

Kalsiyum hidroksitin ultrasonik aktivasyonunun kanal içi kırık eğe varlığında periapikal pH üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi

The effect of ultrasonic activation of calcium hydroxide on periapical pH in the presence separated instruments

Dr. Öğr. Üyesi Burhan Can Çanakçı

Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti A.D., Edirne

Orcid ID: 0000-0002-8650-6672

Prof. Dr. Özgür Er

Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti A.D., Edirne

Orcid ID: 0000-0002-4999-5104

Geliş tarihi: 5 Kasım 2019

Kabul tarihi: 4 Temmuz 2020

doi: 10.5505/yeditepe.2020.55822

Yazışma adresi:

Dr. Burhan Can Çanakçı

Trakya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti A.D., Edirne, Türkiye

Tel: +90 5058829070

E-posta: burhancanakci@trakya.edu.tr

ÖZET

Amaç: Kök kanalında farklı konikliğe sahip kırık eğelerin varlığında, kanal içi ilaç olarak yerleştirilen kalsiyum hidroksitin (KH) ultrasonik (US) olarak aktive edilmesi ile periapikal dokularda meydana gelen pH değişiminin değerlendirilmesi.

Gereç ve Yöntem: 80 adet diş, apikal üçlüde kırılan 4 mm uzunluğundaki eğelerin konikliğine ve KH çözeltisinin yerleştirilme yöntemine göre 8 gruba ayrılmıştır (n=10); Grup 1L (#25, 0.02 + Lentülo), Grup 1U (#25, 0.02 + US), Grup 2L (#25, 0.04 + Lentülo), Grup 2U (#25, 0.04 + US), Grup 3L (#25, 0.06 + Lentülo), Grup 3U (#25, 0.06 + US), Grup 4L (#25, 0.08 + Lentülo), Grup 4U (#25, 0.08 + US). Örnekler distile su içeren tüplere atılmıştır. 1 saat, 1, 2, 7, 14 ve 30 gün sonra pH ölçümleri yapılmıştır.

Bulgular: Lentülo grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında 1 saat ölçümlerinde fark bulunmamasına rağmen, diğer ölçüm zamanlarında kırık eğenin konikliğinin artması ile pH belirgin artmıştır [G3L (.06) > G1L(.02), G4L (.08) > G1L (.02) ve G2L (.04); P<0,05]. US grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında kırık eğenin konikliği arttıkça pH değeri belirgin artmıştır [G3U(.06) ve G4U(.08) > G1U(.02) ve G2U(.04); P<0,05]. Aynı konikliğe sahip kırık eğelerin kullanıldığı gruplar KH yerleştirme tekniğine göre karşılaştırıldıklarında bütün zaman aralıklarında US kullanımının pH değerini belirgin olarak arttırdığı görülmüştür (G1U>G1L, G2U>G2L, G3U>G3L, G4U>G4L; P<0,05).

Sonuç: Çalışmamızın sonuçlarına göre kök kanalının apikalinde kırılmış olan 4 mm'lik eğe varlığında, KH çözeltisinin periapikal bölgede sebep olduğu pH artışı US aktivasyon ile belirgin olarak artmıştır. Ayrıca kırık eğenin konikliği arttıkça pH artışı daha fazla olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Kırık eğe, ultrasonik aktivasyon, pH, kalsiyum hidroksit, kanal içi ilaç

SUMMARY

Aim: To evaluate the effect of ultrasonic (US) activation of calcium hydroxide (CH) as intracanal medicament on periapical pH levels in the presence of separated instruments with different tapers.

Materials and Methods: 80 teeth were divided into 8 experimental groups according to the taper of separated instruments and placement technique of CH; Grup 1L (#25, 0.02 + Lentulo), Grup 1U (#25, 0.02 + US), Grup 2L (#25, 0.04 + Lentulo), Grup 2U (#25, 0.04 + Ultrasonic), Grup 3L (#25, 0.06 + Lentulo), Grup 3U (#25, 0.06 + US), Grup 4L (#25, 0.08 + Lentulo), Grup 4U (#25, 0.08 + US). Teeth were placed in containers with deionized distilled water. After 1h and 1, 2, 7, 15, and 30 days, pH of the solution was measured.

Results: Although there was no difference between lentulo groups at 1-hour measurements, pH increased significantly with the increase of instrument taper at other measurement times. [G3L (.06)> G1L(.02), G4L (.08)> G1L (.02) and G2L (.04); P<0,05]. Between US groups, pH was increased with the increase of file taper [G3U(.06) and G4U(.08) > G1B(.02) and

G2B.(04); P<0,05]. Comparing the separated files with the same taper according to the CH placement technique, the use of US in all time intervals increased the pH significantly (G1U>G1L, G2U>G2L, G3U>G3L, G4U>G4L; P<0,05).

Conclusion: According to the results, US activation of CH may cause a significant increase in periapical pH in the presence of a 4 mm file broken in the apical of the root canal. In addition, the increase of taper results in the higher pH.

Key words: Separated instrument, ultrasonic activation, pH, calcium hydroxide, intracanal medicament

GİRİŞ

Kök kanallarının kemo-mekanik şekillendirilmesi sırasında kullanılan kanal eğeleri kullanım esnasında kök kanalı içerisinde kırılabilir.¹ Yeni/kullanılmamış kanal eğelerinde bile² eğenin yanlış ve/veya aşırı kullanımına bağlı olarak³ görsel bir uyarı oluşmaksızın kırık meydana gelebilir.⁴ Eğe kırıkları paslanmaz çelik eğelere göre daha esnek ve dirençli olan⁵ nikel titanyum (NiTi) eğelerde de görülebilir.⁶ Eğe kırıkları kök kanalının her bölgesinde meydana gelebilse bile özellikle kökün apikal 1/3'ünde ve eğimli kök kanallarında daha sık görülmektedir.^{4,7}

Kırık eğe vakalarında, vakaya uygun olarak ortograd ya da retrograd tedavi protokolleri uygulanabilir.⁸ Öncelikli tedavi tercihi olarak, ortograd yaklaşımla kırık parçanın çıkarılması önerilmektedir.⁹ Ancak kırık eğenin çıkarılması için uygulanan işlemler; kök kanalının zayıflatılması, perforasyon, kök kanalının dış yüzeyinde ısı artışı, aletin tekrar kırılması, kırık parçanın kök dışına itilmesi gibi komplikasyonlara sebep olabilir.¹⁰ Ayrıca başarı özellikle apikal 1/3'te, orta 1/3 ve koronal 1/3'e göre ve eğimli köklerde düz köklere göre daha düşüktür.⁶ Kırık eğe vakalarında alternatif olarak kırık aletin geçilmesi/by-pass edilmesi, mümkün değil ise kırık aletin koronalinin şekillendirilmesi ve tıkanması ya da retrograd cerrahi işlemler sayılabilir.¹

Kök kanalında kırık eğe varlığı uygun kemo-mekanik şekillendirmeyi, dezenfeksiyonu ve tıkamayı engelleyerek prognozu etkileyebilir. Eğenin kırılmasından önce, eğenin kırıldığı kök kanalı bölgesindeki kemo-mekanik dezenfeksiyon seviyesi prognozu doğrudan etkilemektedir.¹¹ Ayrıca işlem öncesi periapikal lezyon varlığında da daha başarısız prognoz bildirilmiştir.^{11,12}

Kök kanalının yetersiz dezenfeksiyonu sonrası periapikal inflamasyon veya tekrarlayan enfeksiyon ortaya çıkabilir.¹³ Bu sebeple antibakteriyel ve antioksidatif etkileri,^{14,15} mineral doku oluşumunu teşvik etmesi,¹⁶ organik çözünürlüğü,¹⁷ CO2 emilimi yapması ve bakteriyel endodontiksin inaktivasyonu¹⁸ etkisi gibi etkileri sebebi ile kalsiyum hidroksit (KH) çözeltisi kanal içi ilaç olarak sıklıkla kullanılmaktadır. KH'in etkisi direk olarak kalsiyum ve OH iyonlarına ayrışmasına bağlı olarak sebep olduğu bölgesel pH artışına bağlıdır.¹⁹ Ayrıca KH'in kanal içi ilaç olarak gösterdiği antimikrobiyal etki çözelti ile mikrobiyal flora

arasındaki teması bağlıdır.²⁰ Bu sebepten KH'in kanal içi ilaç olarak istenilen pH ve etkiyi sağlaması için çözeltinin apikal foramene, ramifikasyonlara, aksesuar kanallara, dentin tübüllerine ve mikroorganizma ile kontamine bölgelere diffüze olmalıdır.^{19,21} Dentinin tamponlama etkisi²² ve kök kanal dentinin kalınlığı²³ gibi etkenler KH'in sebep olduğu pH artışını etkileyebilir. KH'in sınırlı çözünürlüğü, bütün kök kanalı bölgelerine ve dentin tübüllerine yeterince diffüze olamaması ve muhtemel dentin tampon etkisi ile yeterince pH artışına sebep olamaması sebebi ile kanal içi ilaç olarak istenilen etki²⁴ ve biyolojik sonuçlar elde edilemeyebilir.²⁵

Literatüre göre, kök kanalında kırık eğe varlığı ve kanal içi ilaç olarak KH'in periapikal dokularda oluşturduğu pH artışı ile ilgili yapılan tek çalışmanın sonuçlarına göre kırık eğe varlığında periapikal pH etkilenebilmektedir.²⁶ Çalışmamızda kök kanalının apikal 1/3'ünde kırılan farklı konikliğe sahip eğeler varlığında, lentülo veya ultrasonik (US) aktivasyon ile yerleştirilmiş olan kanal içi KH çözeltisinin periapikal bölgede oluşturduğu pH artışı incelenmiştir.

GEREÇ VE YÖNTEM

80 adet yeni çekilmiş insan mandibular santral ve lateral diş kullanılmıştır. Bukko-lingual ve mezio-distal radyografiler ile tek kanal varlığı, kapanmış kök ucu, rezorbsiyon olmadığı ve kök kanalı eğiminin 10° dereceden az olduğu teyit edilmiştir.²⁷ Köklerin dış yüzeyleri nazikçe kürete edilerek yumuşak doku artıkları ve diş taşları uzaklaştırılmış ve distile su ile yıkanmıştır.

Kök çaplarının özellikle apikal 1/3'te benzer olması için kökün apikal 1/3'ündeki çap, kumpas (HILDA 150 mm dijital kumpas, Türkiye) yardımıyla ölçülmüş ve 2-2.5 mm arası kalınlıktaki kökler çalışmaya dahil edilmiştir. Örnek uzunluklarının standart hale getirilmesi için boy 12 mm olacak şekilde dişlerin insizal kenarları kesilmiş ve su soğutması altında elmas frez ve yüksek hızlı döner el aleti kullanılarak koronal giriş kavileri açılmıştır. Kök kanalına K-tipi #10 el eğesi (VDW, Münih, Almanya) yerleştirilmiş ve eğenin ucu apikal foramenden görülene dek kanal içinde ilerletilmiştir. Eğenin apikal foramenden ilk gözüktüğü anda ölçülen boydan 1 mm çıkarılarak çalışma boyu tespit edilmiştir. Apikal foramen başlangıç genişliği, K tipi #15 el eğesinin çapından büyük olan dişler çalışma dışı bırakılmıştır. Dişlerin kök yüzeyleri apikal 3 mm'lik bölge haricinde 2 katman halinde oje ile kaplanmıştır. Örnekler 8 gruba ayrılmıştır (n=10).

Grup 1L: Dişler çalışma boyunda paslanmaz çelik K tipi el eğesi #25, 0.02 (VDW) ile şekillendirilmiştir. Apikal açıklık K tipi #10 eğe (VDW) ile kontrol edilmiştir.

Yeni/hiç kullanılmamış paslanmaz çelik K tipi #25, 0.02 eğenin uç 4 mm'lik kısmı işaretlenmiş, düşük hızlı 0.3 mm kalınlığında elmas separe frez ile zayıflatılmış ve üzerinde debris kalmaması için ultrasonik banyoda yıkanmıştır. Zayıflatılan eğe kök kanalı içerisinde çalışma boyuna

yerleştirilmiş ve saat yönüne döndürülerek kırılması sağlanmıştır. Eğe kırıldıktan sonra K tipi #10 eğe ile "by-pass" edilemediği doğrulanmıştır. Kırılan eğenin kök kanalı içindeki yeri radyograf ile kontrol edilmiştir. Kırık eğe çalışma boyundan ileride ya da geride ise örnek yenilenmiştir.

Kırık eğenin koronal kısmı step-back tekniği ile #50-70'e kadar şekillendirilmiştir. Şekillendirme işlemi sırasında %5'lik NaOCl (Cerkamed Company, Stalowa Wola, Polanya), son yıkamada ise 5 ml %17'lik EDTA (Werax, İzmir, Türkiye), 5 ml %5'lik NaOCl ve 10 ml distile su kullanılmıştır. Kök kanalları kâğıt konlar (VDW) ile kurutulmuştur.

KH tozu protilen glikol ile karıştırılarak KH çözeltisi hazırlanmıştır (1 gr toz, 0,4 ml sıvı). Çözelti lentülo #30 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kullanılarak sürekli dönme hareketi ile kök kanalına yerleştirilmiştir. Kök kanalı içerisindeki KH çözeltisi radyografi ile kontrol edilmiştir. Giriş kaviteleri kompozit rezin ile kapatılmış ve kron 2 kat oje ile örtülmüştür.

Dişler içerisinde pH değeri 6,7 olan 10 ml deionize distile su bulunan cam tüplere yerleştirilmiştir. Tüpler 37°C ve %100 nemli ortama sahip etüv cihazı (Nüve, Ankara, Türkiye) içerisine konulmuştur. pH ölçümleri, kök kanallarına KH çözeltisi yerleştirildiği andan 1 saat, 1, 2, 7, 14 ve 30 gün sonra, her ölçümden önce kalibre edilen pH ölçüm cihazı (Hanna 83141; Hanna Instruments, Woonsocket, RI, ABD) ile yapılmıştır. Her ölçümden sonra dişler içerisinde taze sıvı olan yeni tüplere yerleştirilmiştir.

Grup 1U: Grup 1L'de uygulanan prosedürün aynısı uygulanmıştır. KH çözeltisinin lentülo ile yerleştirilmesi sonrası çözelti US irrigasyon ucu (Irri S, VDW) ve US cihaz (VDW Ultra, VDW) kullanılarak 20 sn boyunca "yıkama-20" gücünde aktive edilmiştir. US ucun en uç noktası kırık alele 1-2 mm mesafeye yerleştirilmiştir.

Grup 2L: Kök kanalı Revo-S (Micro-Mega, Besancon, Fransa) NiTi döner alet sistemi ile çalışma boyuna kadar SC1 (#25, 0.04) eğe ile üretici firmanın önerileri doğrultusunda şekillendirilmiştir. Apikal 4 mm'lik kısmı zayıflatılan yeni bir SC2 NiTi eğe kök kanalının apikal 1/3'ünde kırılmıştır. Grup 1L'deki prosedür uygulanmıştır.

Grup 2U: Grup 2L'de uygulanan prosedürün aynısı uygulanmıştır. KH çözeltisi US olarak aktive edilmiştir.

Grup 3L: Kök kanalı Revo-S SC2 (#25, 0.06) NiTi eğe ile şekillendirilmiş, 4 mm SC2 NiTi eğe kök kanalının apikal 1/3'ünde kırılmış ve Grup 1L'deki prosedür uygulanmıştır.

Grup 3U: Grup 3L'de uygulanan prosedürün aynısı uygulanmıştır. KH çözeltisi US olarak aktive edilmiştir.

Grup 4L: Kök kanalı Reciproc R25 (#25, 0.08) eğe ve resiprokasyon hareketi kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrultusunda şekillendirilmiş, 4mm R25 NiTi eğe kök kanalının apikal 1/3'ünde kırılmış ve Grup 1L'deki prosedür uygulanmıştır.

Grup 4U: Grup 4L'da uygulanan prosedürün aynısı uygulanmıştır. KH çözeltisi US olarak aktive edilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) yazılımı kullanılarak Shapiro Wilk-W normallik, tek yönlü varyans analizi ve Tukey testleri ile değerlendirilmiştir (P<0,05).

BULGULAR

Deney gruplarına ait ortama pH değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Farklı zaman noktalarında deney gruplarına ait pH değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri

	Grup 1L #25.02 Lentülo	Grup 1U #25.02 US	Grup 2L #25.04 Lentülo	Grup 2U #25.04 US	Grup 3L #25.06 Lentülo	Grup 3U #25.06 US	Grup 4L #25.08 Lentülo	Grup 4U #25.08 US
1 saat	7,30 (0,11)	7,52 (0,17)	7,21 (0,45)	7,48 (0,11)	7,45 (0,21)	7,79 (0,4)	7,32 (0,36)	7,68 (0,29)
1 gün	7,65 (0,4)	8,02 (0,1)	7,81 (0,15)	8,21 (0,36)	8,1 (0,37)	8,62 (0,17)	7,98 (0,23)	8,72 (0,61)
2 gün	8,35 (0,57)	8,51 (0,26)	8,51 (0,61)	8,76 (0,17)	8,63 (0,31)	9,05 (0,24)	8,91 (0,27)	9,19 (0,35)
7 gün	8,61 (0,15)	8,89 (0,19)	8,71 (0,18)	9,08 (0,29)	9,01 (0,17)	9,24 (0,15)	9,12 (0,15)	9,35 (0,11)
15 gün	8,7 (0,28)	9,25 (0,41)	8,97 (0,12)	9,27 (0,07)	9,18 (0,13)	9,59 (0,2)	9,29 (0,07)	9,63 (0,21)
30 gün	8,94 (0,09)	9,34 (0,12)	9,35 (0,2)	9,42 (0,19)	9,51 (0,24)	9,72 (0,31)	9,67 (0,11)	9,82 (0,09)

Lentülo kullanılmış olan deney grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında, 1 saat ölçümleri arasında belirgin fark görülmemiştir (P>0,05). Diğer ölçüm zamanlarının hepsinde (1, 2, 7, 15 ve 30 gün) ölçülen ortalama pH değerlerinin sıralaması Grup 4L (25.08) > Grup 3L (25.06) > Grup 2L (25.04) > Grup 1L(25.02) şeklindedir. Ayrıca 1, 2, 7, 15 ve 30 gün ölçümlerinde Grup 3L (25.06)'nin Grup 1L (25.02)'den, Grup 4L (25.08)'nin ise Grup 1L (25.02) ve Grup 2L (25.04)'den belirgin olarak daha yüksek pH değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

US kullanılan deney grupları kendi aralarında karşılaştırıldığında, bütün ölçüm zamanlarında Grup 1U (25.02) ile Grup 2U (25.04) arasında ve Grup 3U (25.06) ile Grup 4U (25.08) arasında benzer sonuçlar bulunmuştur (P>0,05). Bununla birlikte bütün ölçüm zamanlarında Grup 3U (25.06) ve Grup 4U (25.08)'nun, Grup 1U (25.02) ve Grup 2U (25.04)'den istatistiksel olarak belirgin şekilde yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür (P<0,05).

Aynı konikliğe sahip kırık eğelerin kullanıldığı deney grupları KH yerleştirme tekniğine göre karşılaştırıldıklarında, bütün zaman aralıklarında US kullanımının lentülo kullanımına göre pH değerini belirgin olarak arttırdığı görülmüştür (Grup 1U > Grup 1L, Grup 2U > Grup 2L, Grup 3U > Grup 3L, Grup 4U > Grup 4L; P<0,05)

TARTIŞMA

Kök kanal tedavisi sırasında kanalda eğe kırılması yeni/kullanılmamış NiTi eğelerde bile4 eğe üzerinde deformasyon gibi görsel bir uyarı vermeden bile ortaya çıkabilir.⁶ Özellikle kökün apikal 1/3'ünde kırılan eğelerin çıkarılma başarısı düşüktür ve birçok komplikasyon riski taşır.⁶ Kırık eğe varlığı tedavinin başarısını özellikle işlem öncesi periapikal lezyon varlığında olumsuz olarak etkileyebilir.¹ Kanal

içi ilaç olarak kullanılan KH'in etkinliği direk olarak iyon ayrışması ile sebep olduğu yüksek pH ile ilişkilidir.¹⁹ Kanal içinde kırık eğe varlığında kanal içi ilaç olarak kullanılan KH'in sebep olduğu periapikal pH değişimini inceleyen tek çalışmada, 4 mm uzunluğunda kırık eğe varlığının pH değişimi üzerinde belirgin etki gösterebileceği rapor edilmiştir.²⁶ Çalışmamızın sonucuna göre KH çözeltisinin sebep olduğu pH artışı US aktivasyon ve kırık kanal eğesinin konikliği artması ile belirgin olarak daha fazla olmuştur.

Çalışmamızda eğe kırıkları kök kanalının apikal 1/3'ünde yapılmıştır. Eğe kırıkları kök kanalının bütün bölümlerinde meydana gelebilmesine rağmen sıklıkla apikal 1/3'te meydana gelmektedir.^{4,7} Ayrıca apikal 1/3'te kırılan eğerlerin çıkarılma başarısının daha düşük olduğu bildirilmiştir.⁶ Kanal içi kırık eğe boylarının ortama 2-4 mm olduğu rapor edilmiştir.^{28,29} Bu sebeple çalışmamızda kırılan eğerlerin boyları 4 mm olarak ayarlanmıştır. Ayrıca KH'in kırık eğe varlığında apikal pH üzerine etkisini inceleyen tek çalışmada 2 mm'lik kırık aletlerin belirgin etkisi olmamasına rağmen, 4 mm'lik alet kırıklarının belirgin etkisi olduğu rapor edilmiştir.²⁶

Çalışmamızın sonuçlarına göre lentülo kullanılan gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında 1 saat ölçümlerinde belirgin bir fark bulunmamasına rağmen, diğer ölçüm zamanlarında kırık eğin konikliğinin artması ölçülen pH üzerinde belirgin artışı sebep olmuştur [G3L(.06) > G1L(.02), G4L(.08) > G1L(.02) ve G2L(.04), P<0,05]. KH'in periapikalde pH artışına sebep olabilmesi için OH iyonlarının kök kanalına ve dentin tübüllerine diffüze olması gerekmektedir. En uygun olan difüzyon yolu olan kök kanalı ve apikal foramen³⁰ kırık eğe varlığında fiziksel olarak tıkalı hale gelmiştir. Kırık eğin konikliğinin daha az olması etrafındaki dentinin daha kalın olmasına sebep olacaktır. Tamponlama etkisine sahip olan dentinin³¹ daha kalın olması konikliği daha az olan eğe varlığında OH iyonları üzerinde daha fazla tamponmaya sebep olabilir. Dentin kalınlığının artması ile OH iyonlarının dentin içerisindeki difüzyonu da azalabilir.²³ Kırılan eğerlerin farklı kesit ve yiv yapıları da KH çözeltisinin ilerlemesinde farklı etkiler gösterebilir. Ayrıca US kullanılan kendi aralarında karşılaştırıldığında bütün ölçüm zamanlarında kırık eğin konikliği arttıkça pH değeri artmıştır [G3U(.06) ve G4U(.08) > G1U(.02) ve G2U(.04), P<0,05].

Çalışmamızın sonuçlarına göre aynı konikliğe sahip eğe grupları lentülo ve US kullanımına göre karşılaştırdıklarında bütün ölçüm zamanlarında US kullanımının pH değerlerinin istatistiksel olarak belirgin olarak arttırdığı görülmüştür. Kanal içi ilaç olarak kullanılan KH çözeltisinin etki etmesi için OH iyonuna ayrışması ve çözeltinin ve/veya iyonların etki istenilen yere ulaşması gerekmektedir.¹⁹ Sonik ve US enerji ile aktive edilmiş yıkama sıvılarının etkinliği/penetrasyonu, sıvının hareketlendirilmesi ile yan kanallar, ramifikasyonlar ve dentin tübülleri gibi ulaşılama-

yan bölgelerde göre artmaktadır.^{32,33} Ayrıca US ile aktive edilmiş kanal patlarının partiküllerine uygulanan basınç ile hava boşlukları yok olmakta, yan kanallara, istmullara ve kanal düzensizliklere adaptasyonu³⁴⁻³⁶ ve dentin tübüllerine penetrasyonu artmaktadır.³⁷⁻⁴⁰ Benzer şekilde KH çözeltisinin ve OH iyonlarının yayılımı da US aktivasyon ile artıyor olabilir. Duarte ve ark.'nın çalışmasının sonuçlarına göre, çalışmalarında çalışmamızın sonuçlarına benzer şekilde, KH çözeltisinin US aktivasyonunun yapay dış rezorbsiyon kavitelerdeki pH üzerinde belirgin bir artışa sebep olmuştur.⁴¹ Ayrıca apikal 1/3'e yaklaştıkça dentin tübüllerinin sayısının ve çapının azalması, sklerotik dentinin artması⁴² ve bölgenin ulaşılabilirliğinin azalması sebebi ile dentin tübüllerine penetrasyon geleneksel yöntemlerle azalmaktadır.⁴³

Dentin ve sement kalınlıklarının farklı olması, ramifikasyonların varlığı ve apikal açıklığın standart olmaması gibi anatomik farklılıkların varlığı çalışmamızın limitasyonlarından. İlgili durumlar micro-CT görüntüleme ya da histolojik kesitler gibi çalışmamızda uygulanmayan yöntemler ile tespit edilebilir. Çalışmamızın diğer bir limitasyonu da eğe kırığının gerçek bir eğe kırığı olmamasıdır. Klinik olarak eğe kırığı varlığında muhtemelen çalışmamızda taklit ettiğimiz şekle göre fiziksel olarak çok daha sıkı bir dentin-eğe ilişkisi mevcut olabilir.

Bu çalışmanın limitasyonları dahilinde, endodontik tedavi sırasında kök kanalının apikal 1/3'lük kısmında çıkartılmayan yada yanından geçilemeyen kırık paslanmaz çelik yada NiTi eğe varlığında kanal içi ilaç olarak kalsiyum hidroksit çözeltisi uygulanması planlanıyor ise, çözeltinin yerleştirilmesi sırasında geleneksel lentülo sistemi ile birlikte çözeltinin ultrasonik aktivasyonu, kalsiyum hidroksit çözeltisinin etkinliğinin artırılması amacı ile önerilebilir. Ayrıca kırık eğin koniklik açısı azaldıkça kalsiyum hidroksit çözeltisinin etkinliğinin azalma ihtimali klinisyen tarafından göz önünde bulundurulmalıdır. Konu ile ilgili ileri mikrobiyolojik ve klinik çalışmalar gerekmektedir.

SONUÇLAR

Çalışmamızın sonuçlarına göre kök kanalının apikalinde kırılmış olan 4 mm'lik eğe varlığında, kanal içi ilaç olarak yerleştirilen KH çözeltisinin periapikal bölgede sebep olduğu pH artışı US aktivasyon ile belirgin bir artmıştır. Ayrıca kırık eğin konikliği arttıkça da pH artışı belirgin artmıştır.

KAYNAKLAR

1. Panitvisai P, Parunnit P, Sathorn C, Messer HH. Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. J Endod 2010; 36: 775-780.
2. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. J Endod 2004; 30: 722-725.
3. Gambarini G. Cyclic fatigue of ProFile rotary instru-

- ments after prolonged clinical use. *Int Endod J* 2001; 34: 386-389.
4. Ankrum MT, Hartwell GR, Truitt JE. K3 Endo, ProTaper, and ProFile systems: breakage and distortion in severely curved roots of molars. *J Endod* 2004; 30: 234-237.
5. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod* 1988; 14: 346-351.
6. Suter B, Lussi A, Sequeira P. Probability of removing fractured instruments from root canals. *Int Endod J* 2005; 38: 112-123.
7. Parashos P, Messer H. Questionnaire survey on the use of rotary nickel-titanium endodontic instruments by Australian dentists. *Int Endod J* 2004; 37: 249-259.
8. Madarati AA, Hunter MJ, Dummer PM. Management of intracanal separated instruments. *J Endod* 2013; 39: 569-581.
9. Madarati AA, Qualtrough AJ, Watts DC. Factors affecting temperature rise on the external root surface during ultrasonic retrieval of intracanal separated files. *J Endod* 2008; 34: 1089-1092.
10. Shen Y, Peng B, Cheung GS-p. Factors associated with the removal of fractured NiTi instruments from root canal systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 98: 605-610.
11. Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc* 1970; 80: 1341-1347.
12. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005; 31: 845-850.
13. Siqueira Jr JF, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008; 34: 1291-1301.
14. Leonardo MR, Da Silva LAB, Tanomaru Filho M, Bonifácio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *J Endod* 2000; 26: 391-394.
15. Allard U, Strömberg U, Strömberg T. Endodontic treatment of experimentally induced apical periodontitis in dogs. *Dent Traumatol* 1987; 3: 240-244.
16. Leonardo MR, Hernandez ME, Silva LA, Tanomaru-Filho M. Effect of a calcium hydroxide-based root canal dressing on periapical repair in dogs: a histological study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 680-685.
17. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod* 1988; 14: 125-127.
18. Buck RA, Cai J, Eleazer PD, Staat RH, Hurst HE. Detoxification of endotoxin by endodontic irrigants and calcium hydroxide. *J Endod* 2001; 27: 325-327.
19. Tronstad L, Andreasen J, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1981; 7: 17-21.
20. Deveaux E, Dufour D, Boniface B. Five methods of calcium hydroxide intracanal placement: an in vitro evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89: 349-355.
21. Duarte MAH, de Oliveira Demarchi ACC, Giaxa MH, Kuga MC, de Campos Fraga S, et al. Evaluation of pH and calcium ion release of three root canal sealers. *J Endod* 2000; 26: 389-390.
22. Haapasalo H, Siren E, Waltimo T, Orstavik D, Haapasalo M. Inactivation of local root canal medicaments by dentine: an in vitro study. *Int Endod J* 2000; 33: 126-131.
23. Nerwich A, Figdor D, Messer HH. pH changes in root dentin over a 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. *J Endod* 1993; 19: 302-326.
24. Heling I, Chandler NP. The antimicrobial effect within dentinal tubules of four root canal sealers. *J Endod* 1996; 22: 257-259.
25. Esberard RM, Carnes Jr DL, Carlos E. pH changes at the surface of root dentin when using root canal sealers containing calcium hydroxide. *J Endod* 1996; 22: 399-401.
26. Çanakçı BC, Sungur R, Er Ö. Do separated instruments affect pH levels when using calcium hydroxide as intracanal dressing? *Niger J Clin Pract* 2019; 22: 1236-1240.
27. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1971; 32: 271-275.
28. Zelada G, Varela P, Martín B, Bahillo JG, Magan F, et al. The effect of rotational speed and the curvature of root canals on the breakage of rotary endodontic instruments. *J Endod* 2002; 28: 540-542.
29. Wang N-N, Ge J-Y, Xie S-J, Chen G, Zhu M. Analysis of Mtwo rotary instrument separation during endodontic therapy: a retrospective clinical study. *Cell Biochem Biophys* 2014; 70: 1091-1095.
30. Farhad A, Barakatin B. pH changes and calcium ion diffusion from calcium hydroxide intracanal medication through root dentin. *Dent Shahid Beheshti Uni Med Sci* 2003; 3: 374-382.
31. Schröder U. Effects of calcium hydroxide-containing pulp-capping agents on pulp cell migration, proliferation, and differentiation. *J Dent Res* 1985; 64: 541-548.
32. Jiang L-M, Verhaagen B, Versluis M, Langedijk J, Wesselink P, et al. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod* 2011; 37: 688-692.
33. Bryce G, MacBeth N, Gulabivala K, Ng YL. The efficacy of supplementary sonic irrigation using the EndoActivator® system determined by removal of a collagen film from an ex vivo model. *Int Endod J* 2018; 51: 489-597.

- 34.** Kim J-A, Hwang Y-C, Rosa V, Yu M-K, Lee K-W, ve ark. Root canal filling quality of a premixed calcium silicate endodontic sealer applied using gutta-percha cone-mediated ultrasonic activation. *J Endod* 2018; 44: 133-138.
- 35.** Lawley GR, Schindler WG, Walker III WA, Kolodrubetz D. Evaluation of ultrasonically placed MTA and fracture resistance with intracanal composite resin in a model of apexification. *J Endod* 2004; 30: 167-172.
- 36.** Parashos P, Phoon A, Sathorn C. Effect of ultrasonication on physical properties of mineral trioxide aggregate. *Biomed Res Int* 2014; 2014.
- 37.** Guimarães BM, Amoroso-Silva PA, Alcalde MP, Marciano MA, de Andrade FB, ve ark. Influence of ultrasonic activation of 4 root canal sealers on the filling quality. *J Endod* 2014; 40: 964-968.
- 38.** Nikhil V, Bansal P, Sawani S. Effect of technique of sealer agitation on percentage and depth of MTA Fillapex sealer penetration: A comparative in-vitro study. *J Conserv Dent* 2015; 18: 119.
- 39.** Wiesse P, Silva-Sousa Y, Pereira R, Estrela C, Domingues L, ve ark. Effect of ultrasonic and sonic activation of root canal sealers on the push-out bond strength and interfacial adaptation to root canal dentine. *Int Endod J* 2018; 51: 102-111.
- 40.** Arslan H, Abbas A, Karatas E. Influence of ultrasonic and sonic activation of epoxy-amine resin-based sealer on penetration of sealer into lateral canals. *Clin Oral Investig* 2016; 20: 2161-2164.
- 41.** Duarte MAH, Balan NV, Zeferino MA, Vivan RR, Morais CAH, ve ark. Effect of ultrasonic activation on pH and calcium released by calcium hydroxide pastes in simulated external root resorption. *J Endod* 2012; 38: 834-837.
- 42.** Carrigan PJ, Morse DR, Furst ML, Sinai IH. A scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. *J Endod* 1984; 10: 359-363.
- 43.** Galler K, Grubmüller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, ve ark. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J* 2019; 52: 1210-1217.