

EndoVac, ultrasonik ve manuel aktivasyon tekniklerinin kök kanallarından kalsiyum hidroksit uzaklaştırılmasındaki etkinliklerinin karşılaştırılması

Comparison of efficacy of EndoVac, ultrasonic and manual agitation techniques on the

Dr. Güher Barut

Yeditepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı

Dt. Vasfiye Işık

İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı

Prof. Dr. Faruk Haznedaroğlu

İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı

Dr. Helin Özkan

İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı

Geliş tarihi: 20 Haziran 2016

Kabul tarihi: 16 Ağustos 2016

DOI: 10.5505/yeditepe.2016.39974

Yazışma Adresi

Dr. Güher Barut
Yeditepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Endodonti Anabilim Dalı, İstanbul
Bağdat Cad. No: 238, 34728 Göztepe/İstanbul
Tel: 0 216 363 60 44- 6464
E-posta: guherbarut85@hotmail.com

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, EndoVac, pasif ultrasonik ve manuel aktivasyonun kök kanallarından Ca(OH)₂'in uzaklaştırılmasındaki etkinliğinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Toplamda elli beş adet çekim sebebi bilinmeyen insan üst molar dişin palatinal kökü kullanılmıştır. Şekillendirme apikal çap 0,45 mm olacak şekilde step-back tekniği ile yapılmıştır. Radyopak Ca(OH)₂ patı yerleştirilen örnekler 37°C ve %100 nemli ortamda 1 hafta süreyle saklanmıştır. Örnekler rastlantısal olarak Ca(OH)₂'in uzaklaştırılma tekniğine göre üç gruba (n=15) ayrılmıştır. Grup 1'de MAF (apikal şekillendirmede kullanılan son eğe) olarak belirlenen #45 numara K-tipi eğe ile manuel olarak yıkama solüsyonunun aktive edilmiştir. Grup 2'de pasif ultrasonik sistem (EMS, Nyon, Switzerland) ucuna takılan #25 spreader yardımıyla aktive edilmiştir. Grup 3'te EndoVac ile yıkama yapılmıştır. Negatif kontrol grubundaki (n=5) örnekler Ca(OH)₂ yerleştirilmemiş olup, pozitif kontrol grubunda (n=5) kanal içi medikament uygulanmış ancak herhangi bir uzaklaştırma işlemi yapılmamıştır. Örneklerden deneyler öncesi ve sonrasında alınan radyograflerin dijital görüntüleri ImageJ Software programı kullanılarak krunal, orta ve apikal bölgelere ayrılmıştır. Kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzde cinsinden değerlendirilmiştir. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde Kruskal Wallis ve Dunn's çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Sonuçlar, anlamlılık p<0,05 düzeyinde değerlendirilmiştir.

Bulgular: Deney gruplarından bağımsız olarak, kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdesi apikalde, krunal ve orta bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (p=0,0001). Apikalde kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdesi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir (p=0,045). Apikalde manuel grupta kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdesi PUI kullanılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur (p<0,05).

Sonuçlar: Yıkama ve aktivasyon tekniklerinin hiçbiri Ca(OH)₂'i tamamen uzaklaştıramamıştır. Apikal bölgede, EndoVac ve pasif ultrasonik yıkama etkili şekilde Ca(OH)₂ uzaklaştırılmasını sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: EndoVac, pasif ultrasonik yıkama, manuel aktivasyon, Ca(OH)₂ uzaklaştırılması

SUMMARY

Aim: The aim of this study is to compare the efficacy of EndoVac, ultrasonic and manual agitation techniques on the removal of calcium hydroxide from root canals.

Materials and Methods: Fifty five palatal roots of maxillary molars were used. The roots were prepared to size #45 with step-back technique. Then, root canals were filled with a radiopaque Ca (OH)₂ paste by using lentulo spiral. The samples were stored 100% humidity and at 37°C for 1 week. For the removing of calcium hydroxide from root canals 3 different irrigation techniques were used. In group 1 (n=15) K-files with the same size of master apical file (MAF) was used with

5.25% NaOCl by syringe injection. Group 2 (n=15) was irrigated with passive ultrasonic irrigation (PUI) and group 3 (n=15) was irrigated with EndoVac system. In negative control group (n=5) samples were without Ca(OH)₂ placement and in positive control group (n=5) Ca(OH)₂ was not removed. Radiographies were taken before and after the application of three techniques. The percentage of remaining Ca(OH)₂ was evaluated with ImageJ Software. Data were statistically evaluated using Kruskal Wallis test and Dunn's multiple comparison tests. Significance level was set at p<0.05.

Results: In all groups, the amount of remaining Ca(OH)₂ in the apical part of the samples was statistically more than coronal and middle parts (p=0.0001). At the apical part, there was a significant difference between the groups in the percentage of remaining Ca(OH)₂ (p=0.045). PUI was found statistically more efficient in removing Ca(OH)₂ than manual agitation (p<0.05). There was no significant difference between PUI and EndoVac system.

Conclusions: None of the techniques removed the Ca(OH)₂ dressing completely. PUI and EndoVac system was effective in removing Ca(OH)₂ from the apical part of the root canals.

Key words: EndoVac, passive ultrasonic irrigation, manual agitation, Ca (OH)₂ removal

GİRİŞ

Kök kanal sisteminde var olan mikroorganizmalar, apikal periodontitisin patojenitesinde önemli rol oynamaktadır.¹ Kök kanal tedavisi ile kök kanal enfeksiyonlarına sebep olan bakteri ve bakteri ürünlerinin tamamen ortadan kaldırılması veya sayısının azaltılması amaçlanmaktadır.² Bu amaca yönelik olarak kök kanal enfeksiyonlarına sebep olduğu bilinen birçok bakteriye karşı etkinliği kanıtlanmış kanal içi medikament olan kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) sıklıkla kök kanallarına uygulanmaktadır.³ Ca(OH)₂ patının kök kanalında bırakılma süresi kullanılan taşıyıcıya bağlı olarak değişmektedir. Apeksifikasyon için uzun dönem Ca(OH)₂ uygulamalarında gliserin gibi yağlı taşıyıcılar kullanılırken, rutin kanal tedavilerinde serum veya su ile karıştırılarak elde edilen pat⁷⁻¹⁵ gün arasında kök kanalında bırakılabilmektedir.⁴ Ancak kök kanal dolgusunun yapılacağı seansta Ca(OH)₂ artıklarının kök kanallarından tamamen uzaklaştırılması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar⁵⁻⁸ uzaklaştırılmayan Ca(OH)₂ artıklarının kök kanal patının dentin tübüllerine penetrasyonunu azalttığı ve apikal sızıntıyı arttırdığını göstermiştir. Ancak Ca(OH)₂'in kök kanallarından tamamen uzaklaştırılmadığı da bilinmektedir.^{9,10} Seans aralarında uygulanan kanal içi medikamentlerin kök kanal dolgusu yapılmadan önce kök kanallarından uzaklaştırılması amacıyla, NaOCl ve EDTA yıkama solüsyonları ve bunların etkinliğini arttıracak aktivasyon yöntemleri önerilme-

ktedir.¹¹

Ca(OH)₂ uzaklaştırılmasında sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri, yıkama solüsyonları ile birlikte apikalin şekillendirilmesinde kullanılan son eğe (MAF) ile rekapitülasyon yapılmasıdır.¹²⁻¹⁴ Ancak bu yöntem ile kanal içindeki düzensizliklere ulaşamadığı için bu alanlarda kalan Ca(OH)₂'in uzaklaştırılmadığı bildirilmiştir.¹⁵

Pasif ultrasonik yıkama (PUI) ile kök kanal içine devamlı olarak yıkama solüsyonu ulaştırılması ve kanala yerleştirilen pasif uçların ultrasonik aktivasyonu ile yıkama solüsyonunun etkinliğinin artması sağlanmaktadır. 15 PUI kullanılarak Ca(OH)₂'in kök kanallarından etkili şekilde uzaklaştırılabildiği pek çok çalışma ile gösterilmiştir.^{13,15-17} 2007 yılında kullanıma sunulan EndoVac (Discus Dental, USA) negatif basınç ile yıkama solüsyonunun güvenle kök ucuna kadar ulaştırılması için dizayn edilmiş bir sistemdir. EndoVac sistemi, apikalden yıkama solüsyonu çıkışı, debris uzaklaştırılması ve antimikrobiyal etkinliği pasif ultrasonik ve geleneksel iğne ile yıkama yöntemiyle karşılaştırılmıştır.¹⁸⁻²¹ Literatürde, EndoVac, pasif ultrasonik yıkama ve manuel aktivasyonun Ca(OH)₂ uzaklaştırılmasındaki etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalar bulunmakla birlikte sayısı yeterli değildir.^{17,22,23} Ayrıca geliştirilen tekniklere rağmen, Ca(OH)₂ uzaklaştırılmasında en uygun ve etkili teknik konusunda henüz bir fikir birliğine varılamamıştır.

Kanal içi medikamentlerin kök kanal dolgusu yapılmadan önce kök kanalından tamamen uzaklaştırılmasının önemi düşünüldüğünde; bu çalışmada EndoVac, pasif ultrasonik ve manuel aktivasyonun kök kanallarından Ca(OH)₂'in uzaklaştırılması üzerine etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Yapılan güç analizi sonrasında güç değeri 0,80 alınarak yapılan örneklem genişliği analizinde her bir grupta alınması gereken örneklem sayısı 15 adet olarak bulunmuştur. Çalışmamızda, toplamda elli beş adet çekim sebebi bilinmeyen insan üst molar dişinin palatinal kökü kullanılmıştır. Diş çekimleri yapıldıktan sonra dişler üzerindeki doku artıkları scaler yardımıyla temizlenmiş ve işlem yapılana kadar %10 formalin içinde oda sıcaklığında bekletilmiştir. Palatinal kökler su soğutması altında aeratör kullanılarak ayrılmış ve 13 mm.' de sabitlenmiştir. Kanal açıklığı 10 numara K-tipi eğe ile kontrol edilen örneklerin çalışma uzunluğu ise, eğin kök ucunda görüldüğü uzunluk ölçülüp, belirlenen uzunluktan 1 mm eksiltiyle tespit edilmiştir. Kök kanalları belirlenen çalışma uzunluklarında K-tipi el aletleri kullanılarak apikal çap 0,45 mm olacak şekilde step-back tekniği ile şekillendirilmiştir. Her eğe değişiminde 1 ml %2,5'lik NaOCl ile yıkama yapılmıştır. Şekillendirilen kanallar paper pointler kullanılarak kurutulmuştur. Tüm örneklere radyoopak

Ca(OH)₂ patı (MM Paste, MicroMega, France) #40 lentülo yardımıyla, kök ucundan çıktığı görülene kadar uygulanmıştır. Kök kanalının boşluk kalmaksızın Ca(OH)₂ patı ile doldurulduğu alınan standart radyografiler ile teyit edilmiş, gerek görüldüğünde işlem tekrarlanmıştır. Kanal ağızları geçici olarak pamuk pelet ve Cavit ile kapatılmıştır. Örnekler 37°C ve %100 nemli ortamda 1 hafta süreyle saklanmıştır. 55 adet palatinal kök rastlantısal olarak Ca(OH)₂'in uzaklaştırılma tekniğine göre üç deneysel grup (n=15), pozitif kontrol (n=5) ve negatif kontrol (n=5) olarak ayrılmıştır.

Grup 1'deki örneklerden Ca(OH)₂ uzaklaştırılması, toplamda 10 mL %2,5'lik NaOCl solüsyonun 27 gauge'luk yandan perfore iğne ucu ile yıkama yapılırken, MAF olarak belirlenen #45 numara K-tipi eğe ile manuel olarak yıkama solüsyonunun aktive edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Grup 2'de toplamda 10 mL %2,5'lik NaOCl solüsyonu ultrasonik sistem (EMS, Nyon, Switzerland) ucuna takılan #25 spreader yardımıyla aktive edilmiştir. Ultrasonik uç çalışma uzunluğundan 1 mm kısa olacak şekilde, duvarlara temas etmeden pasif olarak kullanılmıştır. Ultrasonik sistemin gücü 6 olarak ayarlanmış ve aktivasyon 1 dakika boyunca yıkama solüsyonu akışı (10mL/dakika) devam ederken yapılmıştır. Grup 3'te EndoVac ile yıkama yapılmıştır. Kanallar ilk olarak 1 dakika boyunca makrokanül ileri-geri hareketlerle kullanılarak 5 mL %2,5'lik NaOCl ile yıkanmıştır. Sonrasında mikrokanül çalışma boyunca yerleştirilip, 5 mL NaOCl ile 30 saniye boyunca yıkanmıştır. Negatif kontrol grubundaki (n=5) örneklere Ca(OH)₂ yerleştirilmemiş olup, pozitif kontrol grubunda (n=5) kanal içi medikament uygulanmış ancak herhangi bir uzaklaştırma işlemi yapılmamıştır. Kök kanallarında kalan Ca(OH)₂ patının değerlendirilmesi için deney öncesi ve sonrasında, hazırlanan düzeneğe yerleştirilen örneklerden alınan radyografilerin dijital görüntüleri 'jpeg' formatında kaydedilmiştir. Deney öncesi ve sonrası görüntüleri ImageJ Software programı kullanılarak kural, orta ve apikal bölgelere ayrılıp, pixel olarak ölçülerek elde edilen sayısal değerler yüzdeye çevrilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

Bu çalışmada istatistiksel analizler NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 Statistical Software (Utah, USA) paket programı ile yapılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde gruplar arası karşılaştırmalarda Kruskal Wallis testi, alt grup karşılaştırmalarında Dunn's çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Sonuçlar, anlamlılık p<0,05 düzeyinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Tüm gruplarda Ca(OH)₂ artıkları bulunmuştur. Deney gruplarından bağımsız olarak, kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdesi apikalde, kural ve orta bölgeye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur (p=0.0001)

(Tablo 1).

Apikal, orta ve kural bölgede kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdeleri Tablo 2' de gösterilmiştir. Apikalde kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdesi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir (p=0.045). Apikalde manuel grupta kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdesi PUI kullanılan gruba göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur (p<0.05). Orta ve kural bölgede kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdesi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p>0.05).

Tablo 1: Apikal, orta ve kural bölgelerde kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdeleri

	Apikal	Orta	Kural	p
Toplam kalan Ca(OH) ₂ miktarı %	8,49±10,71	1,44±3,54	1,62±5,27	0,0001

Tablo 2: Apikal, orta ve kural bölgelerde kalan Ca(OH)₂ miktarı yüzdelерinin gruplara göre karşılaştırılması

Kalan Ca(OH) ₂ miktarı %	Manuel	PUI	EndoVac	p
Apikal	10,2±8,1	4,33±9,7	10,94±13,14	0,045
Orta	1,53±4,04	0,46±0,97	2,33±4,5	0,422
Kural	0,25±0,66	0,26±0,69	4,35±8,62	0,231

TARTIŞMA

Ca(OH)₂ patı özellikle antibakteriyel etkinliği sebebiyle kanal içi medikament olarak sıklıkla kullanılmakla birlikte, uzaklaştırılmayan Ca(OH)₂ patı artıklarının kök kanal dolusu ile kanal duvarları arasındaki bağlanma ve adaptasyonu olumsuz etkilediği bilinmektedir⁵⁻⁸. Bu çalışmada, NaOCl solüsyonunun manuel aktivasyon, EndoVac ve PUI'nin kök kanallarından Ca(OH)₂ uzaklaştırmadaki etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada, pek çok çalışmanın sonuçlarına benzer olarak Ca(OH)₂'in kök kanallarından tamamen uzaklaştırılmadığı gösterilmiştir.^{12-16,23-25} Ayrıca kullanılan tüm yıkama ve aktivasyon teknikleri sonrasında apikal bölgede kural ve orta bölgeye göre daha fazla Ca(OH)₂ kaldığı tespit edilmiştir. Yıkama işlemleri esnasında, kural ve orta bölgede apikal bölgeye göre daha fazla miktarda yıkama solüsyonu kullanılmasının bu duruma sebep olabileceği bildirilmiştir.^{26,27}

Apikal bölgeden Ca(OH)₂'in uzaklaştırmada PUI'nin manuel aktivasyondan daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar pek çok çalışma^{13,15,16,25,28} ile desteklenmektedir. PUI, alette meydana gelen dalgalanma ve salınım hareketi ile oluşan akustik enerjinin yıkama solüsyonuna geçişi ile gerçekleşmektedir. Bu akustik akış sayesinde yıkama solüsyonunun özellikle apikal bölgeye daha kolay penetre olduğu²⁹ ve temizleme etkisini artırdığı^{30,31} bildirilmiştir. PUI kullanımının Ca(OH)₂'i uzaklaştırmadaki etkinliğinin de akustik akışa bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir.

Çalışmanın sonuçlarına göre, apikalde PUI ve EndoVac ile yıkama arasında Ca(OH)₂ uzaklaştırılması yönünden

istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir. Kök kanallarından $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uzaklaştırılmasında, PUI ve EndoVac sisteminin benzer etkinlik gösterdiği pek çok çalışmada bildirilmiştir.^{13,16,17,23}

Elde edilen sonuçlara göre, apikal bölgede EndoVac sistemi ile manuel aktivasyon arasında kalan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamakla birlikte, EndoVac'ın daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu sonuçlardan farklı olarak, Çapar ve ark.²² EndoVac'ın $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uzaklaştırmada yetersiz olduğunu belirtmişler ve bunun sebebi olarak kanal içine yerleştirilen mikrokanüller üzerindeki deliklerin tıkanmasını göstermişlerdir. Bu çalışmada da aynı problem gözlenmiş olmasına rağmen, bu durumun elde edilen sonuçları etkilemediği görülmüştür. Sonuçlar arasındaki uyumsuzluğun farklı diş tipi ve değerlendirme yöntemleri kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çapar ve ark.²² küçük azı dişlerinde yapay oluklar hazırlayarak skorlama yöntemi kullanmışlardır.

Bu çalışmada, kök kanallarından uzaklaştırılan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ miktarının değerlendirilmesinde Böttcher ve ark.^{32'}nin çalışmasına benzer olarak radyografi sonrasında elde edilen dijital görüntüler kullanılmıştır. Bu yöntem uygulaması kolay ve maliyeti düşük olduğu için tercih edilmiştir. Bununla birlikte, dişlerde özel olarak hazırlanan olukların fotoğraflanması,^{15,24,28} yatay kesit alma,¹⁸ radyoaktif madde,³³ SEM^{17,23} ve tomografi^{16,34} gibi pek çok yöntem de kullanılmaktadır.

SONUÇLAR

Çalışmanın sınırları dahilinde, kullanılan yıkama ve aktivasyon tekniklerinin hiçbiri $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'i tamamen uzaklaştıramamıştır. Apikal bölgede, EndoVac ve pasif ultrasonik aktivasyon, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uzaklaştırılmasında etkili bulunmuştur. Kök kanal anatomisi düşünüldüğünde 3 boyutlu değerlendirme yöntemlerinin kullanıldığı ileri çalışmalara 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: 340-349.
2. Byström A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. *Scand J Dent Res* 1981; 89: 321-328.
3. Tang G, Samaranayake LP, Yip HK. Molecular evaluation of residual endodontic microorganisms after instrumentation, irrigation and medication with either calcium hydroxide or Septomixine. *Oral Dis* 2004; 10: 389-397.
4. Safavi K, Nakayama TA. Influence of mixing vehicle on dissociation of calcium hydroxide in solution. *J Endod* 2000; 26: 649-651.

5. 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: 43-48.
6. Çalt S, Serper A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod* 1999; 25: 431-433.
7. Kim SK, Kim YO. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. *Int Endod J* 2002; 35: 623-628.
8. Barbizam JV, Trope M, Teixeira EC, Tanomaru-Filho M, Teixeira FB. Effect of calcium hydroxide intracanal dressing on the bond strength of a resin-based endodontic sealer. *Braz Dent J* 2008; 19: 224-227.
9. Kuga MC, Tanomaru-Filho M, Faria G, Só MV, Galletti T, Bavello JR. Calcium hydroxide intracanal dressing removal with different rotary instruments and irrigating solutions: a scanning electron microscopy study. *Braz Dent J* 2010; 21: 310-314.
10. Taşdemir T, Celik D, Er K, Yildirim T, Ceyhanli KT, Yeşilyurt C. Efficacy of several techniques for the removal of calcium hydroxide medicament from root canals. *Int Endod J* 2011; 44: 505-509.
11. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am* 2010; 54: 291-312.
12. Lambrianidis T, Margelos J, Beltes P. 1999. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. *J Endod* 1999; 25: 85-88.
13. Kenée DM, Allemang JD, Johnson JD, Hellstein J, Nichol BK. A quantitative assessment of efficacy of various calcium hydroxide removal techniques. *J Endod* 2006; 32: 563-565.
14. Rodig T, Vogel S, Zapf A, Hulsmann M. Efficacy of different € irrigants in the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J* 2010; 43: 519-527.
15. van der Sluis LW, Wu MK, Wesselink PR. The evaluation of removal of calcium hydroxide paste from an artificial standardized groove in the apical root canal using different irrigation methodologies. *Int Endod J* 2007; 40: 52-57.
16. Wiseman A, Cox TC, Paranjpe A, Flake NM, Cohenca N, Johnson JD. Efficacy of sonic and ultrasonic activation for removal of calcium hydroxide from mesial canals of mandibular molars: a microtomographic study. *J Endod* 2011; 37: 235-238.
17. Yücel AÇ, Gürel M, Güler E, Karabucak B. Comparison of final irrigation techniques in removal of calcium hydroxide. *Aust Endod J* 2013; 39: 116-121.
18. Nielsen BA, Baumgartner JC. Comparison of the EndoVac system to needle irrigation of root canals. *J Endod* 2007; 33: 611-615.
19. Townsend C, Maki J. An in vitro comparison of new irrigation and agitation techniques to ultrasonic agitation

in removing bacteria from a simulated root canal. *J Endod* 2009; 35: 1040-1043.

20. Shin SJ, Kim HK, Jung IY, Lee CY, Lee SJ, Kim E. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109: 479-484.

21. Munoz HR, Camacho-Cuadra K. In Vivo Efficacy of Three Different Endodontic Irrigation Systems for Irrigant Delivery to Working Length of Mesial Canals of Mandibular Molars. *J Endod* 2012; 38: 445-448.

22. Capar ID, Ozcan E, Arslan H, Ertas H, Aydinbelge HA. Effect of different final irrigation methods on the removal of calcium hydroxide from an artificial standardized groove in the apical third of root canals. *J Endod* 2014; 40: 451-454.

23. Faria G, Viola KS, Kuga MC, Garcia AJ, Daher VB, De Pasquali Leonardo MF, Tanomaru-Filho M. Effect of rotary instrument associated with different irrigation techniques on removing calcium hydroxide dressing. *Microsc Res Tech* 2014; 77: 642-646.

24. Rödig T, Hirschleib M, Zapf A, Hülsmann M. Comparison of ultrasonic irrigation and RinsEndo for the removal of calcium hydroxide and Ledermix paste from root canals. *Int Endod J* 2011; 44: 1155-1161.

25. Wigler R, Dvir R, Weisman A, Matalon S, Kfir A. Efficacy of XP-endo finisher files in the removal of calcium hydroxide paste from artificial standardized grooves in the apical third of oval root canals. *Int Endod J* 2016; Jun 8. [Epub ahead of print]

26. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The effectiveness of syringe irrigation and ultrasonics to remove debris from simulated irregularities within prepared root canal walls. *Int Endod J* 2004; 37: 672-678.

27. Türker SA, Koçak MM, Koçak S, Sağlam BC. Comparison of calcium hydroxide removal by self-adjusting file, EndoVac, and CanalBrush agitation techniques: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2013; 16: 439-443.

28. Balvedi RP, Versiani MA, Manna FF, Biffi JC. A comparison of two techniques for the removal of calcium hydroxide from root canals. *Int Endod J* 2010; 43: 763-768.

29. Krell KV, Johnson RJ, Madison S. Irrigation patterns during ultrasonic canal instrumentation. Part I: K-type files. *J Endod* 1988; 14: 65-68.

30. Lumley PJ, Walmsley AD, Laird WRE. Streaming patterns produced around endosonic files. *Int Endod J* 1991; 24: 290-297.

31. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J* 1994; 27: 197-207.

32. Böttcher DE, de Mello Rahde N, Grecca FS. Calcium hydroxide removal: Effectiveness of ultrasonic and manual techniques. *Rev Odonto Cienc* 2012; 27: 152-155.

33. Zorzin J, Wießner J, Wießner T, Lohbauer U, Petschelt A, Ebert J. Removal of radioactively marked calcium hydroxide from the root canal: influence of volume of irrigation and activation. *J Endod* 2016; 42: 637-640.

34. Ballal NV, Kumar SR, Laxmikanth HK, Saraswathi MV. Comparative evaluation of different chelators in removal of calcium hydroxide preparations from root canals. *Aust Dent J* 2012; 57: 344-348.

