

Procjena kliničke pouzdanosti Endometer ES-02 uređaja

Nada Galić¹
Marina Katunarić¹
Sanja Šegović¹
Jozo Šutalo¹
Zoran Stare²
Ivica Anić¹

¹Zavod za bolesti zuba
Stomatološkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
²Fakultet elektrotehnike i
računalstva Sveučilišta u
Zagrebu

Sažetak

Svrha ovoga rada bila je procijeniti pouzdanost elektronskog uređaja Endometer ES-02 kod točnog određivanja duljine korijenskih kanala u kliničkim uvjetima. Endometer ES-02 uređaj radi na načelu mjerenja impedancije strujama viših frekvencija. Mjerenje je izvršeno na 631 zuba (328 jednokorijenskih, 70 dvokorijenskih i 233 trokorijenska zuba). Pošto je odstranjen sadržaj iz korijenskih kanala prema zahtjevima struke, korijenski su kanali isprani 2,6%-tnom otopinom Na-hipoklorita i posušeni papirnim štapićima. Zatim se je izmjerila duljina korijenskoga kanala s pomoću Endometer ES-02 uređaja. Nakon uobičajenog endodontskog zahvata, korijenski su kanali napunjeni tehnikom hladne lateralne kondenzacije Diaket pastom i gutaperka štapićima, prema već određenoj duljini Endometer ES-02 uređajem. Nakon endodontskoga zahvata svi su zubi rtg snimljeni. Točnost endodontskog ispuna računali smo mjerenjem udaljenosti vrška ispuna korijenskoga kanala od radiološkoga vrška korijena pomičnom mjerkom na rtg slici. Uspješnost Endometer ES-02 uređaja pri određivanju točne duljine korijenskih kanala bila je 96,4%

Ključne riječi: Endometar ES-02, apeksni foramen, duljina korijenskoga kanala.

Acta Stomat Croat
2002; 489-495

STRUČNI RAD
Prilježeno: 4. veljače 2002.

Adresa za dopisivanje:

Nada Galić
Zavod za bolesti zuba
Stomatološki fakultet
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb

Uvod

Jedan od osnovnih preduvjeta uspješnog endodontskog liječenja jest odrediti duljinu korijenskoga kanala, odnosno položaj fiziološkog foramena (foramen physiologicum). Smatra se da završetak endodontskog instrumentiranja, a zatim i endodontskog ispuna, treba biti na fiziološkom foramenu, odnosno

na cementno-dentinskom spojištu (CDJ) (1). Zna se da se postupci određivanja duljine korijenskoga kanala, prema načelu mjerenja, dijele na digitalno-taktilne, radiografske i električke postupke (1, 2). Uporabu elektronskih uređaja za mjerenje duljine korijenskih kanala (KK) prvi spominje Custer 1916. godine. Otkad je Suzuki 1942. godine (3) opisao da postoji stalan otpor između parodontnoga ligamenta i

oralne sluznice koji iznosi oko 6,5 k Ω , a Sunada je 1962. godine (4) prvi klinički primijenio tu spoznaju, izrađeni su mnogi uređaji koji određuju duljinu korijenskoga kanala. Uređaji koji su na tržištu testiraju se u uvjetima *in vitro* (5-9) i *in vivo* (2, 10-13), te pokazuju različitu preciznost mjerenja. Točnost većine uređaja kreće se u rasponu između 65%-93%, s tolerancijom od 0,5-1,0 mm u odnosu prema fiziološkom foramenu (14-16). Pritom se navodi da određeni uvjeti, kao npr. vitalno ili nekrotično tkivo (17), postojanje vlage, osobito elektrolita (18, 19), i promjer apeksnog otvora (20, 21) utječu na preciznost uređaja. Klinička pouzdanost tih uređaja provjerava se rtg snimanjem endodontski ispunjenih zuba na kojima je već izmjerena duljina korijenskoga kanala istim uređajem (22) ili na zubima predviđenim za vađenje, a na kojima je prethodno izmjerena duljina ispitivanim uređajem (23).

Svrha ovoga rada bila je istražiti pouzdanost Endometer ES-02 uređaja pri određivanju fiziološkog foramena. Uređaj je provjeravan rtg snimanjem.

Materijali i postupak

U radu je obrađen 631 zub (1167 kanal). Taj broj uključuje 328 jednokorijenskih zubi (328 korijenskih kanala: 125 vitalnih ekstirpacija (Vexp), 36 mortalnih ekstirpacija (Mexp), 167 nekrotičnih, gangrenoznih i periapikalnih procesa (NGPP), 70 dvokorijenskih zuba (140 korijenskih kanala: 26 Vexp, 50 Mexp, 64 NGPP) i 233 trokorijenskih zuba (699 korijenskih kanala: 78 Vexp, 256 Mexp, 365 NGPP).

Prije endodontskoga zahvata svaki je zub rtg snimljen, a zatim je učinjen pristup endodontskom prostoru prema zahtjevima struke. Pošto se endodontskim instrumentima odstrani sadržaj korijenskoga kanala, kanal se ispere 2,6% otopinom Na-hipoklorita (NaOCl), posuši papirnim štapićima i određuje se položaj fiziološkog foramena Endometer ES-02 uređajem (Slika 1), koji radi na načelu mjerenja impedancije strujama viših frekvencija. Uređaj ima dva nastavka i skalu na kojoj je oznaka AF, koja predstavlja prosječnu vrijednost fiziološkog foramena dobivenu na pokusnim modelima (24). Kovinski nastavak, koji služi kao elektroda, postavi se u kut usana radi doticaja s oralnom sluznicom. Drugi nastavak spoji se na endodontski strugač odgovara-



Slika 1. Endometer ES-02 uređaj

Figure 1. Endometer ES-02 device

jućega promjera kojim se ulazi prema vrhu korijenskoga kanala, dok kazaljka na skali ne dosegne oznaku AF. Oznaka AF (apeksni foramen) predstavlja vrijednost fiziološkog foramena određenog u pokusnim uvjetima. Ta duljina se zabilježi na endodontskom strugaču i služi kao radna duljina pri endodontskoj instrumentaciji. Nakon završene endodontske instrumentacije korijenske kanale punili smo postupkom lateralne kondenzacije prema radnoj duljini izmjerenoj Endometer ES-02 uređajem, a kao materijal za punjenje poslužio je Diaket (ESPE, Seefeld, Njemačka) i gutaperka štapići (Kerr, Romulus, USA). Nakon završena endodontskog tretmana svaki zub je radiološki snimljen radi kontrole endodontskog ispuna (Slike 2, 3, 4). Na svakoj kontrolnoj rtg slici udaljenost između vrha endodontskog ispuna i radiološkog vrška korijena mjerili smo pomičnom mjerkom. Točnim se smatrao onaj endodontski ispun kojega je vrh bio udaljen od radiološkog apeksa do 1,5 mm.

Rezultati mjerenja statistički su obrađeni testom znatnosti razlika između proporcija, a rezultati su prikazani tablično i grafički. Granična razina znatnosti određena je na 0,05.

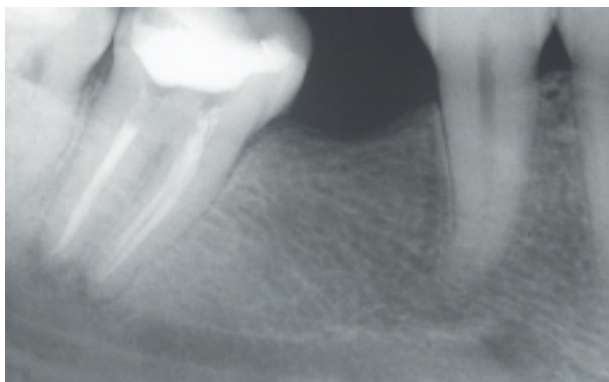
Rezultati

Duljina korijenskoga kanala točno je određena u 92-98% slučajeva. Prosječno, točno ispunjeni korijenski kanali bili su u 96,4% slučajeva.

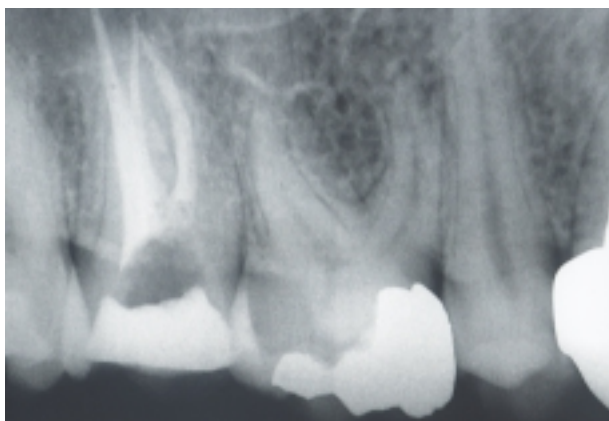
Razlike u točnosti mjerenja prema tipu zahvata (Mexp, Vexp, N-G-PP) (Slika 5) pokazuju statisti-



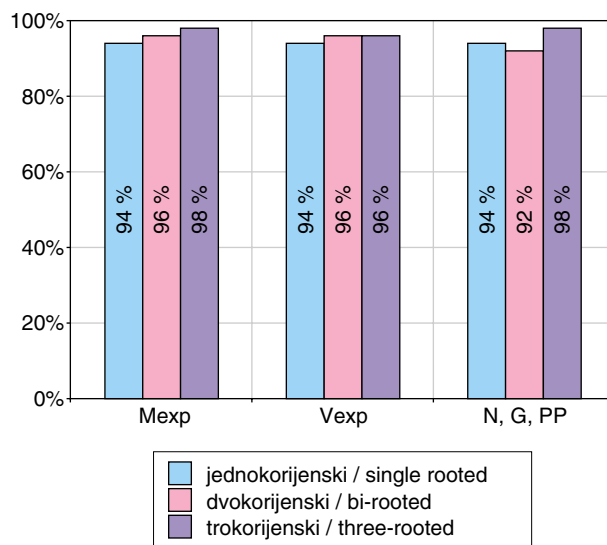
Slika 2. Rtg slika nakon endodontskoga tretmana
Figure 2. Radiographic control after endodontic treatment



Slika 3. Rtg slika nakon endodontskoga tretmana
Figure 3. Radiographic control after endodontic treatment



Slika 4. Rtg slika nakon endodontskoga tretmana
Figure 4. Radiographic control after endodontic treatment



Slika 5. Čestoća točno ispunjenih korijenskih kanala prema vrsti endodontskoga zahvata i broju korijena zuba (jedno-, dvo- i trokorijenski zubi)

Figure 5. Incidence of the exactly obturated root canals according to the endodontic treatment and to the number of the roots (single-, bi-, three-rooted teeth)

čki znatnu razliku između točnosti zahvata Mexp i Vexp ($p=0,0465$), a statistička znatnost razlika između zahvata Mexp i NGPP, kao i razlika između Vexp i NGPP, manja je od 0,05 (tj. iznosi: 0,0977 i 0,5252)

Točnost prema tipu endodontskoga zahvata bila je najveća kod Mexp zahvata, a najmanja kod Vexp. Zahvati tipa NGPP po točnosti su između tih dviju skupina i ne razlikuju se statistički znatno ni od jedne ni od druge.

Razlike u točnosti prema vrsti zuba (jedno-, dvo- i trokorijenski) (Slika 5) statistički su znatne, no točnost je nešto veća kod trokorijenskih zuba. Naime, statistička znatnost razlika u točnosti zahvata između jedno- i dvokorijenskih zuba iznosi 0,9661, između jedno- i trokorijenskih zuba 0,0012, a između dvo- i trokorijenskih zuba 0,0125.

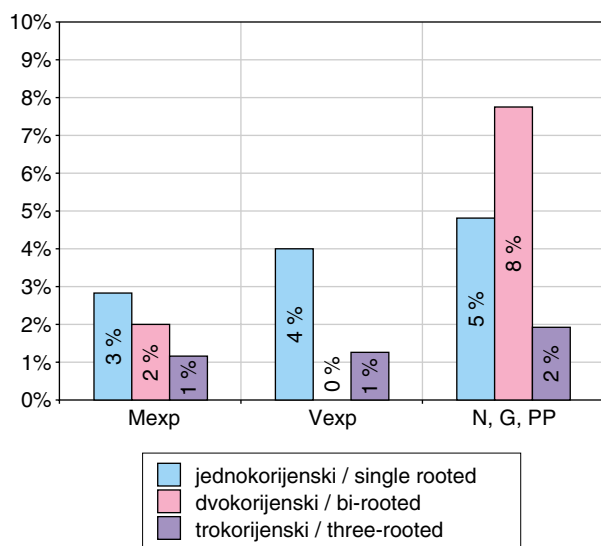
Čestoća prepunjenosti korijenskih kanala (Slika 6) kreće se od 0 do 8%, a prosječno iznosi 2,7%.

Razlike u čestoći prepunjenosti korijenskih kanala nisu statistički znatne. Razine znatnosti iznose 0,6351 za Mexp vs. Vexp, 0,0847 za Mexp vs. NGPP i 0,7731 za Vexp vs. NGPP.

Kod prepunjenih korijenskih kanala s obzirom na vrstu zuba postoji statistički znatna razlika između

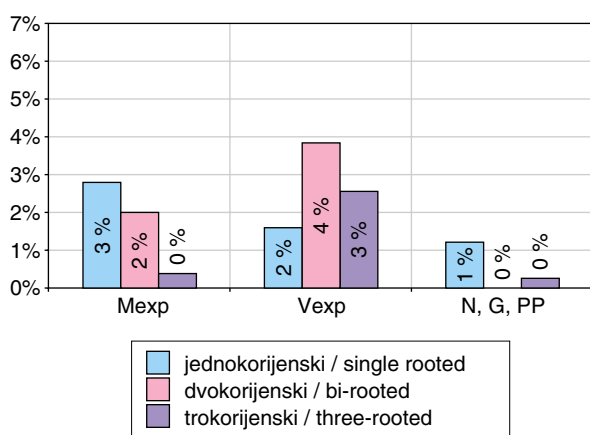
jedno i trokorijenskih zuba ($p=0,0185$), a razlike između jednokorijenskih i dvokorijenskih te dvokorijenskih i trokorijenskih zuba nisu statistički znatne (razine znatnosti su 0,9961 i 0,1529).

Čestoća potpunjenih korijenskih kanala (Slika 7) kreće se od 0-4%, a prosječno iznosi 0,9%.



Slika 6. Čestoća prepunjenosti korijenskih kanala prema vrsti endodontskoga zahvata i broju korijena zuba (jedno-, dvo- i trokorijenski zubi)

Figure 6. Incidence of the overfilled root canals according to the endodontic treatment and to the number of the roots (single-, bi-, three-rooted teeth)



Slika 7. Čestoća potpunjenosti korijenskih kanala prema vrsti endodontskoga zahvata i broju korijena zuba (jedno-, dvo- i trokorijenski zubi).

Figure 7. Incidence of the underfilled root canals according to the endodontic treatment and to the number of the roots (single-, bi-, three-rooted teeth)

Razlike u čestoći prepunjenosti korijenskih kanala prema vrsti endodontskoga zahvata statistički su znatne za Vexp vs. NGPP ($p=0,0432$). Razine znatnosti iznose 0,2528 za Mexp vs. Vexp, 0,4679 za Mexp vs. NGPP.

Iz rezultata potpunjenosti korijenskih kanala prema broju korjenova zuba (jedno-, dvo-, trokorijenski) opaža se postojanje statistički znatne razlike između jednokorijenskih i trokorijenskih zuba ($p=0,0401$), a razlike između jednokorijenskih i dvokorijenskih, te dvokorijenskih i trokorijenskih zuba nisu statistički znatne (razine znatnosti su 0,9344 i 0,6742).

Rasprava

Prema navedenim rezultatima endometrijski uređaj Endometer ES-02 bio je pouzdan u 96,4% slučajeva, kontrolirano rtg tehnikom. Naši se rezultati slažu s autorima (25-27) koji iznose da je točnost endometrijskih uređaja koje su oni provjeravali bila u rasponu 80-94%. Prednost pouzdanoga endometrijskog uređaja jest dostatnost dviju rtg slika tijekom endodontskoga zahvata. Prva je rtg slika potrebna prije početka endodontskog tretmana radi uvida u morfologiju zuba i endodontskoga prostora te mogućih patoloških promjena zuba i okolnih struktura, a druga je rtg slika neizostavna kao kontrola endodontski ispunjenoga zuba. Kao što se rtg određivanje duljine korijenskih kanala smatra nedovoljno pouzdanim zbog distorzije, preklapanja anatomskih struktura, radiokonstrastnosti filma, a i zbog interpretacije kliničara (10), tako se nepouzdanom smatra i rtg provjera elektronskih endometrijskih uređaja. Chunn i sur. (28) izvješćuju da je u 43% slučajeva gdje je na rtg slici endodontsko punjenje bilo kratko, ono zapravo bilo preko apeksa. Također o nepouzdanosti rtg procjene pri određivanju duljine korijenskih kanala, odnosno endodontskog ispuna, izvješćuju Becker i sur. (29) i Griffith i sur. (30).

Ipak, Garcia i sur. (31) smatraju da je rtg slika bila i ostala temelj svih endometrijskih postupaka, tako da se čak i najsuvremenija kontrolna tehnika endodontskoga zahvata, radiovizigrafija (RVG), odnosno izravna digitalna radiografija (DDR), u svojoj pouzdanosti uspoređuje s tradicionalnom rtg slikom (32-34).

Zbog toga pri određivanju točnosti duljine endodontskog ispuna na rtg slici treba imati na umu specifičnost odnosa radiološkog vrška, te anatomskog otvora (foramen anatomicum; foramen externum; foramen apicis) i fiziološkog otvora (foramen physiologicum; foramen internum; constrictio apicis). Kuttler (35) je ustvrdio da je udaljenost između apeksnoga foramena (foramen apicis) i apeksnoga suženja (constrictio apicis) 0,5 mm u mlađih osoba, a 0,7 mm u starijih. Pineda i Kuttler (36) su prema rtg slici ekstrahiranih zubi, koje su prije vađenja radiološki snimili, izračunali da udaljenost između apeksnoga foramena i radiološkoga vrška korijena može biti 2-3 mm. Drugi autori (28, 37) drže da je radiološki vršak udaljen od anatomskoga foramena na rtg slici zuba prosječno oko 1 mm. Melius i sur. (38) u svojem radu također potvrđuju suvremeno endodontsko stajalište da radna duljina pri endodontskom zahvatu treba biti kraća od radiološkoga vrška za oko 1 mm. Svojim mjerenjima te udaljenosti čak su uporabom konvencionalne radiografije dobili prosječne vrijednosti 0,494 mm, a digitalnom radiografijom prosječna izmjerena udaljenost između fiziološkoga foramena i radiološkoga apeksa bila je 0,594 mm. Prema navedenim rezultatima mi smo u našem mjerenju smatrali točno ispunjenim onaj endodontski ispun kojega je vrh bio udaljen 1-1,5 mm od radiološkoga apeksa korijena na kontrolnim rtg slikama endodontski ispunjenih zuba. Zbog nedovoljne pouzdanosti rtg kontrole, isti smo uređaj predhodno kontrolirali i mjerenjem duljine korijenskih kanala na zubima koji su bili predviđeni za vađenje (iz ortodontskih ili parodontoloških razloga) (39). Postotak točnosti Endometer ES-02 uređaja bio je 96,6%, što se podudara s rezultatima ovoga rada, a i s kontrolom istoga uređaja rtg tehnikom iz prijašnjega razdoblja (40).

Fouad i sur. (21), Kaufman & Katz (37), te Stein i sur. (41) navode utjecaj promjera apeksnoga foramena na točnost endometrijskog uređaja. Njihovi uređaji preciznije mjere apeksna suženja manjega promjera (primjerice u starijih ljudi) nego apeksna suženja većeg promjera. Fouad i sur. (42) izvješćuju da promjeri suženja između 0,17 i 0,42 mm ne utječu na preciznost njihova elektronskog endometrijskog uređaja, no kod promjera iznad 0,62 mm uređaj mjeri kraću duljinu korijenskoga kanala. U našem istraživanju Endometer ES-02 uređaja nismo

primijetili utjecaj promjera apeksnoga suženja na točnost endometra. Pri mjerenju tim uređajem potrebno je odabrati iglicu koja svojim promjerom opturira apeksno suženje. U ranijim radovima Fouad i sur. (21) potvrđuju nalaze ranijih radova (18, 19) o utjecaju vlage (krv, Na-hipoklorit, lokalni anestetik, slina, etilendiamintetraoctena kiselina-EDTA) na pouzdanost elektronskih endometrijskih uređaja. No Fouad i sur. (42) kod novijih uređaja opažaju da nema utjecaja vlage na pouzdanost elektronskih endometrijskih uređaja. U našem radu primijetili da je Endometer ES-02 osjetljiv na EDTA (etilendiamintetraoctena kiselina), no dovoljno je isprati EDTA iz korijenskoga kanala 2,6%-tnim Na-hipokloritom i posušiti papirnim štapićima. Budući da uređaj nije osjetljiv na vlagu, nije potreban potpuno suh kanal. Smatra se da kanali s nekrotičnom pulpom zbog destrukcije periodontalnoga ligamenta i kosti mogu imati različitu impedanciju od kanala s vitalnom pulpom, što bi moglo imati utjecaja na točnost elektronskih endometrijskih uređaja (13). Mayeda i sur. (17) i Dunlap i sur. (23) u svojim radovima ne opažaju utjecaj vitalnog, odnosno nekrotičnog tkiva na pouzdanost endometrijskih uređaja. Iz naših rezultata također je vidljivo da nema statistički znatnih razlika u točnosti Endometer ES-02 uređaja s obzirom na vitalnost tkiva, koja bi bila klinički relevantna.

Zaključak

1. Endometer ES-02 bio je točan pri određivanju duljine korijenskih kanala u 96,4% slučajeva.
2. Prepunjenost je bila trostruko češća od potpunosti 2,7% prema 0,9%.
3. Vrsta zahvata i tip zuba prema broju korijena nisu pokazali utjecaj na točnost mjerenja duljine korijenskih kanala Endometer ES-02 uređajem. Točnost je nešto veća za Mexp zahvat nego za Vexp. Kod Vexp zahvata je naime češća bila potpunost kanala, a što se tiče prepunjenosti nema statistički znatnih razlika.

Prema rezultatima ovoga istraživanja, a i prema rezultatima navedenih prijašnjih istraživanja, može se zaključiti da je Endometer ES-02 pouzdan za kliničko određivanje duljine korijenskih kanala.

Literatura

1. WALTON RE, TORABINEJAD M. Principles and practices of endodontics. Philadelphia:WB Saunders CO, 1996.
2. McDONALD NJ, HOVLAND EJ. An evaluation of the apex locator Endocater. J Endodon 1990; 16: 5-8.
3. SUZUKI K. Experimental study on iontophoresis. J Jap Stoma 1942; 16: 411-7.
4. SUNADA I. New method for measuring the length of the root canal. J Dent Res 1962; 41: 375-87.
5. OUNSI HF, HADDAD G. *In vitro* evaluation of the reliability of the Endex electronic apex locator. J Endodon 1998; 24: 120-1.
6. OUNSI HF, NAAMAN A. *In vitro* evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. Int End J 1999; 32: 120-3.
7. DE MOOR RJ, HOMMEZ GM, MARTENS LC, DE BOEVER JG. Accuracy of four electronic apex locators: an *in vitro* evaluation. Endod Dent Traumatol 1999; 15: 77-82.
8. TINAZ AC, MADEN M, AYDIN C, TURKOZ E. The accuracy of three different electronic root canal measuring devices: an *in vitro* evaluation. 2002; 44: 91-5.
9. KAUFMAN AY, KEILA S, YOSHPE M. Accuracy of a new apex locator: an *in vitro* study. Int Endod J 2002; 35: 186-92.
10. FRANK AL, TORABINEJAD M. An *in vivo* evaluation of Endex electronic apex locator. J Endodon 1993; 19: 177-9.
11. PAGAVINO G, PACE R, BACCETTI T. A SEM study of *in vivo* accuracy of the Root ZX electronic apex locator. J Endodon 1998; 24: 438-41.
12. FOUAD AF, REID LC. Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. J Endod 2000; 26: 364-7.
13. GRIMBERG F, BANEGAS G, CHIACCHUI L, ZMENER O. *In vivo* determination of root canal length: a preliminary report using the Tri Auto ZX apex-locating handpiece. I Endod J 2002; 35: 590-3.
14. KATZ A, TAMSE A, KAUFMANAY. Tooth length determination: a review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1991; 72: 238-41.
15. RICARD O, ROUX D, BOURDEAU L, WODA A. Clinical evaluation of the accuracy of the Evident RCM Mark II apex locator. J Endodon 1991; 17: 567-9.
16. VAJRABHAYA L, TEPMONGKOL P. Accuracy of apex locator. Endod Dent Traumatol 1997; 13: 180-2.
17. MAYEDA DL, SIMON JHS, AIMAR DF, FINLEY K. *In vivo* measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. J Endodon 1993; 19: 545-8.
18. AURELIO JA, NAHMIAS Y, GERSTEIN H. A model for demonstrating an electronic canal length measuring device. J Endodon 1983; 9: 568-9.
19. FARBER JP, BERNSTEIN M. The effect of instrumentation on root canal length as measured with an electronic device. J Endodon 1983; 9: 114-5.
20. SAITO T, YAMASHITA Y. Electronic determination of root canal length by a newly developed measuring device-Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and root canal irrigants. Dent Jap 1990; 27: 65-72
21. FOUAD AF, KRELL KV, MCKENDRY DJ, KOORBUSCH GF, OLSON RA. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. J Endodon 1990; 16: 446-9.
22. OLSON AK, GOERIG AC, CAVATAIO RE, LUCIANO J. The ability of the radiograph to determine the location of the apical foramen. Int End J 1991; 24: 28-35.
23. DUNLAP CA, REMEIKIS NA, BEGOLE EA, RAUSCHENBERGER. An *in vivo* evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. J Endodon 1998; 24: 48-50.
24. STARE Z, ŠUTALO J. On electronic measurement accuracy of a root canal length. Jurema Proceedings 1986; 31: 55-9.
25. NGUYEN HQ, KAUFMAN RC, KOMOROWSKI RC, FRIEDMAN S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. Int End J 1996; 29: 359-64.
26. CZERW RJ, FULKERSON MS, DONNELLY JC, WALMANN JO. *In vitro* evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. J Endodon 1995; 21: 572-5.
27. PALLARES A, FAUS V. An *in vivo* comparative study of two apex locators. J Endodon 1994; 20: 576-9.
28. CHUNN CB, ZARDIACKAS LD, MENKE RA. *In vivo* root canal length measurement using the Foramer. J Endodon 1981; 7: 515-20.
29. BECKER GJ, LANKELMA P, WESSELINK PR, THODEN VAN VELZEN SK. Electronic determination of root canal length. J Endodon 1980; 6: 876-80.
30. GRIFFITS BM, BROWN JE, HYATT AT, LINNEY AD. Comparison of three imaging techniques for assessing endodontic working length. Int End J 1992; 25: 279-87.
31. GARCIA AA, NAVARRO LF, CASTELLO VU, LALIGA RM. Evaluation of a digital radiography to estimate working length. J Endodon 1997; 23: 363-5.
32. BURGER CL, THOMAS OM, HUTTER JW, NICOLL B. Direct digital radiography versus conventional radiography for estimation of canal length in curved canals. J Endodon 1999; 25: 260-3.
33. ONG EY, PIT FORD TR. Comparison of radiovisiography with radiographic film in root length determination. Int End J 1995; 28: 25-9.
34. MENTES A, GENCOGLU N. Canal length evaluation of curved canals by direct digital or conventional radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002; 93: 88-91.
35. KUTTLER Y. Microscopic investigation of root apex. JADA 1955; 50: 544-52.
36. PINEDA F, KUTTLER Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7275 root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1972; 33: 101-10.

37. KAUFMAN AY, KATZ A. Reliability of root ZX apex locator tested by an *in vitro* model. J Endodon 1993; 19: 201.
38. MELIUS B, JIANG J, ZHU Q. Measurement of the distance between the minor foramen and the anatomic apex by digital and conventional radiography. J Endod 2002; 28: 125-6.
39. STARE Z, GALIĆ N, ŠUTALO J, ŠEGOVIĆ S, PRSKALO K. Evaluation of Endometer ES-02 accuracy through control measurements of extracted teeth. Crombes and Korema Proceedings 1994: 176-8.
40. GALIĆ N, STARE Z, ŠUTALO J. Clinical evaluation of the accuracy of the Endometer ES-1 in locating the apical foramen. Period Biol 1993; 95: 153-6.
41. STEIN TJ, CORCORAN JF, ZILLICH RM. The influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. J Endodon 1990; 16: 520-2.
42. FOUAD AF, RIVERA EM, KRELL KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. J Endodon 1993; 19: 63-7.