

Silvana Jukić Krmek¹, Dragana Mihaljević², Paris Simeon¹, Zoran Karlović¹

Mjerenje radne duljine korijenskog kanala endometrima ES-02 i ES-03

Measurement of the Root Canal Length by Endometers ES-02 and ES-03

¹ Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Gundulićeva 5, 10000 Zagreb
Department of Endodontics and Restorative Dentistry, School of Dental Medicine, University of Zagreb, Gundulićeva 5, Zagreb, Croatia

² Studentica V. godine Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
Student of 5th year study School of Dental Medicine University of Zagreb

Sažetak

Svrha rada bila je usporediti točnost mjerenja duljine korijenskih kanala apeks-lokatorima ES-02 i ES-03 u suhim kanalima te u kanalima ispunjenima natrij-hipokloritom i etilendiaminotetraocetnom kiselinom. Za pokus je rabljen 31 ekstrahirani humani jednokorijenski zub. Duljine korijenskih kanala određene su vizualno proširivačem #15, što je služilo kao kontrolne vrijednosti. Nakon toga zubi su uronjeni u posudu sa svježe zamiješanim alginatom u koji je postavljena i elektroda te su obavljena mjerenja s oba uređaja. Na svakom uzorku, za svaki uređaj, mjerile su se po dvije vrijednosti u suhom kanalu te u kanalu ispunjenom natrij-hipokloritom i ke-latorom etilendiaminotetraocetnom kiselinom - EDTA. Prva vrijednost je radna duljina određena prema oznaki -1,0 na ljestvici, odnosno na ekranu, kao mjesto apikalnog sužetka. Druga vrijednost je mjerena prema oznaki 0,0 koja označava vanjski otvor korijenskog kanala. Dobiveni rezultati statistički su obrađeni testom MANOVA. Kao post-hoc test koristio se Student-t test. Uređajem ES-02 postignuto je 65%, a ES-03 uređajem 61% mjerenja jednakoj kontroli pri točki -1,0 u suhim kanalima, premda razlika između uređaja nije statistički znatna. Tekućine u kanalu statistički negativno utječu na točnost mjerenja, ali ta je značajnost oko 10 puta veća kod točke mjerenja -1,0 u odnosu prema točki 0,0.

Zaprimljen: 27. rujna 2006.
Prihvaćen: 26. siječnja 2006.

Adresa za dopisivanje

Silvana Jukić Krmek
Zavod za endodonciju
i restaurativnu stomatologiju
Stomatološki fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
Gundulićeva 5, 10000 Zagreb
Tel: 01 4802 126
Fax: 01 4802 159
jukic@sfzg.hr

Ključne riječi

Priprema korijenskog kanala, korijenski otvor, teorija korijenskog kanala, lokatori.

Uvod

Određivanje duljine korijenskog kanala vrlo je važan dio endodontskog liječenja o kojemu uvelike ovisi krajni ishod. Tradicionalne metode za određivanje radne duljine (1) bile su: 1. uporaba podataka o anatomskom izgledu zuba i obliku korijenskog kanala te o srednjim vrijednostima duljine korijenskog kanala; 2. taktilni osjet; 3. vlažnost papirnato g štapića i; 4. radiološki nalaz.

Mjesto na kojemu je trebala završiti instrumentacija i punjenje korijenskog kanala najčešće se

Introduction

Determination of root canal length is a very important part of endodontic treatment that strongly influences its final result. Root canal length traditionally was determined by: 1) knowledge about anatomy of the tooth and root canal, and average values of root canal length for each type of the tooth; 2) tactile sensation; 3) moisture on the tip of the paper point and; 4) radiographic method (1).

It was on the radiographs that the point at which the instrumentation and root canal filling should ter-

određivalo radiološki. No, radiološki prikaz zuba je dvodimenzionalni prikaz trodimenzionalne strukture, pa je ta tehnika prikaza i tumačenja traženih vrijednosti manje precizna (1). Gusta kost te superpozicija anatomskih struktura, kao što je zigomatična kost, otežava određivanje mjesta apikalnog otvora. (2). Radiološki otvor često se ne poklapa s anatomskim završetkom korijenskog kanala (3), a odlaganje sekundarnog dentina i cementa pridonosi pogreškama u radiološkom očitavanju mjesta izlaska kanala u paradont (4). Taktilno-senzorna metoda ima mnoga ograničenja - od anatomske različitosti apikalnog suženja, pa do različitog tumačenja kliničara kad je riječ o osjećaju mjesta apikalnog suženja. Tako je Seidberg sa suradnicima (5) pronašao da točnost određivanja apikalnog suženja taktilno-senzornom metodom iznosi oko 60%, čak i kod iskusnih stomatologa (5).

Razvojem elektroničkih apeks-lokatora endodontsko je liječenje postalo brže, sigurnije i točnije. Elektronički apeks-lokator (endometar) je uređaj za određivanje radne duljine korijenskog kanala tijekom endodontske terapije sa svoja tri standardna dijela: 1. labijalnom elektrodom; 2. elektrodom priključenom na endodontski instrument koji se nalazi u korijenskom kanalu; 3. sam uređaj, koji sadržava ekran s ljestvicom koja pokazuje pomicanje endodontskog instrumenta prema otvoru korijenskog kanala.

Endometar radi prema načelu električne provodljivosti tkiva, pa mora biti uspostavljen strujni krug, što omogućuju elektrode priključene na oralnu mukozu i endodontski instrument. Kad endodontski instrument dosegne područje apikalnog foramena, uređaj daje neki oblik signala, najčešće zvučni. U prosjeku, ti uređaji imaju točnost mjerenja unutar 0,5 mm od apexa (6).

Elektroničku metodu određivanja radne duljine korijenskog kanala prvi je istraživao Custer (1918.), a ideju je preuzeo Suzuki (1942.) čiji se studij temeljio na ispitivanju protoka istosmjernje struje kroz zub. Registrirao je vrijednosti električne otpornosti između endodontskog instrumenta u korijenskom kanalu i elektrode na oralnoj mukozu te pretpostavio da se na osnovi toga može izmjeriti duljina kanala. Sunada (7) je na temelju tih načela konstruirao jednostavni uređaj koji se koristio istosmjernom strujom za mjerenje duljine kanala. To je omogućeno zahvaljujući zapažanju da mukozne membrane i paradont pružaju električni otpor istosmjernoj struji vrijednosti 6,0 k Ω (7). Uporaba istosmjernje struje uzrokovala je nestabilnost mjerenja, zbog polarizacije endodontskog instrumenta.

minante was determined. However, a radiograph provides a two-dimensional image of a three-dimensional structure, so this technique of interpretation of position of the apical foramen is less sensitive (1). Dense bone structure and superimposition of anatomical features such as zygomatic arch could obscure the position of the apical foramen (2). Frequently, the radiological foramen does not coincide with anatomical termination of the canal (3), and the apposition of the secondary dentin and cementum contributes to the false determination of the root canal ending point (4). Tactile-sensory method has a lot of limitation, starting with anatomical variety of the apical constriction to different approach of the sensation interpretation on the apical constriction by various clinicians. Seidberg et al. (5) found the accuracy of this method to be around 60%, even for experienced clinicians.

Development of the electronic apex locators made the endodontic treatment faster, safer and more accurate. Electronic apex locator (endometer) is the device for determination of the root canal working length during endodontic therapy by means of three parts: 1) labial electrode, 2) electrode attached to the endodontic file in the root canal, 3) the device itself with display that shows the movement of the file to the apical foramen.

Endometer works on the base of the electrical conductivity of the tissue. Electrodes attached to the oral mucosa and endodontic file should establish the electric cycle. When the file reaches the apical foramen region, the device gives some kind of signal, mostly the audio. The accuracy of these devices is the highest in the area of 0,5 mm from the apex (6).

Custer first investigated electronic method of the root canal measurement in 1918, followed by Suzuki in 1942, who studied the flow of direct current through the tooth. He registered the values of the electrical resistance between the endodontic instrument in the root canal and electrode on oral mucosa, supposing this could be used for the possible root canal length measurement. Sunada (7) constructed a simple device using these principles for the root canal length measurement, based on the current resistance of the mucosa membranes and periodontal ligament which is constant and 6,0 k Ω (7). Direct current caused instability of the measurement because of the polarization of the endodontic instrument.

Apeks-lokator razvijao se tijekom nekoliko generacija uređaja i svojstva su mu postajala sve bolja. Postoji nekoliko metoda za određivanje točnosti apeks-lokatora, a mogu se svrstati u dvije osnovne skupine: istraživanja *in vitro* i istraživanja *in vivo*. Tijekom istraživanja *in vivo* endodontski instrument se cementira u korijenskom kanalu na željenom mjestu, prema vrijednosti očitanoj na ljestvici endometra. Nakon toga se zubi ekstrahiraju te se određuje položaj vrha instrumenta. Takvim istraživanjima se najvjernije oponašaju klinički uvjeti (1, 8, 9). Ako ekstrakcija zuba nije moguća, radna duljina može se potvrđivati radiografski. Manjkavost ove metode vezana je za probleme radiografskog prikaza zuba (10). *In vitro* studije koriste se elektrokonduktivnim materijalima kako bi se simulirala klinička situacija. Istraživanjima je potvrđeno da su alginat, želatine, agar i salinane otopine odgovarajući mediji u ispitivanjima apeks-lokatora. No, neki materijali mogu prodrijeti kroz apikalni foramen u kanal i tako uzrokovati prerano čitanje rezultata. Čini se da neka *in vitro* istraživanja pokazuju točnije rezultate, nego što se mogu postići klinički (1).

Svrha rada bila je usporediti točnost mjerenja duljine korijenskih kanala apeks-lokatorima ES-02 i ES-03 u suhim kanalima te u kanalima ispunjenima natrij-hipokloritom i etilendiaminotetraocetnom kiselinom.

Materijali i postupci

U ispitivanju su rabljeni endometri ES-02 (Artronic, Zagreb, Hrvatska) i ES-03 (Artronic, Zagreb, Hrvatska).

Za pokus je upotrijebljen 31 ekstrahirani humani jednokorijenski zub bez vidljive radikularne resorpcije ili frakture. Od ekstrakcije do početka pokusa, zubi su bili pohranjeni u formalinu. Zubi su trepanirani, krune uklonjene dijamantrnim diskom pod vodenim hlađenjem, a zatim su pohranjeni u fiziološkoj otopini. Da bi se omogućila uporabljivost i prohod-

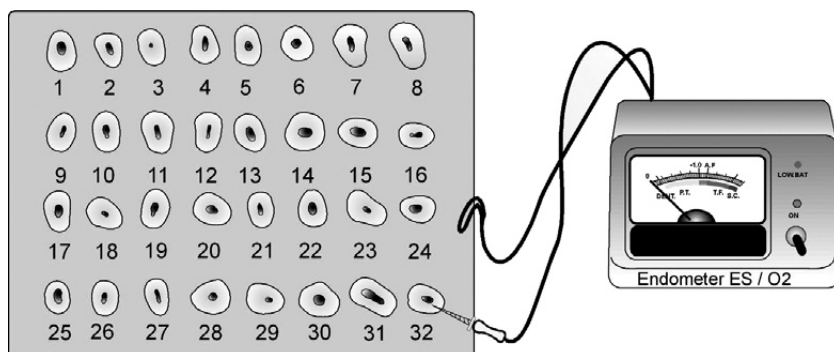
Development of the apex locators goes through few generations, by improving their characteristics. There are two major groups of studies that investigate accuracy of the apex locators: *in vitro* and *in vivo*. Investigations *in vivo* include cementation of the endodontic instrument inside the root canal at the measured point. After tooth extraction, the position of the instrument tip is examined. These studies stimulate clinical conditions (1,8,9). If the extraction is not possible, the position of the instrument tip could be determined on radiographs. This method introduces the problems associated with radiographic working length assessment (10). Studies *in vitro* use the electro conductive materials to simulate clinical conditions. Investigations revealed that materials such as alginate, gel, agar and saline solutions are appropriate media for apex locator studies. Some of these media could leak through the apical foramen into the canal and cause premature readings. It seems that some *in vitro* investigations give more accurate results than clinical investigations (1).

The aim of this study was to compare the accuracy of ES-02 and ES-03 endometers for the root canal measurement in dry canals and canals filled with sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid.

Materials and methods

The endometers ES-02 (Artronic, Zagreb, Croatia) and ES-03 (Artronic, Zagreb, Croatia) were used in this investigation.

For the experiment 31 were used extracted human one-rooted teeth, without visible radicular resorption and fracture. The teeth were stored in formalin solution since the extraction. The crowns were removed by diamond disc with water-cooling, disclosing orifices of the canals. After that the teeth were stored in saline solution. To check the



Slika 1. Shematski prikaz određivanja duljine korijenskog kanala u istraživanju
Figure 1. Schematic survey of the root canal measurement

nost kanala svakog uzorka, prohodnost radne duljine (do apikalnog suženja) provjerena je endodontskim instrumentom #10. Duljine korijenskih kanala određene su vizualno endodontskim instrumentom #15, tipa proširivača (Maillefer, Ballaigues, Switzerland), te gumenim stoperom i mjerkom, što je služilo kao kontrolna vrijednost. Nakon toga zubi su uronjeni u posudu sa svježje zamiješanim alginatom (VivalNF, Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein) u koji je postavljena i elektroda te su obavljena mjerenja s oba uređaja (11). Na svakom uzorku, za svaki uređaj, mjerile su se po dvije vrijednosti u suhom kanalu te u kanalu ispunjenom natrij-hipokloritom i kelatorom ili etilendiaminotetraoctenom kiselinom – EDTA (Calcinase, Lege artis, Dettenhausen, Njemačka). Prva vrijednost je radna duljina određena prema oznaci -1,0 na ljestvici, odnosno na ekranu, kao mjesto apikalnog sužetka tj. internog foramena. Druga vrijednost mjerena je prema oznaci 0,0 – ona označava vanjski otvor korijenskog kanala. Tijekom mjerenja osim ljestvice, tj. ekrana uređaja, vrijednosti su bile potvrđene i zvučnim signalom koji se kod ES-02 uređaja javlja ako se dosegne vanjski otvor kanala. Mjerenja su obavljena naizmjenice s obzirom na uređaj. Ako je mjerenje bilo duže od kontrolnog mjerenja instrumentom, tada je razlika dobivala predznak +, a ako je bilo kraće, tada je razlika dobivala predznak -. Dobiveni rezultati statistički su obrađeni testom MANOVA. Kao post-hoc test koristio se Student-t test.

Rezultati

Razlike između mjerenja apeksnim lokatorima i vizualnim načinom te postotna distribucija rezultata prikazane su u Tablicama 1. i 2. Najviše točnih mjerenja postignuto je u suhom kanalu pri točki mjerenja -1,0 od apeksa. U tim uvjetima uređajem ES-02 postignuto je 65%, a uređajem ES-03 61% mjerenja jednakih kontroli, premda razlika između uređaja nije statistički znatna. Ako je točka mjerenja -1,0, tekućine u kanalu znatno utječu na točnost mjerenja, a pri tome veći broj mjerenja jednak kontroli postignut je uređajem ES-02 (27% u kanalu ispunjenim hipokloritom i 10% s EDTA-om). No, ako se kao točka mjerenja koja označava apikalni otvor rabi oznaka 0,0 na ekranu uređaja, tada je točnost očitavanja manja kod suhog kanala obaju uređaja (55% za ES-02 i 45% za ES-03), pri tome tekućine manje utječu na točnost mjerenja. Student t-test pokazuje deset puta manju razliku u mjerenju u kanalu ispunjenom EDTA-om, ako je točka mjerenja 0,0 te manji rasap rezultata. Duža očitavanja u odnosu prema kontrolnoj vrijednosti dobivana su u većem po-

patency, the file #10 (Maillefer, Ballaigues, Switzerland) was inserted in the root canal. As control, the root canal length was first determined visually by endodontic file #15 (Maillefer, Ballaigues, Switzerland), rubber stopper and endodontic ruler. After that the roots and labial electrode of endometer were inserted in the freshly mixed alginate (VivaNF, Ivoclar Vivadent, Shaan, Liechtenstein) (figure 1). The measurements were carried out for both devices on each sample in dry canal, canal filled with sodium hypochlorite (NaOCl) and chelator, ethylenediaminetetraacetic acid – EDTA (Calcinase, Lege artis, Dettenhausen, Germany). First measurement was performed according to the sign -1,0 on the scale or display of endometers as the point of the apical constriction, e.g. foramen internum. The second measurement point was 0,0 on the device scale or display as the outer orifice of the canal. During the measurement the audio signal confirmed the position of the instrument tip in the apical region. The measurements were performed successively with different devices. If the measurement was longer than control the difference was signed as positive, and if it was shorter the difference was signed as negative. The results were statistically analyzed by MANOVA test. As post-hoc test Student-t test was used.

Results

The differences between visual measurements and these with apex locators are shown in tables 1 and 2. The most accurate measurements were at the point -1,0 from apex in dry canal. The endometer ES-02 was accurate in 65%, and ES-03 in 61% canals under these conditions, although the difference between devices was not statistically significant. The moisture in canal significantly influence the accuracy of measurement at the point -1,0 and ES-02 showed the highest number of accurate results (27% in the canal filled with NaOCl and 10% in canals with EDTA). But if the point of measurement was 0,0 the accuracy of reading was lower for the dry canal (55% for ES-02 and 45% for ES-03), but the influence of fluids in canal on accuracy is also lower. The difference in measurement of canals filled with EDTA is ten times lower if the ending point was 0,0 with smaller distribution of the results. The readings longer than control were in higher percentage if the measurement point was 0,0 in dry and moisture canals, differently from the -1,0 reading point where the longer reading was noticed only in dry canals. There is no statistically signifi-

Tablica 1. Distribucija frekvencija razlika u mjerjenju između direktnog mjerjenja promatranjem endodontskog instrumenta i mjerjenja endometrima ES-02 i ES-03 u suhim kanalima te kanalima ispunjenima natrij-hipokloritom i kelatorom pri točki mjerjenja -1,0 od vanjskog otvora kanala.

Table 1. Distribution of frequency of differences in measurement between direct measurement according to the visual method and electronic measurements by endometers ES-02 and ES-03 in dry canal and canal filled by sodium hypochlorite and chelator at measurement point -1,0 from outer canal orifice.

	Razlika mjerjenja • Difference in measurement (mm)	ES-02						ES-03					
		Suhi kanal • Dry canal		Kanal s NaOCl • Canal filled with NaOCl		Kanal s kelatorom • Canal filled with chelator		Suhi kanal • Dry canal		Kanal s NaOCl • Canal filled with NaOCl		Kanal s kelatorom • Canal filled with chelator	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1.	(+) 0,0-0,5	9	29					3	10				
2.	0,0	20	65	8	27	3	10	19	61	1	3	1	3
3.	(-) 0,1-0,5	1	3	7	22	11	36	6	20	7	23	1	3
4.	(-) 0,6-1,0	1	3	9	29	4	13	2	6	6	20	4	13
5.	(-) 1,1-1,5			5	16	3	10	1	3	4	13	1	3
6.	(-) 1,6-2,0			1	3					1	3	2	6
7.	(-) 2,1-2,5			1	3								
8.	(-) 2,6-3,0									4	13	2	6
9.	(-) 3,1-3,5					1	3					1	3
10.	(-) 3,5-4,0					2	6			2	6	1	3
11.	(-) 4,1-4,5					1	3					1	3
12.	(-) 4,6-5,0											1	3
13.	(-) 5,1-5,5											2	6
14.	(-) 5,6-6,0											2	6
15.	(-) 6,1-6,5					1	3					1	3
16.	(-) 6,6-7,0									1	3		
17.	(-) >7,0					5	16			5	16	19	61
Ukupno%		100		100		100		100		100		100	

n – broj uzoraka • number of samples

Tablica 2. Distribucija frekvencija razlika u mjerjenju između direktnog mjerjenja promatranjem endodontskog instrumenta i mjerjenja endometrima ES-02 i ES-03 u suhim kanalima te kanalima ispunjenima natrij-hipokloritom i kelatorom pri točki mjerjenja -0,0 od vanjskog otvora kanala.

Table 2. Distribution of frequency of differences in measurement between direct measurement according to the visual method and electronic measurements by endometers ES-02 and ES-03 in dry canal and canal filled by sodium hypochlorite and chelator at measurement point -0,0 from outer canal orifice.

	Razlika mjerjenja • Difference in measurement (mm)	ES-02						ES-03					
		Suhi kanal • Dry canal		Kanal s NaOCl • Canal filled with NaOCl		Kanal s kelatorom • Canal filled with chelator		Suhi kanal • Dry canal		Kanal s NaOCl • Canal filled with NaOCl		Kanal s kelatorom • Canal filled with chelator	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1.	(+) 0,0-0,5	7	26	3	10	2	6	6	19	1	3	1	3
2.	0,0	17	55	13	42	10	33	14	45	13	42	8	26
3.	(-) 0,1-0,5	6	19	13	42	13	42	11	36	15	49	13	42
4.	(-) 0,6-1,0			2	6	3	10			1	3	6	19
5.	(-) 1,1-1,5					1	3						
6.	(-) 1,6-2,0									1	3		
7.	(-) 2,1-2,5												
8.	(-) 2,6-3,0												
9.	(-) 3,1-3,5												
10.	(-) 3,5-4,0												
11.	(-) 4,1-4,5												
12.	(-) 4,6-5,0					1	3						
13.	(-) 5,1-5,5												
14.	(-) 5,6-6,0												
15.	(-) 6,1-6,5												
16.	(-) 6,6-7,0												
17.	(-) >7,0					1	3					2	6
Ukupno • Total %		100		100		100		100		100		100	

n – broj uzoraka • number of samples

stotku ako se kao točka mjerenja rabi 0, 0, u suhim i vlažnim kanalima za razliku od krajnje točke -1,0 kod koje je duže očitavanje zapaženo samo u suhim kanalima. Statistički veća razlika ne postoji između mjerenja s oba uređaja u suhim kanalima i vizualnog mjerenja endodontskim instrumentom kod obje točke mjerenja, dok ispunjenost kanala natrijevim hipokloritom i EDTA-om dovodi do statistički značajne razlike u mjerenju. To se može vidjeti u Tablici 3.

cant difference between endometers in dry canals at both measurement points, in contrast to canals filled with NaOCl and EDTA. This is depicted in table 3.

Tablica 3. Student t-test za zavisne uzorke ($p > 0,05$)

Table 3. Student t-test for paired samples ($p > 0,05$)

	Srednja vrijednost odstupanja • Mean	Standardna devijacija • Stand. deviation	Standardna pogreška • Stand. Error Mean	t	df	Sig. (2-tailed)
Par 1 proširivač - ES02 0,0 SK • Pair 1 reamer - ES02 0,0 SK	-3,87E-02	,243	4,367E-02	-,886	30	*,382
Par 2 proširivač - ES02 0,0 HK • Pair 2 reamer - ES02 0,0 HK	,203	,316	5,670E-02	3,584	30	,001
Par 3 proširivač - ES02 0,0 ED • Pair 3 reamer - ES02 0,0 ED	,768	1,608	,289	2,658	30	,012
Par 4 proširivač - ES02 -1,0 SK • Pair 4 reamer - ES02 -1,0 SK	-7,74E-02	,265	4,768E-02	-1,624	30	*,115
Par 5 proširivač - ES02 -1,0HK • Pair 5 reamer - ES02 -1,0HK	,726	,659	,118	6,134	30	,000
Par 6 proširivač - ES02 -1,0 ED • Pair 6 reamer - ES02 -1,0 ED	3,126	4,591	,825	3,791	30	,001
Par 7 proširivač - ES03 0,0 SK • Pair 7 reamer - ES03 0,0 SK	5,806E-02	,246	4,418E-02	1,314	30	*,199
Par 8 proširivač - ES03 0,0 HK • Pair 8 reamer - ES03 0,0 HK	,277	,404	7,254E-02	3,824	30	,001
Par 9 proširivač - ES03 0,0 ED • Pair 9 reamer - ES03 0,0 ED	,660	1,614	,295	2,240	30	,033
Par 10 proširivač - ES03 -1,0 SK • Pair 10 reamer - ES03 -1,0 SK	,106	,360	6,458E-02	1,648	30	*,110
Par 11 proširivač - ES03 -1,0 HK • Pair 11 reamer - ES03 -1,0 HK	3,787	5,164	,928	4,083	30	,000
Par 12 proširivač - ES03 -1,0 ED • Pair 12 reamer - ES03 -1,0 ED	6,353	4,867	,889	7,150	29	,000

* - statistički značajna razlika • statistically significant difference; SK - suhi kanal • dry canal; HK - natrij-hipoklorit • canal filled with sodium hypochlorite; ED - etilendiaminotetraoctena kiselina • canal filled with ethylenediaminetetraacetic acid

Rasprava

Endometri ES-02 i ES-03 uređaji su koji rade na načelu mjerenja dijela impedancije koja se javlja u korijenskom kanalu, a pri tome rabe jednu frekvenciju. Uređaj ES-03 je novija verzija ES-02, a prema tvrdnji proizvođača poboljšanja se odnose na točnost mjerenja radne duljine kanala (rad sa sinusoidnim umjesto pravokutnim naponom) te na prikaz koji je na novom uređaju digitalni.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju razlike u očitavanju radne duljine između uređaja, pri čemu je veću točnost mjerenja, u odnosu prema prije izmjerenoj vrijednosti, pokazao uređaj ES-02 u suhom kanalu. Premda većina proizvođača endometara novijih generacija (3. i 4.) tvrdi da tekućina u

Discussion

Endometers ES-02 and ES-03 are based on the measuring of the distinct range of the impedance in root canal, using one frequency. ES-03 is a new version and, according to the manufacturer, with improved measuring process (use of sinusoidal instead of right-angled voltage) and digital display.

The results of this investigation showed the differences in readings of root canal working length between devices. ES-02 showed the higher consistency with previously measured values in dry canal. The most manufacturers of the new apex locators claim that the fluids in canal do not influence their accuracy (3,4), Haung (12) showed that two major factors determine the accuracy: fluids in the canal

kanalu ne utječe na točnost mjerenja, Haung (12) je pokazao da dva osnovna čimbenika utječu na točnost mjerenja - tekućina u kanalu i promjer apikalnog otvora. Ako je promjer kanala mali, dokazao je da tekućina ne utječe na točnost uređaja za određivanje radne duljine. U uskim i obliteriranim kanalima najčešće se primjenjuje kelator, pa je njegov utjecaj na određivanje duljine manji tijekom daljnjeg endodontskog liječenja. Mjerenje radne duljine u našem istraživanju obavljalo se instrumentima #15, što znači da je kanal već bio prohodan i da je količina tekućine u kanalu bila nešto veća, a time se mogu objasniti veće pogreške mjerenja u vlažnim uvjetima. Ako se kao krajnja točka mjerenja uzme vrijednost -1,0 od vanjskog otvora kanala, tada je točnost u suhom kanalu veća za oba uređaja, ali su zato pogreške mjerenja u vlažnim kanalima također veće. Ako se kao krajnja točka mjerenja uzela vrijednost točno na apikalnom otvoru (0,0), tekućine su imale manji utjecaj na točnost mjerenja, ali je bio i veći broj dužih mjerenja u odnosu prema kontroli. S obzirom na to da su uređaji baždareni tako da na unutarnjem suženju pokazuju vrijednost -1,0, (a to je mjesto do kuda bi trebalo kanal instrumentirati i puniti te je vizualnom metodom određeno kontrolnim mjerenjem), razumljivo je da se mjerenjem prema točki 0,0 dobilo sveukupno više dužih mjerenja. Manji utjecaj tekućine tj. elektrolita na mjerenje prema točki 0,0 objašnjava se prevladavanjem impedancije periapikalnog tkiva u odnosu prema provodljivosti tekućine. Vanjski otvor kanala, tj. vrijednost koju nam pokazuje endometar u dodiru s periapeksom, sigurnija je vrijednost ako se radna duljina određuje u kanalu ispunjenom tekućinom u odnosu prema vrijednostima dobivenima na unutarnjem suženju.

Klinička ispitivanja apeks-lokatora obavljena su samo za uređaj ES-02 (13), dok za uređaj ES-03 do sada nema podataka o točnosti u kliničkim uvjetima. Točnost mjerenja u kliničkim uvjetima je postignuta u 92-98% slučajeva, ovisno o dijagnozi i postupku. Najtočniji rezultati postignuti su kod mortalne ekstirpacije pulpe, a nešto slabiji kod vitalne ekstirpacije pulpe, dok je kod slučajeva nekroze točnost mjerenja bila između tih vrijednosti (13). Prednosti kliničkog istraživanja u odnosu prema našem *in vitro* istraživanju jest u mogućnosti tretiranja zuba s različitim dijagnozama i uvjetima rada u skladu sa svakodnevnim radom. Nedostatak takvog istraživanja jest nemogućnost točnosti određivanja mjerenja zbog nedostataka radiološkog prikaza zuba (1, 2, 10). U slučaju kliničkog istraživanja, toč-

and diameter of the apical foramen. The smaller the apical diameter, the influence of the fluids of apex locators is diminished. Chelators are used in the narrow and mineralized canals, which decreases its influence on determination of the working length. The measurement in our study was performed with reamer #15, which means that the canal was wider. This could explain the failures in readings in moisture conditions. The measurements of both apex locators were more accurate if the end-point of the measurement was -1,0 from the outer orifice of the canal in dry canal, but the failures in wet canal are also more frequent. In case when the outer orifice of the canal (0,0) was chosen as the end-point of measurement, the presence of fluids influence less on accuracy, but there were more measurements beyond apex. The most endometers are calibrated to show the value on scale or display -1,0 when the file tip is at apical constriction, which should be end-point of the canal instrumentation and filling, and it is confirmed by visual control method. This could explain more readings beyond apex at point 0,0. Decreased influence of fluids e.g. electrolytes at point 0,0 could be explained by predominance of periradicular tissue impedance over the conductivity of fluid. The outer orifice of the canal, i.e. the value displayed on the endometer, is more accurate measurement point than apical constriction if the working length assessment is carried out in canal filled with fluids.

Clinical examination was carried out only for ES-02 device (13), in contrast to ES-03 that is not clinically studied. The accuracy of working length assessment in clinical conditions was 92-98% depending on diagnosis and treatment. The most accurate results were obtained when the mortal extirpation was performed. When the diagnosis was necrosis the results were less accurate, and the worst measurements were gained with vital extirpation (13). The advantage of clinical investigations compared to our *in vitro* is in dealing with different diagnosis and working conditions in line with every-day practice. Disadvantage is unsure method of determination of accurate measurement because of problems associated with radiographic interpretation (1,2,10). In clinical investigations accurate result is considered to be 1 – 1,5 mm from radiographic apex which does not necessarily coincide with apical constriction. Foramen internum, i.e. apical constriction, could be situated 3 mm from outer orifice of the canal (14). Generally it is considered that the distance from the apical constriction

nim mjerenjem smatra se odstupanje 1 – 1,5 mm od radiološkog apeksa, što u stvarnosti i ne mora odgovarati mjestu apikalnog suženja. Unutarnji otvor kanala, tj. apikalno suženje, prema istraživanjima može biti čak do 3 mm od vanjskog otvora (14). Smatra se da se apikalna konstrikcija nalazi 0,5 mm od vanjskog otvora za mlađe osobe, a 0,8 mm za starije (15). Osim prema godinama, udaljenost apikalnog suženja povećava se od prednjih zuba prema stražnjima (1). Ako se takvi uvjeti odstupanja apikalnog suženja od vanjskog otvora te klinička širina točnosti mjerenja (do -3 mm) interpolira na ovo istraživanje, tada bi točnost obaju uređaja bila sto-postotna u suhim kanalima. Ako uzmemo u obzir ručne manipulacije instrumentima tijekom mjerenja u istraživanju, pogreške mjerenja od 0,5 mm klinički su gotovo neznatne.

Zaključak

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se uređaji ES-02 i ES-03 statistički znatno ne razlikuju u mjerenju radne duljine korijenskog kanala u suhim kanalima. Ako se mjerenja obavljaju u kanalima ispunjenima natrijevim hipokloritom i kelatorom (EDTA-om), tada se rezultati znatno razlikuju u odnosu prema kontroli. Ali, ta razlika je manja ako se kao mjerna točka odabere vanjski otvor korijenskog kanala.

to the outer orifice is 0,5 mm in younger persons, and 0,8 mm in adults. The distance from the apical constriction to the apex increases from front to posterior teeth with age. If these discrepancies of apical constriction position and range of clinically accurate working length assessment (till 3 mm from apex) are applied to this study, then both investigated apex locators are 100% accurate in dry canals. Considering the manual manipulation with files during the measurement, the failures in reading of 0,5 mm are insignificant.

Conclusion

The results of this study showed that the endometers ES-02 and ES-03 do not differ significantly in working length measurements in dry canal. The results are statistically significantly different if the measurement is performed in the canal filled with NaOCl or EDTA, but that difference is lower if the end-point of assessment is outer orifice of the root canal.

Abstract

The aim of this study was to compare the accuracy of measurements of endometers ES-02 and ES-03 in dry canals and canals filled with sodium-hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA). For the experiment 31 one-rooted human extracted teeth were used. Working length of the root canal was determined visually using a #15 reamer as a control measurement. After that the teeth were embedded in vial with freshly mixed alginate and the measurements were made with both devices. Two measurements were made in dry canal and canal filled with sodium-hypochlorite and EDTA for each device. The first value was the working length determined according to the sign -1,0 on the scale and display, respectively, which corresponds to the apical constriction. The second value was measured according to the sign 0,0 which corresponds to the external foramen. Results were analyzed statistically by MANOVA test, and as post-hoc test Student-t test was used. The measurements same as control were in 65% for ES-02 device, and 61%, for ES-03 device at point -1,0 in dry canal, although the difference was not statistically significant. Fluids in root canal statistically significant negatively influence on accuracy of measurements but that significance was 10 times greater at point of measurement -1,0 than at 0,0.

Received: September 27, 2005

Accepted: January 26, 2006

Address for correspondence

Silvana Jukić Krmek
Department of Endodontics and
Restorative Dentistry,
School of Dental Medicine, University of
Zagreb,
Gundulićeva 5
HR-10 000 Zagreb, Croatia
Tel: 01 4802 126
Fax: 01 4802 159
jukic@sfzg.hr

Key Words

Root Canal Preparation, Tooth Apex,
Root Canal Therapy, Sodium Hypochlorite,
Chelating Agents.

References

- Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J.* 2004; 37(7): 425-37.
- Tamse A, Kaffe I, Fishel D. Zygomatic arch interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* 1980; 50(6): 563-6.
- Olson AK, Goerig AC, Cavataio RE, Luciano J. The ability of the radiography to determine the location of the apical foramen. *Int Endod J.* 1991; 24(1): 28-35.
- Chong BS, Pitt Ford TR. Apex locators in endodontics: which, when and how? *Dent Update.* 1994; 21(8): 328-30.
- Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital tactile sense. *J Am Dent Assoc.* 1975; 90(2): 379-87.
- Cohen S, Burns RC. *Pathways of the pulp.* 5th ed. St Louis: CV Mosby; 2002.
- Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res.* 1962; 41(2): 375-87.
- Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An *in vivo* evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 1996; 22(11): 616-8.
- Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an *in vivo* investigation. *Int Endod J.* 2005; 38(1): 36-45.
- Cox VS, Brown CE Jr, Bricker SL, Newton CW. Radiographic interpretation of endodontic file length. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* 1991; 72(3): 340-4.
- Azabal M, Garcia-Otero D, de la Macorra JC. Accuracy of the Justy II Apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. *Int Endod J.* 2004; 37(3): 174-7.
- Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *J Endod.* 1987; 13(2): 60-4.
- Galić N, Katunarić M, Šegović S, Šutalo J, Stare Z, Anić I. A clinical evaluation of the apex locator - Endometer ES-02. *Acta Stomatol Croat.* 2002; 36(4): 497-500.
- Pineda F, Kuttler Y. Mesiodistal and buccolingual roentgenographic investigation of 7 275 root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* 1972; 33(1): 101-10.
- Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. *Oral Surg Oral Med Oral Path.* 1990; 69(2): 238-42.