





Kombine irrigasyon solüsyonlarının elektriksel iletkenliğinin karşılaştırılması

Comparision of electrical conductivity of combined irrigation solutions

Ayşin DUMANI¹ 
Şehnaz YILMAZ¹ 
Oğuz YOLDAŞ¹ 
Güray KILINÇÇEKER² 

¹Çukurova Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Bölümü, Adana, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adana, Türkiye

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı kanal tedavisi sırasında kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının elektriksel iletkenliğinin ölçülmesidir.

Yöntemler: Bu çalışmada Qmix, MTAD, Serum fizyolojik, Sodyum hipoklorit (NaOCl; %1, 2,5, 5), Etilen diamin tetra asetik asit (EDTA; %5,17) ve Klorheksidin (CHX) solüsyonlarının elektriksel iletkenliği ölçüldü. Bu solüsyonların elektrik iletkenliğini ölçmek için, elektriksel iletkenlik ölçme cihazı (Meinsberg Conductiviy Meter LF39, FabrikstraBe 69,OT Meinsberg, D-04720 ziegra-Knobelsdorf) kullanıldı. Her bir solüsyondan 10 adet olacak şekilde 100 ml cam beher kaplarının yarısına kadar irrigasyon solüsyonu dolduruldu ve Meinsberg iletkenlik metresi LF39'un elektrot probu bu solüsyonlara daldırıldı. Her irrigasyon solüsyonundan sonra elektrot probu de-iyonize suyla yıkandı ve test cihazı her seferinde kalibre edildi. Ölçümler her irrigasyon solüsyonu için on kez tekrarlandı. İletkenlik ölçümleri verisi dağılımı normal dağılım varsayımını karşılamadığı için non-parametrik Kruskal-Wallis testi kullanılarak yapıldı. İstatistik değerlendirme IBM SPSS istatistik yazılımı (sürüm 20.0; IBM Corp., Armonk, NY, ABD) ile gerçekleştirildi.

Bulgular: Elektriksel iletkenlik ölçme cihazı ölçümleri kiloohm/santimetre'den microsiemens/santimetre'ye çevrildi. Elektriksel iletkenliğine göre sıralandığında %5 NaOCl> %2,5 NaOCl> QMix> %1 NaOCl> %5 EDTA> %17 EDTA> NaCl> MTAD> %2 CHX şeklinde bulundu. İstatistiksel olarak CHX solüsyonun elektriksel iletkenliği QMix, %2,5 NaOCl ve %5 NaOCl'den ($P < .05$); MTAD solüsyonun %2,5 NaOCl ve %5 NaOCl'den ($P < .05$); %17 EDTA solüsyonun %5 NaOCl'den düşük bulundu ($P < .05$).

Sonuç: Bu çalışmanın sonuçlarına göre NaOCl'in elektriksel iletkenliği QMix, MTAD ve CHX'den daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektriksel iletkenlik, MTAD, QMix, EDTA, NaOCl, CHX

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to compare the electrical conductivity of different irrigation solution used in root canal treatment.

Methods: In this study, electrical conductivity of Qmix, MTAD, Saline, Sodium hypochlorite (NaOCl ;1, 2.5, 5%), Ethylene daimine tetraacetic acid (EDTA; 5.17%) and Clorhexidine (CHX) was measured. For measuring of electrical conductivities of this irrigants, an electrical conductivity tester (Meinsberg Conductiviy Meter LF39, FabrikstraBe 69,OT Meinsberg, D-04720 ziegra-Knobelsdorf) was used. After preparation of 10 sample for each solution, 100 mL glassbeakers were half-filled with each irrigant, and the electrode probe was immersed. In each step, electrode was washed with copious de-ionized water and tester was calibrated with appropriate range. Measurements were repated ten times for each irrigant. The nonparametric Kruskal-Wallis test was used when variables were not normally distributed ($P < .05$). Statistical evaluation was executed with IBM SPSS Statistics software (version 20.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Results: Data were obtained in kiloohm/centimeter and calculated to microsiemens/centimeter. According to electrical conductivity; 5% NaOCl> 2.5% NaOCl> QMix> 1% NaOCl> 5% EDTA> 17% EDTA> NaCl> MTAD> 2% CHX. Statistically electrical conductivity of CHX was lower than QMix, 2.5% NaOCl, 5% NaOCl; MTAD was lower than 2.5% NaOCl, 5% NaOCl; %17 EDTA was lower than 5% NaOCl ($P < .05$).

Conclusion: According to resultsof this study the electroconductivity of NaOCl was higher than QMix, MTAD and CHX.

Keywords: Electrical conductivity, MTAD, QMix, EDTA, NaOCl, CHX

GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin başarısında çalışma uzunluğunun doğru hesaplanması en önemli faktörlerden birisidir.¹ Seltzer ve ark.² taşkın veya eksik kök kanal dolgusunun endodontik tedavinin başarısını düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Kök ucunun mikroskobik çalışmalarında enstrümantasyon için çalışma uzunluğunun ve kök kanal sisteminin dolgusunun minor foramen yani apikal daralımda bitmesi gerektiği üzerinde durulmuştur.³ Bu yüzden apikal daralıma tespit etmek endodontik tedavinin anahtar aşamasıdır.⁴ Günümüzde çalışma uzunluğunun ölçümünde elektronik apeks buluculardan faydalanıl-



Geliş Tarihi/Received: 09.04.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 17.12.2021

Sorumlu Yazar/Corresponding Author:

Ayşin DUMANI

E-mail: adumani@cu.edu.tr

Cite this article: Dumani A, Yılmaz Ş, Yoldaş O, Kılınççeker G. Comparision of electrical conductivity of combined irrigation solutions. *Curr Res Dent Sci.* 2022; 32(2): 148-151.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

maktadır. Apeks bulucuların in-vivo doğrulukları; kök kanal anatomisindeki farklılıklardan, kökün apikal bölgesinin anatomik varyasyonlarından, kök kanal boyu ölçümleri sırasında klinik işlemsel farklılıklardan ve kök kanal ortamının elektriksel iletkenliğinden etkilenebilmektedir.⁵⁻⁷ Elektriksel iletkenlik, farklı madde türlerinin elektrik akımını iletme yeteneğidir. Bir malzemenin elektriksel iletkenliği, birim kesit alan başına akımın, akım üreten elektrik alanına oranı olarak tanımlanır.⁸ Elektriksel iletkenlik bir maddenin miktarına veya şekline bağlı olmayıp, sıcaklık ve kimyasal bileşimine bağlı olan bir özelliktir.

Serum fizyolojik, sodyum hipoklorit (NaOCl), klorheksidin glukonat (CHX), etilendiamintetraasetik asit (EDTA) gibi solüsyonlar kök kanal irrigasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. NaOCl, farklı konsantrasyonlarda (0.05–6%) olmak suretiyle mekanik enstrümantasyon sırasında en sık kullanılan irrigasyon solüsyonudur. Yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığında etkili bakteriyel eliminasyon sağlamakla beraber periapikal dokulara taşıdığı toksik etkiler gösterebilmektedir.⁹ Bu yüzden bakteriyel eliminasyonu sağlayan fakat periapikal dokular için toksik olmayan farklı irrigasyon solüsyon arayışları her zaman söz konusudur. CHX, Gram (+) ve Gram (-) bakterilere ve mantarlara karşı etkili bir antibakteriyel irrigasyon ajanıdır.¹⁰ Şelasyon ajanı olan EDTA (disodyum tuzu) smear tabakasını kaldırmada etkilidir ve düşük antibakteriyel aktiviteye sahiptir.¹¹ Bununla birlikte, son yıllarda kombine irrigasyon solüsyonlarından olan QMix ve MTAD'nin kök kanal tedavisi sırasında kullanımı yaygınlaşmıştır. QMix; EDTA, Klorheksidin ve deterjan içermektedir ve smear tabakasını kaldırmada etkili olup, CHX'ne göre daha iyi bir antibakteriyel etki göstermektedir.¹² MTAD solüsyonu ise tetrasiklin, sitrik asit ve polisorbata 80 deterjanı karışımından oluşmaktadır ve kök kanalında antibakteriyel bir etki sağlanması için kullanılmaktadır.¹³ Kök kanal irrigasyon solüsyonlarının birçoğunun (NaCl, NaOCl ve CHX) elektriksel iletkenliği araştırılmıştır.¹⁴ Literatür taraması yapıldığında QMix ve MTAD solüsyonlarının elektriksel iletkenlikleri ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, kök kanal tedavisi sırasında kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının (QMix, MTAD, Serum fizyolojik, NaOCl, EDTA ve CHX) elektriksel iletkenliklerini tespit edilmesidir. Bu çalışmanın sıfır hipotezi 'Değerlendirilen irrigasyon solüsyonlarının elektriksel iletkenlikleri arasında fark bulunmaması' olarak kurulmuştur.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada klinik şartlarda kullanılan farklı irrigasyon solüsyonlarının ve farklı konsantrasyonlarının (Qmix, MTAD, Serum fizyolojik, NaOCl (%1, 2,5, 5), EDTA ve CHX) elektriksel iletkenliği ölçülecektir. Bu solüsyonların elektrik iletkenliğini ölçmek için, elektriksel iletkenlik ölçme cihazı (Meinsberg Conductivity Meter LF39, FabrikstraBe 69,OT Meinsberg, D-04720 ziegra-Knobelsdorf) kullanıldı. Her bir solüsyondan 10 adet olacak şekilde 100 ml cam beher kaplarının yarısına kadar irrigasyon solüsyonu dolduruldu ve Meinsberg iletkenlik metresi LF39'un elektrot probu bu solüsyonlara daldırıldı. Her irrigasyon solüsyonundan sonra elektrot probu de-iyonize suyla yıkandı ve test cihazı her seferinde kalibre edildi. Ölçümler her irrigasyon solüsyonu için on kez tekrarlandı. Elektriksel iletkenlik ölçme cihazı ölçümleri kiloohm/santimetre (k Ω /cm)'den microsiemens/santimetre (μ S/cm)'ye çevrildi ve ortalamaya alındı.

İstatistiksel Analiz

İletkenlik ölçümleri verisi dağılımı normal dağılım varsayımını kar-

şılamadığı için nonparametrik Kruskal-Wallis testi kullanılarak yapıldı. Takiben ikili grup karşılaştırmaları için düzeltilmiş Mann-Whitney-U testi kullanıldı. Tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, standart sapma yanında medyan, minimum ve maksimum değerler verildi. İstatistik değerlendirme IBM SPSS istatistik yazılımı versiyon 20,0 (IBM Statistical Package for the Social Sciences Corp., Armonk, NY, ABD) ile gerçekleştirildi.

BULGULAR

Tablo 1'de irrigasyon solüsyonlarının elektriksel iletkenlik değerleri Ortalama \pm SS olarak verilmektedir. Elektriksel iletkenliğine göre sıralandığında %5 NaOCl > %2,5 NaOCl > QMix > %1 NaOCl > %5 EDTA > %17 EDTA > NaCl > MTAD > %2 CHX'dir. %5 NaOCl en yüksek elektriksel iletkenliğe sahipken, %2 CHX en düşük elektriksel iletkenliğe sahip olarak bulundu (Tablo 1). İstatistiksel olarak CHX solüsyonun elektriksel direnci QMix, %2,5 ve %5 NaOCl'den, MTAD solüsyonun %2,5 ve %5 NaOCl'den, %17 EDTA solüsyonunun %5 NaOCl'den düşük olarak bulundu ($P < ,05$) (Şekil 1).

TARTIŞMA

Elektronik apeks bulucuların ölçüm doğruluklarını in-vivo şartlarda etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Periapikal lezyonlar¹⁵, apikal foramenin çapı¹⁶, hekimin beceri ve tecrübesi¹⁷ ve kök kanalında bulunan sıvının iletkenliği¹⁷ bu faktörlerden birkaçıdır. Sıvı haldeki elektriksel iletkenlik genellikle iyonların varlığından kaynaklanır. Bir molar elektrolitin iletkenliği metre başına 0,01 siemens düzeyindedir ki bu bir metalden çok daha az fakat yine de tipik yalıtkanlardan daha büyüktür.⁸

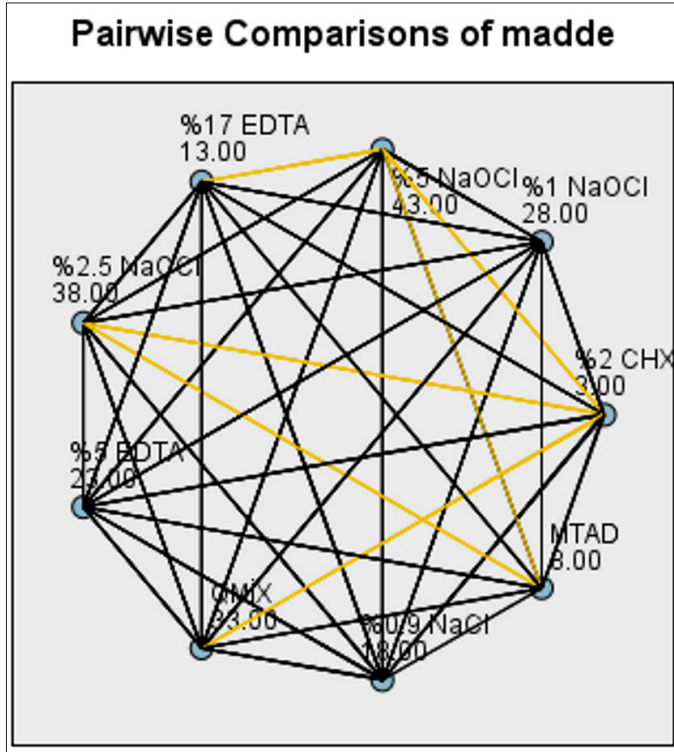
Shin ve ark.¹⁴ NaCl, NaOCl, CHX jel and RC-Prep jel (glikol, üre peroksit ve EDTA karışımı) solüsyonlarının elektriksel iletkenliğini ölçmüşlerdir. Bu irrigasyon solüsyonlarından %5,25 NaOCl'ün elektrik direnci en yüksek çıkarken, CHX jel and RC-Prep jelin elektrik direnci en düşük çıkmıştır. Elektrik direnci en yüksekten düşüğe doğru NaOCl, CHX, NaCl, CHX jel and RC-Prep jeldir. Bu çalışmaya benzer olarak bizim çalışmamızda da %5 NaOCl en yüksek elektriksel iletkenliğe sahipken, %2 CHX en düşük elektriksel iletkenliğe sahiptir. Kombine irrigasyon solüsyonlarından QMix'in elektriksel iletkenliği MTAD'ye göre yüksek çıkmıştır. Bu çalışmanın sıfır hipotezi bu sonuçlar dahilinde reddedilmiştir.

Kök kanal boyu ölçümünde doğru bir ölçüm elde etmek için elektriksel olarak iletken bir materyalin kök kanalında bulunmaması gerekmektedir.¹⁸ Kök kanallarında bulunan kan, pulpa ve irrigasyon solüsyonları kök kanal boyu ölçümünde elektronik apeks bulucuların doğruluklarını etkileyebilmektedir.⁷ Kök kanalında elektrolit görevi yapan bir doku olduğunda, elektrot-elektrolit ara yüz empedansı NaCl'ye daha yakındır ve iyonik içeriği kan plazmasına eşdeğer olduğu için NaCl tavsiye edilen bir irrigasyon solüsyonu haline gelmiştir.^{7,19}

Tablo 1. İrrigasyon solüsyonlarının elektriksel iletkenliği (μ S/cm)

Gruplar	Elektriksel iletkenliği (μ S/cm) (Ortalama \pm SS)
QMIX	53801,2 \pm 1012,9
MTAD	7712,9 \pm 57,9
%5 EDTA	27717,7 \pm 33,6
%17 EDTA	10175,1 \pm 131,5
%2 CHX	1392,5 \pm 3,9
%0,9 NaCl	13162,2 \pm 77,3
%1 NaOCl	29449,5 \pm 99,6
%2,5 NaOCl	66976,2 \pm 228,2
%5 NaOCl	111777,8 \pm 669,0

μ S/cm, microsiemens/santimetre; Ortalama \pm SS, Ortalama \pm Standart Sapma



Şekil 1. Verilerin Pairwise istatistiksel analizi (Sarı çizgiler $P < .05$, siyah çizgiler $P > .05$)

Önceki jenerasyon elektronik apeks bulucular iletken sıvıların varlığında sıklıkla yanlış ölçüm sonuçları vermiştir. Bununla birlikte, üreticiler yeni nesil elektronik apeks bulucularda çok frekanslı teknolojilerin kullanıldığını, bu nedenle apikal foramenin her koşulda bulunabileceğini iddia etmektedirler.²⁰ Bunun yanı sıra, çoğu çalışma yüksek elektriksel dirence sahip solüsyonların doğruluğu etkileyebileceğini göstermiştir.^{7,21} Kobayashi²² ve Fan ve ark.²¹ elektrik iletken sıvıların empedansı düşürdüklerini ve bu yüzden kısa ölçümlere neden olduğunu, uzun ölçümlere ise düşük iletken sıvıların neden olduğunu bildirmişlerdir. Birçok in-vitro çalışmada, bu solüsyonların elektronik apeks bulucuların ölçümlerini nasıl etkilediği rapor edilmiştir.^{23,24}

Altunbaş ve ark.²⁵ perforasyonlu köklerde Dentaport ZX ve Rotor apex locatorların çalışma boyunu, kök kanalları kuru ise daha doğru ölçtüğünü belirtmişlerdir. Dentaport ZX grubu EDTA solüsyonunda daha gerçekçi sonuçlar verirken, NaOCl perforasyon yerinin belirlenmesinde en güvenilir sonuçlar göstermiştir. NaOCl'ün elektriksel direncinin yüksek olması bu sonuca yol açmış olabilir. Venturi ve Breschi⁷ kök kanallarında düşük elektriksel iletkenliğin var olduğu durumlarda (kuru kök kanallarında) Root ZX (Morita, Kyoto, Japonya) elektronik apeks bulucunun ölçüm sonuçlarının tutarsız ve kararsız olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmaya zıt olarak, Bilaiya ve ark.²⁶ Root ZX mini apeks bulucunun kuru ortamda en doğru boy ölçümünü gösterdiğini rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada, Jenkins ve ark.²⁷ kök kanallarında yüksek elektriksel dirence sahip NaOCl kullanıldığında, Root ZX elektronik apeks bulucunun çalışma uzunluğunu kısa gösterdiğini rapor etmişlerdir. Baruah ve ark.²⁸ ise Root ZX ile yapılan çalışma uzunluğu tespitinde, ısıtılmış ve ısıtılmamış NaOCl' de kısa, CHX' de ise uzun ölçümler bulmuştur. Tınaz ve ark.²⁹ çalışmasında kök kanalında NaOCl varlığında Root ZX ve Apex Pointer kullanımı sonucunda kök kanal boyları arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Root

ZX'in değerlendirildiği diğer bir çalışmada, EDTA ve serum fizyolojik, kuru kanallara göre daha doğru ölçüm vermiştir.³⁰

Bu çalışmalara zıt olarak Prasad ve ark.³¹ kök kanalındaki farklı solüsyonların (Serum fizyolojik, Sodyum hipoklorit, Klorheksidin diglukonat ve EDTA) Root ZX ve i-Root elektronik apeks bulucuların çalışma uzunluğu tespitini etkilemediğini rapor etmişlerdir. Kang ve Kim²⁴ de farklı apeks bulucuların (Apex Finder 7005, Apit, Bingo-1020, e-Magic Finder, Propex, Root ZX ve SmarPex) farklı irrigasyon solüsyonlarında (NaOCl, Serum fizyolojik, Klorheksidin, EDTA) istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Pommer ve ark.³² da kök kanalındaki nemle, elektronik kök kanal boyu ölçümü arasında istatistiksel bir korelasyon olmadığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmaya benzer olarak Sübay ve ark.³³ nemli veya kuru ortamların elektronik apeks bulucuların okumalarını etkilemediğini rapor etmişlerdir. Kök kanal irrigantı olarak kullanılan birçok solüsyonun bu cihazların kullanımı sırasında farklı yanıtlar ortaya çıkardığı görülmüştür. Farklı sonuçların ortaya çıkması; farklı elektronik apeks bulucu kullanımı, farklı yöntem veya farklı solüsyonlardan kaynaklanabilmektedir.

Bu çalışmada birçok irrigasyon solüsyonunun ve kombine irrigasyon solüsyonu olan QMix ve MTAD' nin elektriksel iletkenliği değerlendirilmiştir. Bu solüsyonlarla ilgili yapılan çalışma çok az sayıdadır. Bu çalışmanın limitasyonu bu solüsyonların in-vitro ve/ya in-vivo ortamda kök kanallarında kullanılarak elektronik apeks bulucuya etkilerinin değerlendirilmemiş olmasıdır. Kök kanal irrigasyonunda kullanılan bu solüsyonların elektriksel iletkenlikleri ve farklı apeks bulucular kullanılarak çalışma boyunun hesaplanmasında in-vitro ve in-vivo çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada kök kanal tedavisinde kullanılan irrigasyon solüsyonlarından % 5 NaOCl en yüksek elektriksel iletkenliğe sahipken, %2 CHX en düşük elektriksel iletkenliğe sahip çıkmıştır. QMix solüsyonunun elektriksel iletkenliği MTAD solüsyonuna göre yüksek çıkmıştır ama istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayına ihtiyaç yoktur.

Hasta Onamı: Bu çalışmada insan veya hayvan kaynaklı hiçbir materyal kullanılmamıştır. Bu nedenle aydınlatılmış onam düzenlenmemiştir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir – A.D.; Tasarım – A.D., Ş.Y.; Denetleme – O.Y., G.K.; Kaynaklar – A.D.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – A.D., G.K.; Analiz ve/veya Yorum – A.D., O.Y.; Literatür Taraması – Ş.Y., A.D.; Yazıyı Yazan – A.D.; Eleştirel İnceleme – Ş.Y., O.Y., G.K.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

Ethics Committee Approval: Ethics committee approval was not required for this study.

Informed Consent: No materials of human or animal origin were used in this study. Therefore, informed consent was not issued.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – A.D.; Design – A.D., S.Y.; Supervision – O.Y., G.K.; Resources – S.L.; Data Collection and/or Processing – A.D., G.K.; Analysis and/or Interpretation – A.D., O.Y.; Literature Search – S.Y., A.D.; Writing Manuscript – A.D.; Critical Review – S.Y., O.Y., G.K.

Declaration of Interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding: The authors declared that this study has received no financial support.

KAYNAKLAR

- Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part- 1; literature review. *Int Endod J.* 1998;31(6):384-393. [\[Crossref\]](#)
- Seltzer S, Bender IB, Turkenkopf S. Factors affecting successful repair after root canal therapy. *J Am Dent Assoc.* 1963;67:651-662. [\[Crossref\]](#)
- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc.* 1955;50(5):544-552. [\[Crossref\]](#)
- Herrera M, Abalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX Apex locator precision. *J Endod.* 2007;33(8):995-998. [\[Crossref\]](#)
- Ding J, Gutmann JL, Fan B, Lu Y, Chen H. Investigation of apex locators and related morphological factors. *J Endod.* 2010;36(8):1399-1403. [\[Crossref\]](#)
- ElAyouti A, Löst C. A simple mounting model for consistent determination of the accuracy and repeatability of apex locators. *Int Endod J.* 2006;39(2):108-112. [\[Crossref\]](#)
- Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. *Int Endod J.* 2005;38(1):36-45. [\[Crossref\]](#)
- Joesten MD, Hogg JL, Castellion ME. The world of chemistry: essentials. 4th ed. Belmont, CA: Brooks Cole; 2004. p. 461.
- Tanomaru-Filho M, Leonardo MR, Silva LA, Annibal FF, Faccioli LH. Inflammatory response to different endodontic irrigating solutions. *Int Endod J.* 2012;38:13951398.
- Vahdaty A, Pitt Ford TR, Wilson RF. Efficacy of chlorhexidine in disinfecting dentinal tubules in vitro. *Endod Dent Traumatol.* 1993;9(6):243-248. [\[Crossref\]](#)
- Peters CA, Barbakow F. Effect of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: A scanning electron microscopic study. *J Endod.* 2000;25(1):6-10. [\[Crossref\]](#)
- Dai L, Khechen K, Khan S, et al. The effect of QMix, an experimental antibacterial root canal irrigant, on removal of canal wall smear layer and debris. *J Endod.* 2011;37(1):80-84. [\[Crossref\]](#)
- Torabinejad M, Shabahang S, Aprecio R, Kettering JD. The antimicrobial effect of MTAD: An in vitro investigation. *J Endod.* 2003;29(6):400-403. [\[Crossref\]](#)
- Shin HS, Yang WK, Kim MR, et al. Accuracy of Root ZX in teeth with simulated root perforation in the presence of gel or liquid type endodontic irrigant. *Restor Dent Endod.* 2012;37(3):149-154. [\[Crossref\]](#)
- Stein TJ, Corcoran JF, Zillich RM. The influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. *J Endod.* 1990;16(11):520-22. [\[Crossref\]](#)
- Fouad A, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod.* 1993;19(2):63-67. [\[Crossref\]](#)
- Abbott PV. Clinical evaluation of an electronic root canal measuring device. *Aus Endod J.* 1987;32(1):17-21. [\[Crossref\]](#)
- Fouad AF, Krell KV. An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. *J Endod.* 1989;15(12):573-577. [\[Crossref\]](#)
- Pallas-Areny R, Webster JG. AC instrumentation amplifier for bioimpedance measurements. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1993;40(8):830-833. [\[Crossref\]](#)
- Soi S, Mohan S, Vinayak V, Kaur P. Electronic apex locators. *J Dent Sci Oral Reh.* 2013;24-27.
- Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *Int Endod J.* 2006;39(2):127-135. [\[Crossref\]](#)
- Kobayashi C. Electronic canal length measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(2):226-231. [\[Crossref\]](#)
- Li YH, Zhou Z, Zheng YQ, et al. Accuracy of three different electronic apex locators in determination of perforation with various conditions in vitro. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2011;29(3):272-275.
- Kang JA, Kim SK. Accuracies of seven different apex locators under various conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(4):57-62. [\[Crossref\]](#)
- Altunbaş D, Kuştarıcı A, Toyoğlu M. The influence of various irrigants on the accuracy of 2 electronic apex locators in locating simulated root perforations. *J Endod.* 2017;43(3):439-442. [\[Crossref\]](#)
- Bilalaya S, Patni PM, Jain P, Pandey SH, Raghuvanshi S, Bagulkar B. Comparative evaluation of accuracy of Iperx, Root Zx Mini, and Epex Pro apex locators in teeth with artificially created root perforations in presence of various intracanal irrigants. *Eur Endod J.* 2020;5(1):6-9. [\[Crossref\]](#)
- Jenkins JA, Walker WA, Schindler WG, Flores CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod.* 2001;27(3):209-211. [\[Crossref\]](#)
- Baruah Q, Sinha N, Singh B, Reddy PN, Baruah K, Augustine V. Comparative evaluation of accuracy of two electronic apex locators in the presence of contemporary irrigants: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2018;8(4):349-353. [\[Crossref\]](#)
- Tinaz A.C, Kivanç B, Çınar S, Tazegül S. In vitro comparison of two new generation apex locators. *Curr Res Dent Sci.* 2006;16(1):30-33.
- Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: An in vitro study. *Int Endod J.* 2002;35(2):186-192. [\[Crossref\]](#)
- Prasad AB, Harshit S, Aastha SA, Deepak R. An in vitro evaluation of the accuracy of two electronic apex locators to determine working length in the presence of various irrigants. *Ethiop J Health Sci.* 2016;26(5):457-462. [\[Crossref\]](#)
- Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. *J Endod.* 2002;28(2):83-85. [\[Crossref\]](#)
- Sübay RK, Kara Ö, Sübay MO. Comparison of four electronic root canal length measurement devices. *Acta Odontol Scand.* 2017;75(5):325-331. [\[Crossref\]](#)