

PERBANDINGAN AKURASI PENGUKURAN PANJANG KERJA MENGGUNAKAN METODE RADIOGRAFI DAN ELEKTRONIK PADA PERAWATAN ENDODONTIK

Badi Soerachman*, Atia Nurul Sidiqa**, Hartanto Endrowahyudi*

*Departemen Konservasi Gigi dan Endodontik, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi 40285, Indonesia

**Departemen Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jenderal Achmad Yani, Jl Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi 40285, Indonesia

Korespondensi: Atia Nurul Sidiqa, atia.nurul@lecture.unjani.ac.id

ABSTRAK

Latar belakang: perawatan saluran akar bertujuan untuk menghasilkan kondisi lingkungan saluran akar yang sehat melalui proses penyembuhan akibat perawatan kontinu jaringan periradikuler yang mengalami infeksi. Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan perawatan saluran akar adalah akurasi pengukuran panjang kerja. Metode yang umum digunakan dalam menentukan panjang kerja adalah radiografi dan elektronik. Metode radiografi dipengaruhi kualitas foto radiografi, sedangkan metode elektronik penggunaannya mudah namun tidak dapat memberikan informasi mengenai bentuk akar, jumlah akar, dan arah lengkung akar yang akurat. **Tujuan:** penelitian ini membandingkan tingkat akurasi pengukuran panjang kerja yang diukur dengan metode radiografi dan elektronik. **Metode:** sebanyak 30 gigi permanen rahang bawah yang telah diekstraksi dengan saluran akar tunggal, lurus, dan apikal telah tertutup dengan sempurna dipotong horizontal pada garis servikal (*cementoenamel junction*) dengan menggunakan *carborundum* kemudian dipreparasi menggunakan File K #10 dan #15 secara berurutan. Sampel gigi kemudian dilakukan pengukuran panjang saluran akar dengan metode radiografi parallel, *electronic apex locator* (SybronEndo) dan pengukuran aktual yang kemudian diamati dengan menggunakan kamera lensa makro 100 mm. Data kemudian dilakukan analisis statistik dengan uji t **Hasil:** hasil penelitian menunjukkan bahwa keakuratan pengukuran panjang kerja dengan metode elektronik terdapat pada sebanyak 17 sampel dari 30 sampel (56.7%) sedangkan pengukuran dengan metode radiografi hanya 1 sampel dari 30 sampel (3.3%). **Kesimpulan:** pengukuran panjang kerja dengan menggunakan metode radiografi dan elektronik memiliki akurasi yang sama. Kedua metode pengukuran menunjukkan nilai yang lebih mendekati panjang kerja aktual. Penelitian lebih lanjut secara *in vivo* perlu dilakukan karena hal ini menjadi keterbatasan yang dapat mempengaruhi ketepatan pengukuran dengan alat elektronik.

Kata Kunci: Panjang Kerja, Endodontik, Radiografi, Elektronik apex lokator

ABSTRACT

Background: root canal treatment aims to produce a healthy root canal environment through the healing process due to continuous treatment of infected periradicular tissue. One of the factors that influence the success of root canal treatment is the accuracy of measuring working length. The methods commonly used in determining the working length are radiographic and electronic. The radiographic method is influenced by the quality of the radiographic photo, while the electronic method is easy to use so it cannot provide accurate information about the shape of the root, the number of roots, and the direction of the root curvature. **Purpose:** to compare the accuracy of working length measurements as measured by radiographic and electronic methods. **Methods:** a total of 30 anterior permanent teeth that have been extracted with a single, straight, and apical root canal that have been completely closed were cut horizontally at the cementoenamel junction using carborundum and then prepared using K #10 and #15 files, respectively. The tooth sample was then measured with the length of the root canal using parallel radiography, electronic apical locator (SybronEndo) and the actual measurements were then observed using a 100 mm macro lens camera. The data was then analyzed statistically with the t test **Result:** The results showed that the accuracy of measuring working length with the electronic method was found in 17 samples out of 30 samples (56.7%) while the measurement using the radiographic method was only 1 sample out of 30 samples (3.3%). **Conclusion:** measurement of working length using radiographic and electronic methods has the same accuracy. Both measurement methods show that the values are closer to the actual working length. Further research *in vivo* needs to be done because this is a limitation that can affect the accuracy of measurements with electronic devices.

Keywords: Working length, Endodontic, Radiography, Electronic

PENDAHULUAN

Perawatan saluran akar adalah tindakan yang dilakukan untuk menciptakan lingkungan pada saluran akar terinfeksi mengalami penyembuhan pada jaringan periradikuler.¹ Dasar perawatan saluran akar adalah preparasi biomekanis, kontrol mikrobial, dan pengisian saluran akar. Prosedur perawatan saluran akar terbatas hanya dilakukan pada sistem saluran akar sehingga akurasi panjang kerja saluran akar sangat penting untuk menentukan batas instrumentasi dan material obturasi.² Kegagalan menentukan panjang kerja akan menyebabkan trauma paska perawatan disertai waktu penyembuhan yang lama.³ Selain itu kebocoran apikal dapat timbul pada daerah yang tidak dibersihkan dan tidak terisi di ruangan yang lebih pendek dari konstiksi apikal dan menyebabkan rasa tidak nyaman pada pasien. Dengan demikian, keberhasilan perawatan endodontik bergantung pada akurasi penentuan panjang kerja untuk menghasilkan proses penyembuhan yang baik.⁴

Panjang kerja didefinisikan sebagai jarak dari titik referensi di koronal ke konstiksi apikal yaitu akhiran preparasi dan obturasi saluran akar harus dihentikan. Konstiksi apikal atau foramen minor adalah bagian dari saluran akar dengan diameter terkecil. Penentuan panjang kerja sangat penting untuk memastikan saluran akar dapat dicapai sepenuhnya untuk dibersihkan dan diobtulasi.⁵ Penentuan panjang kerja terdiri dari beberapa metode pengukuran, dan beberapa metode yang umum digunakan adalah dengan metode radiografi dan metode elektronik dengan menggunakan *electronic apex locator* (EAL).⁶

Radiografi periapikal merupakan teknik foto intraoral yang paling sering digunakan pada perawatan endodontik. Radiografi periapikal akan memberikan gambaran spesifik gigi mulai dari mahkota sampai akar, meliputi satu atau beberapa gigi yang bersebelahan, tulang alveolar dan struktur anatomis di sekitar gigi.⁷ Terdapat dua teknik radiografi periapikal yang biasa digunakan yaitu teknik paralel dan teknik bisektris. Diantara kedua teknik tersebut, teknik paralel menunjukkan reproduksi gambar dari anatomi apikal yang lebih baik dibandingkan teknik bisektris. Hasil studi menunjukkan pada penggunaan radiografi sebagai metode tunggal dalam penentuan panjang kerja menghasilkan 56% instrumentasi melampaui foramen apikal pada gigi premolar dan 33% pada gigi molar sehingga kualitas foto menjadi sangat penting dalam menginterpretasi panjang kerja melalui radiografi.⁸

Alat pengukur panjang kerja EAL pertama kali diperkenalkan pada tahun 1918 oleh Custer dengan dasar prinsip kerja bahwa konduktivitas listrik di jaringan periapeks lebih besar daripada konduktivitas di dalam saluran akar bagian koronal sedangkan resistensi listrik di jaringan periapeks lebih rendah dibandingkan di daerah koronal. Perbedaan nilai

konduktivitas tersebut dapat lebih mudah dideteksi jika saluran akar kering atau terisi cairan non-konduktif seperti alkohol. Penggunaan teknologi menggunakan EAL pada metode elektronik didasarkan pada prinsip sederhana tahanan listrik yang akan terjadi pada saat aliran arus berada di ujung jarum file dengan jaringan periodonsium yang bersifat sebagai konduktor.⁹ Metode penentuan panjang kerja dapat menghasilkan ukuran yang berbeda.¹⁰ Presisi pengukuran panjang kerja menggunakan metode radiografi mencapai 82% sedangkan pengukuran dengan metode elektronik mendekati 95%. Ketepatan pengukuran panjang kerja secara elektronik tergantung pada EAL dan jenis irigasi yang digunakan namun tidak dipengaruhi oleh status jaringan pulpa.¹¹ Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan tingkat akurasi pengukuran panjang kerja menggunakan metode radiografi dan elektronik menggunakan EAL pada gigi anterior permanen yang telah diekstraksi.

METODE PENELITIAN

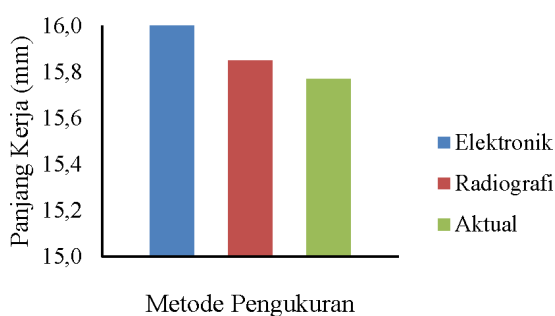
Sebanyak 30 gigi permanen anterior rahang atas dan rahang bawah yang telah diekstraksi dengan saluran akar tunggal, lurus, dan apikal telah tertutup dengan sempurna. Gigi anterior dipilih sebagai sampel karena memiliki akar tunggal sehingga dapat diperoleh keseragaman untuk memudahkan pengukuran. Gigi dipotong horizontal pada garis servikal (*cementoenamel junction*) dengan menggunakan *carborundum disc* kecepatan rendah. Kemudian saluran akar gigi dipreparasi menggunakan File K #10 dan #15 (Mailefer K-File Stainless Steel, Dentsply) secara berurutan. Gigi kemudian direndam pada larutan NaCl 0,9% dengan tujuan untuk tetap menjaga kelembapannya. Kemudian gigi difiksasi pada film periapikal yang telah direkatkan pada pemegang film. Kemudian foto radiografi dengan teknik paralel dilakukan pada film periapikal tersebut. Setelah diperoleh gambaran radiografi, kemudian dilakukan pengukuran panjang saluran akar dari titik acuan ke apeks gigi, lalu panjang kerja ditentukan dengan cara mengurangi 1,0 mm dari hasil pengukuran panjang saluran akar. Setelah diperoleh panjang kerja secara radiografi kemudian disambungkan ke alat *electronic apex locator* generasi pertama (SybronEndo) dan *Image receptor* (Hanshin Dental X-ray film) dengan jarum file K # 15 ke saluran akar hingga terdengar suara penanda lokasi foramen apikal terdengar dan dapat bertahan selama ± 5 detik. Jarum file ditahan dengan *stopper* dan ukuran panjang kerja diukur menggunakan *endoblock* (Dentsply). Setelah itu sampel gigi dipotong secara vertikal untuk dilakukan pengukuran panjang kerja secara aktual. Pengukuran dimulai dari titik referensi pada koronal hingga ke apikal konstiksi pengukuran kemudian diamati dengan menggunakan kamera lensa makro 100 mm.

Setelah dilakukan pengukuran panjang kerja pada semua sampel dengan metode elektronik, radiografi, dan panjang kerja aktual maka dilakukan pengukuran selisih panjang kerja yaitu dengan mengurangi panjang kerja pada metode elektronik dengan panjang kerja pada metode radiografi dengan panjang kerja aktual. Hasilnya diperoleh selisih panjang kerja metode elektronik yang lebih panjang daripada panjang kerja aktual dan selisih panjang kerja metode radiografi yang lebih panjang daripada panjang kerja aktual.

Penelitian ini dilakukan secara *in vitro* karena dapat memberikan keuntungan antara lain kemudahan dalam proses pengukuran, pengontrolan pada setiap uji yang dilakukan serta visualisasi langsung untuk menentukan konstiksi apikal pada pengukuran panjang kerja aktual. Data hasil penelitian diolah dan dianalisis secara statistika dengan tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Analisis deskriptif digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata dan standar deviasi dari hasil pengukuran panjang kerja dan selisih pengukuran panjang kerja.

HASIL PENELITIAN

Nilai rerata panjang kerja hasil pengukuran dengan metode elektronik, metode radiografi, dan panjang kerja aktual disajikan dalam bentuk grafik dan tabel. Pada gambar 1. didapatkan hasil pengukuran panjang kerja saluran akar yang diukur dengan menggunakan metode elektronik, radiografi, dan aktual. Berdasarkan hasil pengukuran pada diperoleh rata-rata panjang kerja metode elektronik sebesar 16,02 mm, metode radiografi sebesar 15,85 mm, dan panjang kerja menggunakan metode aktual sebesar 15,77 mm. Hal ini menunjukan bahwa berdasarkan hasil penelitian rata-rata pengukuran panjang kerja dengan menggunakan metode elektronik lebih tinggi dibandingkan pengukuran panjang kerja dengan menggunakan metode radiografi dan aktual.



Gambar 1. Panjang kerja saluran akar yang diukur dengan berbagai metode

Nilai rata-rata hasil pengukuran panjang kerja dengan menggunakan metode radiografi menunjuk-

kan nilai yang lebih mendekati panjang kerja aktual dibandingkan metode elektronik. Namun, nilai rata-rata panjang kerja tidak dapat diandalkan untuk menyatakan bahwa pengukuran dengan metode radiografi lebih akurat dibandingkan dengan metode elektronik.

Tabel 1. Rerata dan standar deviasi selisih panjang kerja

Selisih Panjang Kerja	Rata-rata (mm)	Std. Deviasi	Nilai P
Elektronik - Aktual	0,25	0,08	0,655
Radiografi - Aktual	0,82	1,19	0,882

Pada Tabel 1 menggambarkan selisih panjang kerja dengan pengukuran menggunakan metode elektronik dan radiografi terhadap panjang kerja aktual. Rata-rata selisih panjang kerja radiografi dengan panjang kerja aktual adalah sebesar 0,82 mm dengan standar deviasi sebesar 1,19 mm sedangkan rata-rata selisih panjang kerja elektronik dengan panjang kerja aktual menunjukkan hasil yang lebih kecil yaitu 0,25 mm dengan standar deviasi sebesar 0,08 mm. Hal tersebut menunjukkan alat elektronik dapat mengukur panjang kerja lebih baik dibandingkan radiografi karena menunjukkan selisih yang lebih kecil.

Uji statistika dilakukan untuk menganalisis perbandingan rata-rata panjang kerja pada pengukuran dengan metode elektronik, radiografi, dan panjang kerja aktual serta untuk menganalisis perbandingan selisih panjang kerja antara kedua metode. Hasil analisis statistik dengan t tes pada perbandingan selisih panjang kerja menggunakan metode elektronik dan aktual menunjukkan p-value 0,655 atau lebih besar dari 0,05 yang artinya tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran panjang kerja antara metode elektronik dan panjang kerja aktual. Sedangkan hasil uji beda dengan t tes menunjukkan p-value 0,882 yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan hasil pengukuran panjang kerja antara metode radiografi dan panjang kerja aktual. Uji lanjutan dilakukan untuk melihat ketepatan pengukuran panjang kerja antara metode elektronik dan metode radiografi yang dianalisis dengan Uji *Mann Whitney*. diperoleh nilai P sebesar 0,002 atau lebih rendah dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata selisih pengukuran panjang kerja antara metode elektronik dan radiografi terhadap panjang kerja aktual.

Pengujian dilakukan untuk melihat ketepatan pengukuran panjang kerja antara metode elektronik dan metode radiografi yang dianalisis dengan uji chi-square (Tabel 2).

Tabel 2. Presentase hasil pengukuran sampel pada metode elektronik dan radiografi

Metode pengukuran	Sesuai panjang kerja aktual		Tidak sesuai panjang kerja aktual		Total	
	n	%	n	%	n	%
Elektronik	17	56.7	13	43.3	30	100
Radiografi	1	3.3	29	96.7	30	100

*uji chi-square

Hasil analisa menunjukan bahwa keakuratan pengukuran panjang kerja dengan metode elektronik terdapat pada sebanyak 17 sampel dari 30 sampel (56.7%) sedangkan pengukuran dengan metode radiografi hanya 1 sampel dari 30 sampel (3.3%). Uji lanjutan dilakukan untuk membandingkan kedua kelompok dengan analisis chi-square, maka tidak terdapat perbedaan kemaknaan antara kategori elektronik dan kategori radiografi.

PEMBAHASAN

Tujuan akhir dari perawatan saluran akar adalah untuk mempertahankan gigi asli dengan cara menghilangkan infeksi pada sistem saluran akar yang merupakan sumber infeksi yang akan menyebabkan inflamasi pada jaringan periapikal dan periodonsium. Penentuan yang akurat dari pembersihan dan pembentukan apikal dan akhirnya obturasi dapat mengganggu prognosis perawatan. Teknik preparasi saluran akar bertujuan untuk memanfaatkan penghalang alami yang potensial antara isi saluran akar dan jaringan apikal. Penentuan panjang kerja dengan menggunakan EAL adalah media pembantu yang penting dalam praktik endodontik kontemporer. Kombinasi radiografi dan EAL dapat diprediksi melalui pengukuran panjang kerja dengan melakukan pemeriksaan tambahan radiologi periapikal.¹²

Penggunaan perangkat elektronik untuk menentukan panjang kerja saat ini semakin populer. Saat menggunakannya pertimbangan yang penting dilakukan adalah dengan menyadari bahwa adanya kemungkinan sumber kesalahan intepetasi metode pengukuran panjang kerja elektronik seperti adanya restorasi logam, kontaminasi saliva, dan dehidrasi.¹³ Pada penelitian ini nilai rata-rata hasil pengukuran panjang kerja dengan menggunakan metode radiografi menunjukkan nilai yang lebih mendekati panjang kerja aktual dibandingkan metode elektronik. Hasil ini berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu akurasi pengukuran menggunakan EAL memiliki tingkat pengukuran tertinggi. Perbedaan akurasi berbagai metode klinis penentuan panjang kerja ditentukan oleh lokasi foramen apikal terutama pada daerah *cementodentinal junction* (CDJ). Namun CDJ sulit untuk dideteksi dan hanya dapat dilihat secara

histologis pada gigi yang telah diekstraksi.¹¹ Gigi anterior dipilih sebagai sampel karena memiliki akar tunggal sehingga dapat diperoleh keseragaman untuk memudahkan pengukuran. Walaupun telah dilaporkan bahwa panjang kerja elektronik tidak dipengaruhi oleh ukuran file pengukur yang digunakan, namun ukuran File K #15 digunakan sebagai instrumen endodontik untuk menentukan panjang kerja pada penelitian ini karena merupakan ukuran file yang paling tepat untuk gigi anterior berakar tunggal. Kemungkinan pada penelitian ini metode radiografi parallel menghasilkan tingkat kualitas foto yang memadai, selain itu keahlian operator dalam menentukan ujung apikal yang berada bukan pada ujung saluran akar merupakan hal yang menjadikan penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menguji keakuratan EAL seperti pengukuran dengan menggunakan merek, metode yang digunakan untuk membandingkan perangkat dan parameternya.¹⁴ Sebagian besar hasil menunjukkan bahwa metode elektronik 80 hingga 94% akurat, tergantung pada metode perbandingannya. Namun, nilai rata-rata panjang kerja tidak dapat diandalkan untuk menyatakan bahwa pengukuran dengan metode radiografi lebih akurat dibandingkan dengan metode elektronik. Hal tersebut disebabkan variasi sampel yang beragam serta tidak diketahui umur gigi sampel sehingga ditemukan beberapa gigi dengan konstiksi apikal yang berjarak 3-4 mm dari foramen apikal.¹⁵ Jarak apeks ke konstiksi apikal pada 50-98% kasus dapat melebihi 3 mm karena adanya penebalan sementum seiring bertambahnya umur sehingga terjadi deviasi konstiksi apikal dari ujung apeks anatomis. Akibatnya, terjadi kesalahan dalam pengukuran panjang kerja pada kedua metode sehingga mempengaruhi nilai rata-rata panjang kerja.¹⁶

Hampir semua gigi dengan penyakit periapikal telah mengalami beberapa resorpsi apikal. Hal ini sering tidak terlihat pada radiografi dan berpotensi menyebabkan ketidakakuratan dengan penilaian EAL, metode taktil deteksi penyempitan, dan penentuan radiografi. Kebanyakan dokter gigi berharap untuk bekerja dalam akurasi 0,5 mm saat melakukan perawatan saluran akar, tetapi peneliti mungkin berbeda dalam pandangan mereka tentang apa yang dapat diterima. Penting juga untuk menentukan titik terminasi apikal, karena beberapa makalah tidak tepat tentang posisi apikal yang diadopsi atau kalibrasi perangkat yang digunakan. EAL telah diproduksi selama beberapa dekade dan beberapa generasi telah berevolusi. Ada beberapa studi klinis EAL, yang menghasilkan kesimpulan bahwa setidaknya satu radiografi harus diambil selama perawatan saluran akar untuk mendeteksi kemungkinan kesalahan dengan metode elektronik. Karena banyaknya variabel yang ada selama perawatan saluran akar, tampaknya tidak ada bukti bahwa pasien yang dirawat menggunakan EAL akan memiliki hasil klinis yang lebih baik.¹⁷

Hal lain yang dapat menjadi faktor penentu panjang kerja adalah pemilihan jarum file yang tepat untuk digunakan pada saat menggunakan EAL. Rekomendasi untuk menggunakan jarum file yang dapat beradaptasi baik pada daerah sepertiga apikal. Strategi pemilihan ukuran jarum file menurut ukuran saluran untuk meningkatkan akurasi pembacaan EAL telah diteliti sebelumnya melalui uji *in vitro* maupun *in vivo*.¹⁶ Penelitian secara *in vitro* juga menjadi keterbatasan pada penelitian yang dilakukan. Ketepatan penggunaan EAL pada pengukuran panjang kerja dipengaruhi oleh perangkat yang digunakan dan jenis irigasi namun tidak dipengaruhi oleh status jaringan pulpa.¹⁸

Metode pengukuran panjang kerja dengan menggunakan metode radiografi dan elektronik memiliki akurasi yang sama. Meskipun demikian, dasar bukti ilmiah yang tersedia hingga saat ini masih terbatas dan memiliki risiko bias yang cukup besar, sehingga kesimpulan bahwa EAL merupakan solusi dalam menentukan panjang kerja akurat yang dapat mengurangi paparan radiasi pada pasien dan juga bahwa metode elektronik dapat bekerja lebih baik dalam penentuan panjang kerja. Setidaknya satu kontrol radiografi harus dilakukan untuk mendeteksi kemungkinan kesalahan perangkat elektronik.¹⁹

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan bermakna hasil pengukuran panjang kerja dengan menggunakan metode radiografi. Kedua metode pengukuran radiografi dan elektronik menunjukkan nilai yang lebih mendekati panjang kerja aktual. Penelitian lebih lanjut secara *in vivo* perlu dilakukan karena hal ini menjadi keterbatasan yang dapat mempengaruhi ketepatan pengukuran dengan alat elektronik.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis telah mengungkapkan kepentingan publikasi yang disetujui sepenuhnya tanpa potensi konflik yang dapat timbul di kemudian hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Fakultas Kedokteran Gigi dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah memberikan dukungan pendanaan penelitian melalui Hibah Internal Universitas Jenderal Achmad Yani.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kabeer MA. Root canal - a review. *Journal of Dental Sciences*. 2015;3(2):2320–2.
2. Sadaf D, Ahmad MZ. Accurate Measurement of Canal Length during Root Canal Treatment: An *In Vivo* Study.

- Int J Biomed Sci International journal of Biomedical science [Internet]. 2015 [cited 2022 Jun 23];11(1). Available from: www.ijbs.org
3. Karamifar K. Endodontic Periapical Lesion: An Overview on Etiology, Diagnosis and Current Treatment Modalities. *European Endodontic Journal* [Internet]. 2020 [cited 2022 Jun 23];2:54–67. Available from: <http://eurendodj.com/jvi.aspx?un=EEJ-42714&volume=>
4. Kim YJA, Chandler NP. Determination of working length for teeth with wide or immature apices: a review. *International Endodontic Journal*. 2013;46:483–91.
5. Pereira KFS, Silva PG da, Vicente FS de, Arashiro FN, Coldebella CR, Ramos CAS. An *In Vivo* Study of Working Length Determination with a New Apex Locator. *Brazilian Dental Journal* [Internet]. 2014 Jan [cited 2022 Jun 23];25(1):17–21. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-64402014000100017&lng=en&tlng=en
6. Bahrololoomi Z, Soleymani AA, Modaresi J, Imanian M, Lotfian M. Accuracy of an Electronic Apex Locator for Working Length Determination in Primary Anterior Teeth. *Journal of Dentistry* [Internet]. 2015 [cited 2022 Jun 23];12(4). Available from: www.jdt.tums.ac.ir
7. lo Giudice R, Nicita F, Puleio F, Alibrandi A, Cervino G, Lizio AS, et al. Accuracy of Periapical Radiography and CBCT in Endodontic Evaluation. *International Journal of Dentistry* [Internet]. 2018 Oct 16;2018:1–7. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2018/2514243/>
8. Yousuf W, Khan M, Mehdi H. Endodontic procedural errors: Frequency, type of error, and the most frequently treated tooth. *International Journal of Dentistry*. 2015;2015.
9. Vieyra JP, Acosta J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *International Endodontic Journal* [Internet]. 2011 Jun 1 [cited 2022 May 16];44(6):510–8. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2591.2011.01855.x>
10. Kqiku L, Städtler P. Radiographic versus electronic root canal working length determination. *Indian Journal of Dental Research* [Internet]. 2011 Nov [cited 2022 Jun 23];22(6):777. Available from: <http://www.ijdr.in/text.asp?2011/22/6/777/94666>
11. Tsesis I, Blazer T, Ben-Izhack G, Taschieri S, del Fabbro M, Corbella S, et al. The Precision of Electronic Apex Locators in Working Length Determination: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature. *Journal of Endodontics* [Internet]. 2015 Nov 1 [cited 2022 May 16];41(11):1818–23. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0099239915007530>
12. Mello I. Use of electronic apex locators may improve determination of working length. *Evidence-Based Dentistry* [Internet]. 2014 Dec 19;15(4):120–120. Available from: <http://www.nature.com/articles/6401066>
13. Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *International Endodontic Journal*. 2010;43(1):16–20.
14. Shacham M, Levin A, Shemesh A, Lvovsky A, ben Itzhak J, Solomonov M. Accuracy and stability of

- electronic apex locator length measurements in root canals with wide apical foramen: an ex vivo study. *BDJ Open* [Internet]. 2020 Dec 17;6(1):22. Available from: <http://www.nature.com/articles/s41405-020-00052-3>
15. Mousavi SA, Farhad A, Shahnasari S, Basiri A, Kolahdouzan E. Comparative evaluation of apical constriction position in incisor and molar teeth: An in vitro study. *European Journal of Dentistry* [Internet]. 2018 Apr 16;12(02):237–41. Available from: http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.4103/ejd.ejd_54_18
 16. Akisue E, Gratieri SD, Barletta FB, Caldeira CL, Grazziotin-Soares R, Gavini G. Not All Electronic Foramen Locators Are Accurate in Teeth with Enlarged Apical Foramina: An In Vitro Comparison of 5 Brands. *Journal of Endodontics*. 2014 Jan 1;40(1):109–12.
 17. Chandler N. Electronic apex locators may be better at determining endodontic working length than radiographs and could reduce patient radiation exposure. Vol. 15, *Journal of Evidence-Based Dental Practice*. Mosby Inc.; 2015. p. 28–9.
 18. Tsesis I, Blazer T, Ben-Izhack G, Taschieri S, Del Fabbro M, Corbella S, et al. The precision of electronic apex locators in working length determination: A systematic review and meta-analysis of the literature. Vol. 41, *Journal of Endodontics*. Elsevier; 2015. p. 1818–23.
 19. Martins JNR, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J Endod* [Internet]. 2014 [cited 2022 Jun 23];40(6):759–77. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24862702/>