinden dolayı bir çok endüstriyel üründe olduğu gibi endodontide de geniş uygulama alanı bulmuştur.^{10,11} Gümüş nanoparçacıklar (AgNP), yüzey alanlarının büyüklüğüne bağlı olarak hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakterilere karşı etkin antimikrobiyal özelliğe sahip yapılardır.¹² Son yıllarda yapılan araştırmalar, AgNP'in kök kanallarında irrigasyon solüsyonu olarak etkin bir antimikrobiyal ajan olduğunu göstermektedir.^{10,11}

Literatürde, endodontide yaygın olarak kullanılan irrigasyon solüsyonlarının AgNP solüsyonları ile etkinliklerinin karşılaştırıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, kök kanallarında farklı konsantrasyonlara sahip AgNP solüsyonları ile yaygın olarak kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) bakteri türüne karşı antimikrobiyal etkinliklerini belirlemektir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Etik komitesi (Protokol numarası:16/03) tarafından onaylanmıştır. Çalışma için periodontal nedenlerle çekilmiş 46 adet tek kök -kanallı çürüksüz insan üst çene santral diş kullanıldı. Kök yüzeyinde bulunan organik artıklar ve doku kalıntıları periodontal küret yardımı ile uzaklaştırıldı. Dişler temizlendikten sonra çalışma zamanına kadar oda sıcaklığında serum fizyolojik solüsyonunda saklandı.

Tüm dişlerin kronları , kök boyları 16 mm±0.5 mm olacak şekilde su soğutması altında , yüksek devirli, steril bir elmas frezle mine-sement sınırından uzaklaştırıldı. 10 numaralı K tipi eğe (Mani Co, Tokyo, Japan) dişlerin apikal foramenlerinde görüldükten sonra her bir kök kanalının çalışma boyutu bu ölçümden 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Kök kanallarında ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) döner alet sistemi ile F3 boyutuna kadar genişletme yapıldı ve her bir eğe arasında 1 mL %2.5 NaOCl kullanıldı . Eğeleme işlemlerini takiben smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla her bir kök kanalı %5.25 NaOCl (Çağlayan Kimya San ., Konya, Türkiye) ve %17 EDTA (Werax, İzmir, Türkiye) solüsyonları ile yıkandı. İrrigasyon işlemlerini takiben, kök kanalları 3 mL steril distile su ile yıkandı ve steril kağıt konularla (Meta Dental Co., Ltd., Korea) kurulandı. Her bir kök kanalı, 1 mL triptik soy bulyon (TSB) besiyeri içeren mikrosantrifuj tüplere ayrı ayrı yerleştirildi ve 30 dakika boyunca 121°C'de otoklavda sterilize edildi.

İnokülasyon ve örnekleme prosedürleri

Çalışmanın mikrobiyolojik deneysel basamaklarının tümü, dış kaynaklı bakteriyel kontaminasyonu önlemek amacı ile aseptik şartlarda sınıf II biyolojik güvenlik kabininde gerçekleştirildi.

Bakteri türü olarak *E. faecalis* (ATCC 29212) suşu kullanıldı. Triptik Soya (TS) agara ekimleri yapılan *E. faecalis* suşunun, 37°C' de mikroaerofilik ortamda 24 saat inkübe edilerek saf kültürleri hazırlandı. Üreyen *E. faecalis* suşlarının McFarland bulanıklık değeri 0,5 olacak şekilde karşılaştırılarak ayarlandı (1.5 x 10⁸ cfu/mL). Daha sonra kökler çalışma dizaynına uyacak şekilde 3'er adet örnek kontrol gruplarında (pozitif ve negatif) ve 10'ar adet örnek 4 farklı deney grubunda olmak üzere toplam 6 gruba ayrıldı. Negatif kontrol grubundaki örnekler hariç, diğer gruplardaki örneklerin kök kanallarına hazırlanan *E. faecalis*



süspansiyonundan, steril 1 mL'lik tüberkülin şırıngası yardımıyla 1 mL ekildi. Örnekler, kök kanallarının kontaminasyonunu sağlamak için 37 °C 'de 7 gün boyunca inkübe edildi. Bu 7 günlük süre boyunca üç günde bir mevcut besiyerleri boş enjektörlerle çekilip yerine 1 mL steril ve taze TSB besiyeri koyuldu. Besiyeri değişimi yapılırken her bir tüpteki besiyerlerinden 5 µl alınarak TS agara ekim yapıldı, 37°C'de etüvde 24 saat inkübe edildi ve kontaminasyon yönünden değerlendirildi. Örneklerin hiçbirinde *E. faecalis* dışında bir bakteri üremesi gözlemlenmedi.

İnkübasyonun ardından, kök kanalları mevcut besiyerini uzaklaştırmak için 5 mL serum fizyolojikle yıkandı. *E. faecalis* ile enfekte edilmiş köklerin irrigasyon işlemleri uygulanmadan önce ilk mikrobiyolojik örnekleme için birbirini takip eden 3 ayrı steril 30 numaralı kağıt kon kanalda 1'er dk. süre ile bekletildi. Daha sonra kağıt konlar, steril 0,5 mL TSB içeren tüp içerisine koyuldu ve tüp Vortex cihazına (Vortex-AP56-Phoenix, Araraquara, SP, Brazil) yerleştirilerek 5 dk. boyunca çalkalandı. Çalkalanan besiyerinden 100 µl örnek sıvı alınarak TS agara ekim yapıldı ve 24 saat 37°C'de inkübe edildi. Agar besiyerlerindeki koloni sayım yönteminde elde edilen sonuçlar mililitredeki koloni oluşturan birim (kob/mL) şeklinde hesaplandı. Hazırlanan köklerin 3 tanesi pozitif kontrol grubu olarak ayrıldı.

Gümüş nanoparçacıkların sentezi

Gümüş nitrat (AgNO₃), hidroksilamin hidroklorür (NH₂OH-HCl) ve sodyum hidroksit (NaOH) Merck (Darmstadt, Germany) firmasından temin edildi. Tüm solüsyonlar deiyonize su kullanılarak hazırlandı. Deiyonize su, millipore ultra saf su cihazı kullanılarak (18.2 MΩ.cm) elde edildi.

Kolloidal gümüş nanoparçacıklar, Leopold and Lendl'in¹³ kullandığı yöntemle göre pH 8.3 olacak şekilde ve oda sıcaklığı koşullarında gümüş nitratın hidroksilamin klorür ile indirgenmesi ile elde edildi. Kısaca, 10 mL AgNO₃ çözeltisi (10⁻² M) 90 mL, 3.33 x 10⁻³ M NaOH (10⁻¹ M solüsyon) içeren NH₂OH-HCl içeren çözeltiye karıştırılarak ilave edildi (1.67 x 10⁻³ M). Kolloidal çözeltideki gümüş nanoparçacıklar santrifüj edilerek ayrıldı, kurutuldu ve tartıldı. Sonuç olarak, kolloidal solüsyondaki AgNP konsantrasyonu 10⁻³ M olacak şekilde hesaplandı. Tüm AgNP çözeltileri stok çözeltinin seyreltilmesi ile elde edildi. Elde edilen AgNP çapları, 20-30 nm aralığındadır ve AgNP karanlık ortamda ve oda sıcaklığında en az 3 hafta korundu.

AgNP solüsyonlarının yüzdeliklerinin hesaplanmasında şu formül kullanıldı;

$$\% (w/v) = [\text{çözünen maddenin ağırlığı (g)} / \text{çözeltinin hacmi (mL)}] \times 100$$

Deneyde kullanılan irrigasyon solüsyonları ve irrigasyon yöntemi

Çalışmada kullanılan irrigasyon solüsyonları şunlardır;

- Grup 1: %5.25 Sodyum hipoklorit (NaOCl)
- Grup 2: %2 Klorheksidin glukonat (CHX) (Klorhex, Drogan İlaç San., Ankara, Türkiye)
- Grup 3: %0.0023 AgNP solüsyonu
- Grup 4: %0.0047 AgNP solüsyonu

Kök kanallarının irrigasyon işlemi yapılırken her bir kök toplam 5 mL solüsyon ile 5 dk. süreyle yıkandı. Kök kanallarının irrigasyon prosedürlerini takiben 5 mL steril serum fizyolojik ile kanallar tekrar yıkandı. Kök kanallarının irrigasyon sonrası ikinci örnekleme için daha önce uygulanan mikrobiyolojik örnekleme, ekim ve koloni sayma yöntemleri tekrar uygulandı. Anti-bakteriyel etkinlik; irrigasyon öncesi ve sonrası koloni sayısındaki yüzdesel azalma şu formül ile hesaplandı;

Yüzdesel koloni sayısındaki azalmada kullanılan formül = (İlk koloni sayısı-Final koloni sayısı/İlk koloni sayısı) x 100

İstatistiksel Analizler

Yüzdesel koloni sayısındaki azalma değerlerinin ortalama ve standart sapmaları hesaplandı. Tüm veriler istatistiksel olarak tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ve Tahmane's T2 post-hoc karşılaştırma testi ile değerlendirildi. Yapılan istatistiksel değerlendirmelerde anlamlılık düzeyi p=0.05 kabul edildi.

BULGULAR

Gruplara ait ortalama ve standart sapmalar Tablo 1'de yer almaktadır. Yüzdesel koloni sayısındaki azalmalar incelendiğinde; pozitif kontrol grubunda *E. faecalis*'nin tamamen ürediği; negatif kontrol grubunda ise *E. faecalis*'in olmadığı tespit edilmiştir. Yüzdesel koloni sayısındaki azalmalar incelendiğinde, %5.25'lik NaOCl'in kullanıldığı grup (%100) ile % 2'lik CHX (%98.1) kullanılan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı (P>0.05) ve her iki grubun da %0.0047'lik AgNP (%64) ve %0.0023 AgNP (%60) kullanılan gruplara göre istatistiksel olarak daha etkin sonuçlar verdiği tespit edildi (P<0.05). Ayrıca %0.0047'lik AgNP ve %0.0023 AgNP kullanılan gruplar



arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığı belirlendi.

Tablo 1. Gruplara göre kök kanallarındaki *E. faecalis*'in koloni sayısındaki azalma yüzdesinin ortalama ve standart sapmaları

Gruplar	Örnek sayısı	Ort. (%)	St. Sapma
Grup 1 (%5.25 NaOCl)	10	100 ^a	,00
Grup 2 (%2 CHX)	10	,98 ^a	,06
Grup 3 (%0.0023 AgNP)	10	,60 ^b	,26
Grup 4 (%0.0047 AgNP)	10	,64 ^b	,30

TARTIŞMA

Başarısız kök kanal tedavilerinde, dirençli apikal periodontitis olgularında ve sekonder enfeksiyonlarda en sık izole edilen bakteri türü *E. faecalis*'dir.^{14,15} Yeterli preperasyon ve etkili kök kanal irrigasyonu, başarısız kök kanal tedavilerinin yenilenmesi sürecinde *E. faecalis*'i tamamen yok etmede önemli rol oynar.^{2,16} Bundan dolayı da , kök kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarının ve medikamentlerin antibakteriyel etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda, kök kanallarının deneysel olarak enfekte edilmesinde test mikroorganizması olarak sıklıkla *E. faecalis* kullanılmaktadır.¹⁶⁻²⁰ Bu çalışmada, elde edilen bulguların daha önce yapılmış çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılmasını kolaylaştırmak amacıyla mikroorganizma olarak *E. faecalis* kullanıldı.

Yapılan in vitro çalışmalarda, *E. faecalis* ile kök kanallarının inokülasyon süresi 24 saatten²¹ 1 aya kadar¹¹ değişmektedir. Haapasalo ve Orstavik²² *E. faecalis*'in 24 saat içinde dentin kanallarında 300–400 µm derinliğe kadar ulaşabildiğini ve deneysel çalışmalarda daha kısa süreli inkübasyon sürelerinin kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da, daha önce yapılmış benzer çalışmalarda olduğu gibi *E. faecalis* ile kök kanallarının inokülasyon süresi 7 gün olarak belirlendi.^{19,23}

İrrigasyon solüsyonlarının antibakteriyel etkinliklerinin belirlenmesinde koloni oluşturan birim sayma yöntemi geleneksel olarak ve yaygın bir biçimde kullanılan mikrobiyolojik bir yöntemdir.^{16,21,23} Bu yöntemin kullanıldığı çalışmalarda kullanılan besiyeriyle irrigasyon solüsyonlarının arasındaki kimyasal etkileşimin bilinmemesi bu yöntemin kısıtlılığıdır. Bu çalışmada, bu etkileşimin azaltılması amacıyla

inkübasyonu takiben, kök kanalları mevcut besiyerini uzaklaştırmak için 5 mL serum fizyolojik ile yıkandı.

Literatürde kök kanal irrigasyon solüsyonlarının antibakteriyel etkinliklerinin araştırıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır.^{4,5,16,20} İrrigasyon solüsyonlarının kök kanallarındaki antibakteriyel etkinlikleri temel de kullanılan irrigasyon solüsyonunun cinsine, konsantrasyonuna ve uygulama süresine bağlıdır.^{16,17,20} Bu çalışmada test edilen irrigasyon solüsyonlarının hepsi eşit hacimde ve uygulama süresinde kök kanallarında kullanılmalarına rağmen, çalışmanın daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırılabilmesi amacıyla konsantrasyon yönünden literatürde daha önce sıklıkla kullanılmış yüzdelikleri tercih edildi.

Nanoteknolojinin biyolojik dokularda güvenli bir biçimde kullanılabilmesi için bu materyallerin canlı hücreler ile arasındaki etkileşim iyi anlaşılmalıdır.⁹ Gümüş nanoparçacıklarının sahip oldukları pozitif yüzeysel yükler, negatif yüklere sahip olan bakteri hücre membranları ile girdiği elektrostatik etkileşim, hücre membranının geçirgenliğini bozar ve bu durum hücrenin ölümü ile sonuçlanır.^{12,24} Bu etkileşim canlı dokularda toksisiteye neden olabilir.^{9,24} Nanoparçacıkların konsantrasyon , boyutları ve yüzey etkileşimleri materyalin toksisitesinde önemli rol oynar.^{9,24} Yapılan çalışmalarda, düşük konsantrasyonlu AgNP solüsyonlarının canlı dokularda biyouyumluluğu ve *E. faecalis*'i de içeren geniş spektrumlu bakterisidal etkinliği nedeniyle kök kanal irrigasyon solüsyonu olarak alternatif bir antimikrobiyal ajan olabileceği bildirilmiştir.^{10,11,25} Abbaszadegan ve ark.²⁵ pozitif yüklenmiş AgNP'in 5.7×10^{-10} mol L⁻¹ konsantrasyonunun 1 saatten 24 saate kadar hücre yaşayabilirliğini etkilemediğini bildirmişlerdir. Gomes-Filho ve ark.¹⁰ yaptıkları çalışmada 23 ppm ve 47 ppm konsantrasyonlarındaki AgNP solüsyonlarının, NaOCl solüsyonu ile kıyaslandığında, fibröz bağ dokusunda oluşturduğu doku cevapları bakımından daha biyouyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada, AgNP solüsyonlarının biyolojik doku uyumu göz önünde bulundurularak %0.0023 (23 ppm) ve %0.0047 (47 ppm) konsantrasyonları tercih edildi.

Yaptığımız çalışmada kök kanallarında hem %0.0023 hem de %0.0047 konsantrasyonlarında kullanılan irrigasyon solüsyonlarının her iki konsantrasyonda da NaOCl'e göre daha az etkin olduğu bulunmuştur. Wu ve ark.¹¹ yaptıkları çalışmada, %0.1 AgNP solüsyonunun *E. faecalis* biyofilmini elimine etmede %2'lik sodyum hipoklorite göre daha az etkin



olduğunu ve %2'lik NaOCl solüsyonunun kök kanallarındaki bakterileri tamamen ortadan kaldırdığını bildirmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, Wu ve ark.¹¹'nin sonuçlarını destekler niteliktedir.

NaOCl'in %5.25'lik konsantrasyonunun *E. faecalis*'e karşı güçlü antibakteriyel etkisinin olduğu bir çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir.¹⁶⁻¹⁸ Daha önce yapılan çalışmalarda, Spratt ve ark.²⁰ %5.25'lik NaOCl'in 15 dk.'da ve Sena ve ark.¹⁶ ise 30 sn.'de *E. faecalis*'i tamamen ortadan kaldırdığını bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada %5.25'lik NaOCl, 5 dk. uygulama süresinde kök kanallarındaki bakterilerin tamamını ortadan kaldırdığı tespit edildi. Bu bulgular, daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile benzerdir.^{16,17,20} Ayrıca, mevcut çalışmada %5.25'lik NaOCl ile %2' lik CHX arasında antibakteriyel etkinlik bakımından herhangi bir farklılık bulunamadı, bu araştırma sonuçları diğer araştırmacıların bulgularını destekler niteliktedir.^{16,18}

Kök kanallarında irrigasyon amacı ile kullanılan AgNP solüsyonlarının %0.0023 ve %0.0047 konsantrasyonlu çözeltileri, endodontide yaygın olarak kullanılan NaOCl ve CHX irrigasyon solüsyonlarına göre kök kanallarında daha az antibakteriyel etkinlik göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan AgNP konsantrasyonlarının artırılmasının antibakteriyel etkinlikleri üzerindeki etkileri daha sonraki araştırmalara konu olabilir. Ayrıca, AgNP solüsyonunun kök kanal tedavisinde irrigasyon solüsyonu olarak kullanılmasından önce dentin dokularında kimyasal ve biyolojik etkilerinin belirlenmesine yönelik ilave in vivo ve in vitro araştırmalara da ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulps in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1965;20:340-9.
2. Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. Int Endod J 1985;18:1835-40.
3. Pinheiro SL, Araujo G, Bincelli I, Cunha R, Bueno C. Evaluation of cleaning capacity and instrumentation time of manual, hybrid and rotary instrumentation techniques in primary molars. Int Endod J 2012;45:379-85.
4. Siqueira JF, Jr., Machado AG, Silveira RM, Lopes HP, de Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, in vitro. Int Endod J 1997;30:279-82.
5. Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Santos SR, Lima KC, Magalhaes FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. J Endod 2002;28:181-4.
6. Akyuz Ekim SN, Erdemir A. Irrigation activation methods in endodontics. J Dent Fac Atatürk Uni 2015; Supplement: 10: 98-104.
7. Kocak S, Kocak MM, Saglam BC, Aktas E. Efficacy of three irrigation agitation techniques on bacterial elimination: a microbiologic and microscopic evaluation. Scanning. 2014;36:512-6.
8. Williams D. The relationship between biomaterials and nanotechnology. Biomaterials 2008; 29:1737-8.
9. Soares T, Ribeiro D, Proenca C, Chiste RC, Fernandes E, Freitas M. Size-dependent cytotoxicity of silver nanoparticles in human neutrophils assessed by multiple analytical approaches. Life Sci 2015;145:247-54
10. Gomes-Filho JE, Silva FO, Watanabe S, Cintra LT, Tendoro KV, Dalto LG, et al. Tissue reaction to silver nanoparticles dispersion as an alternative irrigating solution. J Endod 2010;36:1698-702.
11. Wu D, Fan W, Kishen A, Gutmann JL, Fan B. Evaluation of the antibacterial efficacy of silver nanoparticles against *Enterococcus faecalis* biofilm. J Endod 2014;40:285-90.
12. Kim JS, Kuk E, Yu KN, Kim JH, Park SJ, Lee HJ, et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. Nanomedicine 2007;3:95-101.
13. Leopold N, Lendl B. A New Method for Fast Preparation of Highly Surface-Enhanced Raman Scattering (SERS) Active Silver Colloids at Room Temperature by Reduction of Silver Nitrate with Hydroxylamine Hydrochloride. J Phys Chem B 2003;107:5723-7.
14. Molander A, Reit C, Dahlen G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. Int Endod J 1998;3:1-7.
15. Rocas IN, Siqueira JF, Jr., Santos KR. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. J Endod 2004;30:315-20.



16. Sena NT, Gomes BP, Vianna ME, Berber VB, Zaia AA, Ferraz CC, et al. In vitro antimicrobial activity of sodium hypochlorite and chlorhexidine against selected single-species biofilms. *Int Endod J* 2006;39:878-85.
17. Gomes BP, Ferraz CC, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J* 2001;34:424-8.
18. Davis JM, Maki J, Bahcall JK. An in vitro comparison of the antimicrobial effects of various endodontic medicaments on *Enterococcus faecalis*. *J Endod* 2007;33:567-9.
19. Gomes BP, Souza SF, Ferraz CC, Teixeira FB, Zaia AA, Valdrighi L, et al. Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. *Int Endod J* 2003;36:267-75.
20. Spratt DA, Pratten J, Wilson M, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. *Int Endod J* 2001;34:300-7.
21. Behnen MJ, West LA, Liewehr FR, Buxton TB, McPherson JC, 3rd. Antimicrobial activity of several calcium hydroxide preparations in root canal dentin. *J Endod* 2001;27:765-7.
22. Haapasalo M, Orstavik D. In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. *J Dent Res* 1987;66:1375-9.
23. Atila-Pektas B, Yurdakul P, Gulmez D, Gorduysus O. Antimicrobial effects of root canal medicaments against *Enterococcus faecalis* and *Streptococcus mutans*. *Int Endod J* 2013;46:413-8.
24. Baker C, Pradhan A, Pakstis L, Pochan DJ, Shah SI. Synthesis and antibacterial properties of silver nanoparticles. *J Nanosci Nanotechnol* 2005;5:244-9.
25. Abbaszadegan A, Nabavizadeh M, Gholami A, Aleyasin ZS, Dorostkar S, Saliminasab M, et al. Positively charged imidazolium-based ionic liquid-protected silver nanoparticles: a promising disinfectant in root canal treatment. *Int Endod J* 2014;48:790-800.

Yazışma Adresi:

Dr. Şefika Nur AKYÜZ EKİM
Gazi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı
Bişkek Cd.(8.Cd.) 82.Sk. No:4
06510 Emek - ANKARA
(0 312) 203 40 00
(0 312) 223 92 26
nurakyuz@yahoo.com

