



ENDODONZIA

Valutazione dei fattori che influenzano la lunghezza elettronica del canale

Evaluation of factors that influence the electronic working length

Ricevuto il
16 agosto 2011
Accettato il
20 marzo 2012
Disponibile online
4 maggio 2012

*Autore di riferimento: **L. Sacchetto*, E. Cassai**
Luca Sacchetto
carlosacch@libero.it
Liberi professionisti in Adria (RO)

Riassunto

Obiettivi. Scopo dello studio è valutare l'accuratezza in vitro di tre localizzatori di terza e quarta generazione in diverse situazioni cliniche simulate, utilizzando strumenti endocanalari di diametro e materiale differenti e numerosi irriganti.

Materiali e metodi. Quaranta denti, estratti per cause parodontali, 10 dei quali presentanti corone o restauri coronali metallici, sono stati strumentati con k-file 10, 15, 20, ProTaper Universal S1, S2, F1 e F2. I 10 elementi dentari con restauri metallici costituivano il gruppo Metal, gli altri 30 il gruppo Metal-free. Per ogni strumento endocanalare è stata rilevata la lunghezza di lavoro (Working Length, WL) al forame apicale magno, utilizzando il microscopio operatorio e confermandola con una radiografia. È stata successivamente rilevata elettronicamente la WL con i localizzatori A (Root ZX), B (Raypex® 5) e C (ProPex® II) in ambiente secco e irrigando con ipoclorito (fino all'imbocco e poi colmando pure la camera), saliva, sangue, acido etilendiamminotetracetico (EDTA) e soluzione acida. I dati sono stati sottoposti ad analisi statistica utilizzando il test di Kruskal-Wallis, il test delle mediane e il test di Wilcoxon.

Risultati. Il test di Kruskal-Wallis dimostra che non esistono differenze statisticamente significative in termini di lettura elettronica della WL usando strumenti endocanalari di diametro e materiali diversi ($p = 0,7005$). Il test di Wilcoxon dimostra che la tendenza centrale della misura fornita dai localizzatori è significativamente diversa dalla tendenza centrale della WL misurata al forame apicale magno con microscopio operatorio, considerata come riferimento, in caso di ambiente canalare irrigato con ipoclorito, EDTA, saliva, sangue ($p < 0,00001$) e con soluzione acida ($p = 0,007695$). Le medie delle differenze tra la WL di riferimento e la WL elettronica per i tre localizzatori, relativamente a un ambiente canalare con ipoclorito di sodio, sono le più alte rispetto a quelle calcolate per tutti gli ambienti canalari testati. Per ogni ambiente canalare, infine, il test delle mediane ha confrontato direttamente i localizzatori, ottenendo differenze statisticamente significative.

Abstract

Objectives. This research aims to compare ex vivo the accuracy of three apex locators, of third and fourth production, in different simulated clinical situations, using endodontic instruments (with different diameter and material) and several waterings.

Material and methods. Forty teeth, extracted for parodontal causes, have been instrumented with k-file 10, 15, 20, ProTaper Universal S1, S2, F1 and F2. Ten of these 40 teeth presented metal crowns or metallic obturations and formed the Metal group while the others formed the Metal-free group. For each endodontic instrument, the Working Length (WL) to the major apical foramen was measured by using an operating microscope and confirming it with a radiogram. Then, electronic WL was measured by using the apex locator A (Root ZX), B (Raypex® 5) and C (ProPex® II) in a dry environment and watering with hypochlorite (as far as the mouth of the canal and then filling in the cameral space too) saliva, blood, EDTA and acid solution. The data have been submitted to a statistical analysis using the following tests: the Kruskal-Wallis, the Wilcoxon and the median one.

Results. The Kruskal-Wallis test demonstrates there are no statistically significant differences in terms of electronic WL by using endodontic instruments with different diameter and material ($p = 0.7005$). The Wilcoxon test demonstrates the central tendency of reference WL is significantly different from WL measured in a wet environment with hypochlorite, EDTA, saliva, blood ($p < 0.00001$) and acid solution ($p = 0.007695$). In a wet canal with hypochlorite, the means of differences between reference WL and electronic WL are major than those in the other environments. Finally, for each canal environment, the median test tested the apex locators directly, obtaining statistically significant differences.

Conclusions. The diameter and the material of the endocanal instruments do not influence the electronic WL. Canal conditions influence electronic WL. Hypochlorite is the irrigant which mostly reduces electronic WL. The acid solution often causes an electronic WL which is major than the real one. The other waterings influence less the electronic reading.

Conclusioni. Il diametro e il materiale degli strumenti endocanalari non influenzano la WL elettronica. Le condizioni canalari influenzano la lettura elettronica della WL e l'ipoclorito si è dimostrato l'irrigante che riduce maggiormente la lettura elettronica della WL. La soluzione acida determina spesso una WL elettronica maggiore di quella reale. Gli altri irriganti usati influenzano meno la lettura elettronica. Il localizzatore C è il meno accurato dei tre testati, anche se rileva il maggior numero di misure (intese come segnali di avvenuto raggiungimento apicale mantenute per almeno 5 s). I localizzatori A e B mostrano un'attendibilità non statisticamente diversa, tranne in poche situazioni, in cui prevale il localizzatore B.

Parole chiave: • Apice anatomico • Apice radiografico • Costrizione apicale • Localizzatori elettronici d'apice • Lunghezza di lavoro

Apex locator C is the less precise locator among the three tested ones but it shows the most number of measures (considered as a stable signal of achieved apex for at least 5 s). Apex locator A and B show a reliability which is not statistically different, apart only a few situations where apex locator B prevails.

Key words: • Anatomic apex • Radiographic apex • Apical constriction • Apex locators • Working length

1. Introduzione

Una delle fasi più importanti di tutta la terapia canalare consiste nella corretta determinazione della lunghezza di lavoro (Working Length, WL), definita come la distanza tra due reperi fissi: uno coronale, rappresentato dallo stop endodontico, l'altro apicale. Per alcuni autori [1,2] il reperi apicale è costituito dalla costrizione apicale, che è il punto di massimo restringimento del canale a livello del quale spesso si nota la giunzione cemento-dentinale; per altri autori [3], invece, è costituito dal forame apicale magno, che è la porzione estrema del canale a livello della quale la sezione canalare torna ad aumentare. La giunzione cemento-dentinale è infatti un sito istologico e può essere determinata solo a seguito di sezionamento dell'apice, mentre risulta di difficile interpretazione clinica e radiografica. Tale giunzione è, inoltre, altamente irregolare, con andamento ondulato e può risultare più apicale anche di 3 mm su un versante rispetto all'altro [4] (fig. 1).

Attualmente, la maggior parte dei clinici strumentata e ottura il canale in corrispondenza di un non meglio precisato "apice elettronico", quasi con la presunzione di

aver identificato in tal modo un reperi apicale preciso e inequivocabile. Ciò non significa, tuttavia, che la costrizione apicale venga clinicamente identificata nel 100% dei casi, come dimostrano numerosi studi al riguardo presenti in letteratura [5,6].

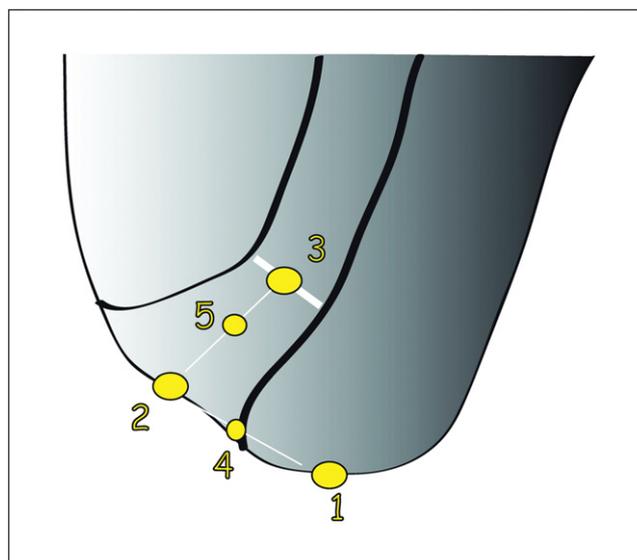
Oltre a ciò, vi è la necessità di capire se esistano e quali possano essere i fattori capaci di interferire con la corretta lettura elettronica dell'apice (per esempio il materiale o la sezione dello strumento endocanalare utilizzato per la misurazione, il contenuto endocanalare e la

presenza di irriganti) per poter comprendere pienamente il "linguaggio di comunicazione" di tali apparecchi e portare a termine una buona terapia endodontica.

2. Scopo dello studio

Lo scopo principale del lavoro consiste nel valutare l'accuratezza (intesa come ridotta differenza tra la WL elettronica e la WL determinata microscopicamente e radiologicamente al forame apicale magno) di tre diversi localizzatori

Fig. 1 Legenda:
1) Vertice geometrico della radice. 2) Forame apicale magno. 3) Costrizione apicale o forame apicale minore. 4) Distanza tra il vertice geometrico radicolare e il forame magno. 5) Distanza tra la costrizione apicale e il forame magno, mediamente calcolata in 0,5 mm



elettronici d'apice (i localizzatori A, B e C) su denti estratti, montati su un simulatore endodontico, riproducendo diverse situazioni cliniche: ambiente secco, canale irrigato con ipoclorito, acido etilendiamminotetracetico (EDTA), sangue, saliva e soluzione acida.

Si cercherà, perciò, di definire quale dei tre localizzatori, tutti di terza o di quarta generazione, risulti più affidabile nella determinazione della WL, nell'ambito di una stessa situazione clinica simulata, sia per un gruppo di denti non presentanti restauri coronali protesici o conservativi metallici (gruppo Metal-free) sia per il gruppo Metal.

Si tenterà di capire, poi, se esistano irriganti canalari in grado di influenzare la rilevazione della WL in eccesso o in difetto, a prescindere dal tipo di localizzatore utilizzato.

Si valuteranno, inoltre, alcuni parametri intraoperativi, come il numero di misure che ogni localizzatore è riuscito a rilevare (intendendo per misura un segnale, fornito dall'apparecchio, di avvenuto raggiungimento apicale stabile per almeno 5 s). Infine, si cercherà di capire se esistono, tra quelli testati, strumenti endodontici che, al variare del materiale e/o del diametro, permettono una lettura più precisa della WL.

3. Materiali e metodi

Per lo studio sono stati considerati 40 elementi dentari (10 elementi frontali, di cui 8 incisivi superiori, 1 incisivo inferiore e 1 canino superiore; 10 premolari, 6 dei quali superiori; 10 molari, 6 dei quali inferiori; 10 elementi metal con corone metalliche, 7 dei quali incisivi superiori, 1 premolare superiore, 1 molare inferiore e

1 molare superiore) provenienti da pazienti che hanno prestato consenso valido alla sperimentazione, di età pari o superiore ai 50 anni (in modo da garantire la maggiore uniformità possibile nella distanza media esistente tra costrizione apicale e forame magno, che tende ad aumentare con l'età) [7] ed estratti per motivi parodontali, privi di carie, di riassorbimenti radicolari, di fratture radicolari e con apice integro.

Gli elementi appartenenti al gruppo Metal dovevano presentare anche un restauro coronale protesico o conservativo metallico, almeno di Classe II.

Prima della sperimentazione, tutti gli elementi sono rimasti immersi in una soluzione al 5,25% di ipoclorito di sodio per 2 ore per rimuovere il legamento parodontale [8].

Dopo rimozione dei frustoli parodontali ancora presenti con scaler e curette e opportuno risciacquo, i denti sono stati conservati in soluzione con formalina.

L'integrità dell'apice e l'assenza di fratture o incrinature radicolari sono state confermate al microscopio operatorio con ingrandimento di 30x.

Sono stati considerati tre localizzatori tra i più commercializzati e conosciuti al mondo, il primo di terza e gli altri due di quarta generazione: il localizzatore A è il Root ZX (Morita Corporation), il B è il Raypex® 5 (VDW®), mentre il C è il PropPex® II (Dentsply Maillefer).

La sperimentazione è stata condotta utilizzando come modello sperimentale il ProTrain (Simit Dental), simulatore endodontico di recente introduzione, inventato dal dottor Riccardo Tonini.

Per riprodurre le varie situazioni cliniche canalari sono stati utilizzati i seguenti irriganti: EDTA (17%), ipoclorito di sodio (5%), saliva, sangue (conservato in

eparina a 4 °C), e soluzione acida, che deve mimare una situazione di infiammazione pulpale acuta che si accompagna a un'elevata acidità canalare.

Gli autori dichiarano che lo studio presentato è stato realizzato in accordo con gli standard etici stabiliti nella Dichiarazione di Helsinki, e che il consenso informato è stato ottenuto da tutti i partecipanti prima del loro arruolamento allo studio.

3.1. Sequenza operativa

È stata aperta la camera pulpale di ogni elemento ed è stato creato un piattello coronale che permettesse di accogliere stabilmente lo stop endodontico di un k-file 10, la cui punta veniva portata fino al forame apicale magno. Il tutto è stato controllato al microscopio operatorio.

Per ogni elemento sono state poi realizzate una o due radiografie (la seconda in diversa proiezione solamente se la prima non mostrava che la punta del file andava a intersecare il profilo radicolare) per confermare la WL di riferimento, che risultava essere la distanza tra piattello coronale e forame apicale maggiore.

Successivamente, ogni elemento dentale è stato inserito nel ProTrain e bloccato con l'apposita ghiera.

Si è proceduto alla misurazione elettronica del canale (per i premolari superiori, per convenzione, si è deciso di strumentare il canale palatino, per i molari superiori il canale mesio-vestibolare, per gli inferiori il mesio-linguale) collegando i tre localizzatori in ambiente secco, irrigando con ipoclorito fino all'imbocco e, in seguito, colmando anche la camera pulpale.

La stessa procedura è stata ripetuta pedissequamente anche per gli altri

strumenti endocanalari utilizzati (k-file 15, 20 e ProTaper Universal S1, S2, F1 e F2); con questi strumenti, però, il canale è stato misurato elettronicamente non solo in ambiente asciutto e in ipoclorito, ma anche in EDTA, saliva, sangue e soluzione acida.

3.2. Analisi statistica

Per l'analisi statistica dei dati si è ritenuto opportuno suddividere gli elementi campione in due gruppi: uno, comprensivo di incisivi, premolari e molari, definito Metal-free; l'altro, definito Metal, raccoglieva i campioni dotati di restauro coronale metallico.

In primis, è stato effettuato il test di Kruskal-Wallis per capire se esistessero differenze statisticamente significative tra le misure elettroniche rilevate con strumenti endocanalari differenti. La statistica è stata considerata non significativa per valori di $p > 0,05$. Se il test era significativo, si è cercato di capire dove andassero a collocarsi le significatività tramite il test delle mediane.

In secondo luogo, mediante il test di Wilcoxon per dati appaiati, è stata accertata o negata l'esistenza di differenze rilevabili statisticamente, a prescindere dal localizzatore utilizzato, tra la misura reale del canale e la misura elettronica dello stesso: se il test risulta significativo, infatti, si può a ragione pensare che vi sia un'influenza ambientale nella rilevazione elettronica della WL e, quindi, che sia l'irrigante canalare a influenzare la lettura. Evidentemente bisogna capire non solo se, ma anche quanto il test risulti significativo e, dunque, quanto grande sia la differenza tra la misura reale e la misura elettronica del canale. Sono state, quindi, confrontate le medie delle misure

elettroniche, per i tre localizzatori, di tutte le situazioni canalari considerate, al fine di identificare l'irrigante maggiormente interferente.

L'intero iter statistico è stato sviluppato sia per il gruppo Metal-free sia per il gruppo Metal.

Infine, in ogni situazione canalare, per entrambi i gruppi, sono stati confrontati i tre localizzatori in termini di precisione di misurazione, tramite un nuovo test di Kruskal-Wallis: se risultava significativo, si ricercavano le significatività tramite un test delle mediane.

4. Risultati

Il test di Kruskal-Wallis, adottato per studiare statisticamente l'influenza del diametro e del materiale (acciaio o nichel-titanio) per i gruppi Metal e Metal-free in ogni condizione canalare, ha

mostrato sempre un valore di p non significativo, come si desume dalle tabelle I e II. Si riporta poi a titolo di esempio, per motivi di brevità, solo la tabella relativa alla statistica descrittiva e al test di Kruskal-Wallis per il gruppo Metal considerando l'ambiente canalare irrigato con ipoclorito (tab. III); tabelle simili sono state compilate anche per il gruppo Metal-free per ogni condizione canalare.

L'accuratezza della misurazione elettronica è stata calcolata solo su misure stabili per almeno 5 s, confermate da tre tentativi ripetuti. Tutti i localizzatori hanno evidenziato l'incapacità di misurare stabilmente il 100% dei canali, come si evince dalle tabelle IV e V. L'accuratezza è stata valutata con un test di Kruskal-Wallis Anova by Ranks: se mostrava un valore di $p < 0,05$, indicava che vi era almeno un localizzatore (definito statisticamente "trattamento") performante in modo statisticamente differente. Per

Tabella I Confronto tra diversi strumenti: valori di p per il gruppo Metal

Gruppo Metal	p (test di Kruskal-Wallis)
Ambiente secco	0,7041
Ipoclorito	0,8
Sangue	0,9724
EDTA	0,7546
Soluzione acida	0,9643
Saliva	0,9909

Legenda: EDTA = acido etilendiamminotetracetico.

Tabella II Confronto tra diversi strumenti: valori di p per il gruppo Metal-free

Gruppo Metal-free	p (test di Kruskal-Wallis)
Ambiente secco	0,7005
Ipoclorito	0,0513
Sangue	0,5071
EDTA	0,4296
Soluzione acida	0,6576
Saliva	0,7281

Legenda: EDTA = acido etilendiamminotetracetico.

Tabella III Confronto tra strumenti endocanalari nel gruppo Metal in ipoclorito

Variabile	File 10 statistica descrittiva (gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito)					
	N. misure valide	Media	Mediana	Minimo	Max	Deviazione standard
Misura fornita dal localizzatore apicale	25	18,36	18	15	21	1,7231

Variabile	File 15 statistica descrittiva (gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito)					
	N. misure valide	Media	Mediana	Minimo	Max	Deviazione standard
Misura fornita dal localizzatore apicale	23	18,6087	18,5	16	21	1,5371

Variabile	File F2 statistica descrittiva (gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito)					
	N. misure valide	Media	Mediana	Minimo	Max	Deviazione standard
Misura fornita dal localizzatore apicale	24	18,042	18	12	21,5	2,2063

Variabile	File 20 statistica descrittiva (gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito)					
	N. misure valide	Media	Mediana	Minimo	Max	Deviazione standard
Misura fornita dal localizzatore apicale	21	18,619	18,5	15	21	1,6348

Test di Kruskal-Wallis Anova by Ranks.

Misura fornita dal localizzatore (gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito).

Variabile indipendente: File

Test di Kruskal-Wallis: $H(3, N=93)=0,8313613$; $p=0,8420$

Dipendente	Test di Kruskal-Wallis: $H(3, N=93)=0,8313613$; $p=0,8420$		
Misura fornita dal localizzatore apicale	Codice	N. misure valide	Somma dei ranghi
10	10	25	1133
15	15	23	1130
20	20	21	1052,5
F2	F2	24	1055,5

verificare dove si collocassero le significatività si è ricorso a un test delle mediane. Di seguito si riporta un esempio di test di Kruskal-Wallis e il relativo test delle mediane per il gruppo Metal in ipoclorito per confrontare direttamente i localizzatori tra loro (trattamento 1 = localizzatore A; trattamento 2 = localizzatore C; trattamento 3 = localizzatore B) (tab. VI).

In base a questi test, dal confronto dei ranghi medi, il localizzatore C si è

dimostrato quello con rango medio significativamente maggiore rispetto agli altri due.

Il localizzatore A ha mostrato un'accuratezza statisticamente non diversa (perché non vi erano differenze statisticamente rilevanti tra ranghi medi) dal localizzatore B sia per il gruppo Metal sia per il gruppo Metal-free, con poche eccezioni, rappresentate solamente dall'ambiente secco, la saliva e l'EDTA per il secondo gruppo,

condizioni canalari nelle quali il localizzatore B si è dimostrato superiore (perché con rango medio significativamente inferiore) al localizzatore A.

Dal confronto tra le medie ponderate della differenza tra la WL di riferimento e la WL elettronica ottenute dai tre localizzatori si capisce come, a prescindere dal localizzatore considerato, i canali misurati con ipoclorito presentino i valori di media più alti (0,88; 1,72; 0,25 rispettivamente

Tabella IV Numero di dati raccolti dai tre localizzatori per il gruppo Metal

	Localizzatore A	Localizzatore C	Localizzatore B
Saliva (30)	26	19	23
EDTA (30)	25	18	23
Sangue (30)	26	20	21
Ipoclorito (40)	36	29	28
Ambiente secco (40)	39	33	37
Soluzione acida (30)	26	21	23
Totale (200)	178	122	155
%	89,00%	61,00%	77,50%

Legenda: EDTA = acido etilendiamminotetracetico.

Tabella V Numero di dati raccolti dai tre localizzatori per il gruppo Metal-free

	Localizzatore A	Localizzatore C	Localizzatore B
Saliva (90)	75	82	66
EDTA (90)	78	83	66
Sangue (90)	71	84	63
Ipoclorito (120)	103	97	87
Ambiente secco (120)	114	118	102
Soluzione acida (90)	75	84	64
Totale (600)	516	548	448
%	86%	91,3%	74,67%

Legenda: EDTA = acido etilendiamminotetracetico.

per i localizzatori A, C e B, nel gruppo Metal-free e 0,36; 1,84; -0,02 per il gruppo Metal). I canali misurati in presenza di soluzione acida presentano, invece, i valori più bassi (tab. VII).

Si riporta nella **tabella VIII** un esempio dei dati ottenuti dallo svolgimento del test di Wilcoxon per il gruppo Metal in ipoclorito, che dimostra come, a prescindere dal localizzatore considerato, esistano differenze statisticamente significative tra WL reale ed elettronica misurata in presenza di ipoclorito.

5. Discussione

Gli obiettivi che il presente studio si era proposto erano i seguenti:

- stabilire l'influenza che possono avere il diametro e il materiale dello strumento endocanalare usato sulla precisione di lettura elettronica della WL;
- confrontare, in termini di accuratezza di misurazione, tre localizzatori elettronici d'apice in varie situazioni cliniche simulate;
- stabilire l'influenza che una determinata condizione canalare può avere sulla precisione della lettura della WL a opera dei localizzatori elettronici d'apice;
- stabilire il numero di misure rilevate da ogni localizzatore.

In base ai risultati ottenuti, pur tenendo conto che si tratta di uno studio in vitro, è stato possibile concludere che non esiste alcuna differenza significativa in

termini di lettura elettronica rilevata usando strumenti endocanalari di materiale diverso o di diverso diametro in punta; pertanto, l'ipotesi sopra citata al punto a) è da considerarsi nulla. Ciò appare in accordo con quanto affermano Nguyen et al. [9]; altri studi sostengono che non esistono differenze di misura usando file di calibro compreso tra 10 e 25, mentre a diametri superiori corrisponderebbero misure di canale più precise [10].

Quanto all'accuratezza di misurazione elettronica, il localizzatore C si è dimostrato il meno accurato; questo risultato pare in contraddizione con altri studi simili svolti sull'argomento [11].

Sia per il gruppo Metal sia per il gruppo Metal-free, il localizzatore A e il B sembrano comportarsi in modo non statisticamente diverso, con poche eccezioni, rappresentate solamente da situazioni di canale asciutto, bagnato di saliva o EDTA e, soltanto per il gruppo Metal-free, condizioni canalari nelle quali il localizzatore B si dimostra persino più accurato del localizzatore A.

Tendenzialmente, inoltre, per uno stesso ambiente canalare, la WL elettronica rilevata dal localizzatore B è maggiore di quella del localizzatore A, che, a sua volta, è maggiore di quella del localizzatore C.

Da notare, poi, che alcuni irriganti possono significativamente influenzare la lettura elettronica della WL e ciò appare in contraddizione con quanto sostenuto da alcuni autori [12-17], per i quali i localizzatori di ultima generazione sarebbero insensibili a ogni irrigante, ma in accordo con altri recenti studi [18-24] come si evince dai grafici delle **figure 2 e 3** (che rappresentano le medie ponderate della differenza tra WL reale ed elettronica in

Tabella VI Confronto tra localizzatori in ipoclorito per il gruppo Metal

Trattamento 1						
Statistica descrittiva						
Gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito						
Variabile	N. misure valide	Media	Mediana	Minimo	Max	Deviazione standard
Crescita	25	18,36	18	15	21	1,7231
Test di Kruskal-Wallis Anova by Ranks.						
Crescita (gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito).						
Variabile indipendente (raggruppamenti): trattamento						
Dipendente	Test di Kruskal-Wallis: H (2, N=93) = 39,2253; p=0,0000					
Crescita	Codice	N. misure valide			Somma dei ranghi	
1	1	36			1.533,5	
2	2	29			2.052,5	
3	3	28			785	
Test significativo (p < 0,0001)						
Test delle mediane						
Confronti multipli dei valori di p (2 code)						
Crescita (gruppo Metal, tutti i file in ipoclorito)						
Variabile indipendente (raggruppamenti): trattamento						
Dipendente	1	2	3			
	R: 42,597	R: 70,776	R: 28,036			
1		0,000086	0,096804			
2	0,000086		0			
3	0,096804	0				

Il rango medio del trattamento 1 (42,597) è significativamente inferiore (p=0,000086) rispetto al rango medio del trattamento 2 (70,776).

Il rango medio del trattamento 3 (28,036) è significativamente inferiore (p < 0,000001) rispetto al rango medio del secondo trattamento (70,776).

In conclusione, i trattamenti 1 e 3 sono migliori rispetto al trattamento 2.

ogni situazione clinica simulata): l'ipoclorito di sodio è l'irrigante che riduce maggiormente la lettura elettronica della WL, per entrambi i gruppi. Inoltre, confrontando la WL elettronica rilevata in canale irrigato con ipoclorito fino all'imbocco e colmando anche la camera pulpare, la seconda misura risulta pressoché sempre inferiore alla prima, quasi a dire (sebbene siano necessari ulteriori studi a riguardo) che maggiore è il volume di ipoclorito contenuto nel canale, più corta è la lettura elettronica della WL.

Il corollario di ciò potrebbe essere il seguente: più lungo è il canale, più ipoclorito tendenzialmente ci sarà e, quindi, la lettura elettronica dello stesso sarà più corta.

La soluzione acida è, invece, l'irrigante che, per entrambi i gruppi, determina una lettura elettronica maggiore di quella reale al forame magno (poiché le medie delle differenze tra WL di riferimento ed elettroniche sono le più basse) e questo è un dato di cui tenere conto poiché, in caso di pulpite (e perciò di acidità

endocanalare), verosimilmente la WL elettronica sarà maggiore di quella reale. Il sangue, la saliva e l'EDTA (a meno che il dente non presenti un restauro coronale metallico, caso in cui l'irrigante mostra un comportamento non sostanzialmente differente dalla soluzione acida) non modificano di molto la lettura elettronica rispetto all'ambiente asciutto: la positività di 0,2 o anche 0,3 mm rilevabili dai grafici per tali ambienti (figg. 2 e 3), infatti, si spiegano alla luce del fatto che la WL reale era stata calcolata al forame magno e questo,

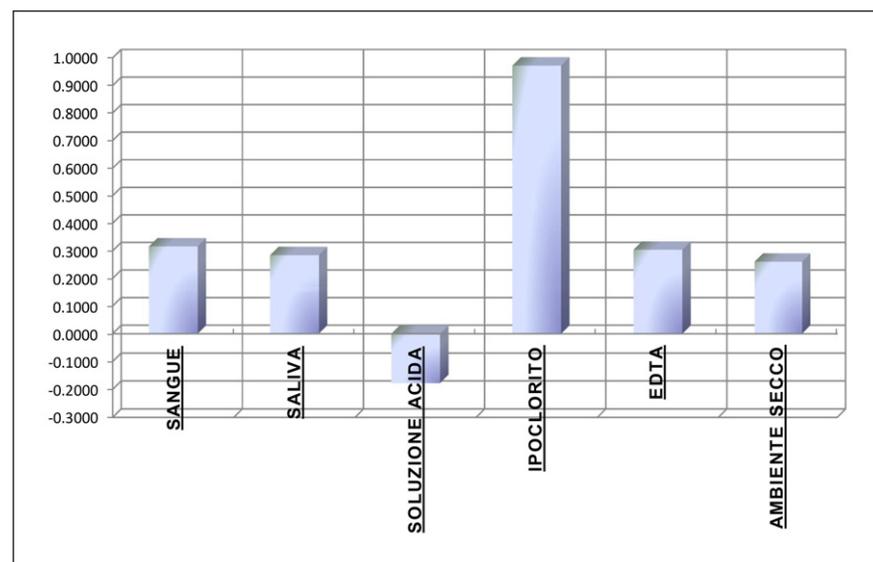
Tabella VII Medie ponderate per i gruppi Metal e Metal-free						
	Valori di media per il gruppo Metal-free			Valori di media per il gruppo Metal		
	Localizzatore A	Localizzatore C	Localizzatore B	Localizzatore A	Localizzatore C	Localizzatore B
Ambiente secco	0,24	0,47	0,04	-0,05	0,8	-0,11
Ipoclorito	0,88	1,72	0,25	0,36	1,84	-0,02
Sangue	0,23	0,63	0,00	-0,06	0,6	-0,10
EDTA	0,30	0,72	-0,19	-0,22	0,21	-0,49
Saliva	0,25	0,58	-0,04	0,08	0,24	-0,30
Soluzione acida	-0,42	0,13	-0,30	-0,35	0,20	-0,58

Legenda: EDTA = acido etilendiamminotetracetico.

Tabella VIII Statistiche descrittive e test di Wilcoxon per il gruppo Metal						
Statistiche descrittive (corone e amalgame, tutti i file in ipoclorito)						
Variabile	N. misure valide	Media	Mediana	Minimo	Max	Deviazione standard
Misura reale	120	19,17500	19	17	22	1,372984
Misura fornita dal localizzatore apicale	93	18,39785	18,5	12	21,5	1,786968
Test di Wilcoxon Matched Pairs (corone e amalgame, tutti i file in ipoclorito)*						
Coppia di variabili	N. misure valide	T	Z	p		
Misura reale e misura fornita dal localizzatore apicale	93	354,5000	5,196738	0,000000		

* Test significativi per valori di $p < 0,05$.

Fig. 2



mediamente, è posto 0,5 mm più apicale rispetto alla costrizione apicale [2,25–27]. Inoltre, è ormai evidente che i localizzatori, pur di ultima generazione, non colgono la costrizione apicale, ma più spesso un punto compreso tra essa e il forame magno [22].

Infine, in riferimento alle misure effettivamente riscontrate dai tre localizzatori, per il gruppo Metal-free il localizzatore C ha rilevato il maggior numero di misure (91,3%), seguito dal localizzatore A

Fig. 2 Gruppo Metal-free: medie ponderate della differenza tra WL reale e rilevata dai tre localizzatori in ogni situazione clinica simulata

Fig. 3

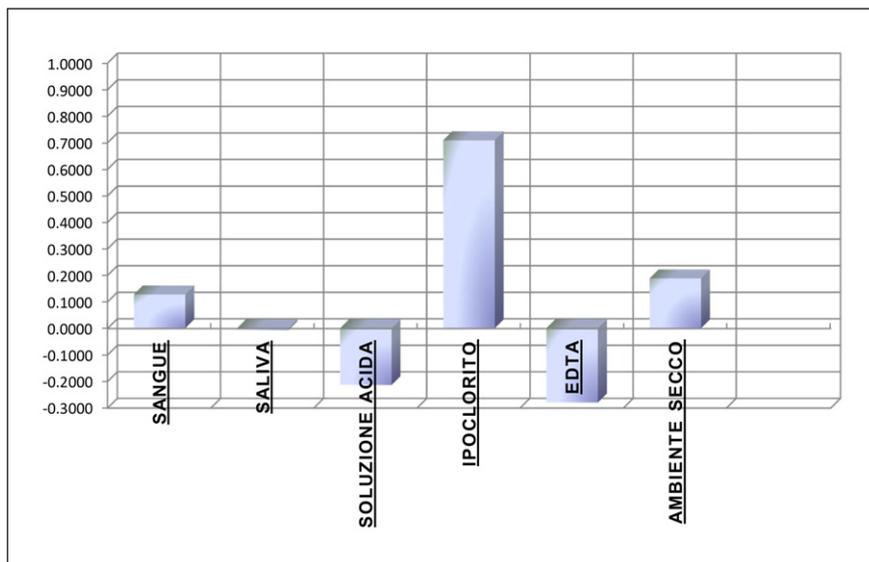


Fig. 3 Gruppo Metal: medie ponderate della differenza tra WL reale e rilevata dai tre localizzatori in ogni situazione clinica simulata

(86%) e dal localizzatore B (74,67%) (figg. 4 e 5). In sostanza, il localizzatore C difficilmente “dirà” che un canale, pur in situazioni canalari disagevoli per una corretta misurazione, non è misurabile

Fig. 4 Gruppo Metal-free: misure rilevate dai tre localizzatori

Fig. 5 Gruppo Metal: misure rilevate dai tre localizzatori

elettronicamente, ma non è scontato che il valore fornito dall'apparecchio sia sempre corretto; al contrario, il B è il localizzatore che rileva il minor numero di misure ma appare più attendibile. Per il gruppo Metal, le percentuali di dati rilevati dai localizzatori A e B non sono sostanzialmente differenti rispetto alle corrispondenti del gruppo Metal-free, tuttavia

il C rileva qui solo il 61% di misure, contro il 91,2% del gruppo “incisivi, premolari e molari”, quasi a suggerire che il localizzatore C, pur di quarta generazione, è altamente insofferente alla presenza di restauri coronali metallici.

6. Conclusioni

Da anni, ormai, la tendenza diffusa in ambito commerciale è quella di mettere a punto localizzatori che possano operare nelle condizioni canalari meno adatte a fornire misure precise. Pur con i limiti del presente studio, la sperimentazione condotta permette di concludere che:

- anche i localizzatori di ultima generazione non sembrano totalmente immuni a irriganti molto elettroconduttivi, quali per esempio l'ipoclorito di sodio;
- non esistono strumenti endocanalari di particolare diametro o materiale che permettano una lettura più precisa della WL;
- possono esistere differenze notevoli tra i vari localizzatori in termini di misure elettroniche rilevate, anche se a un

Fig. 4

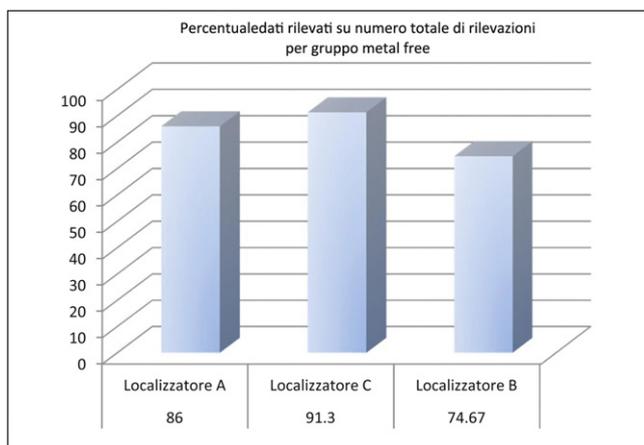
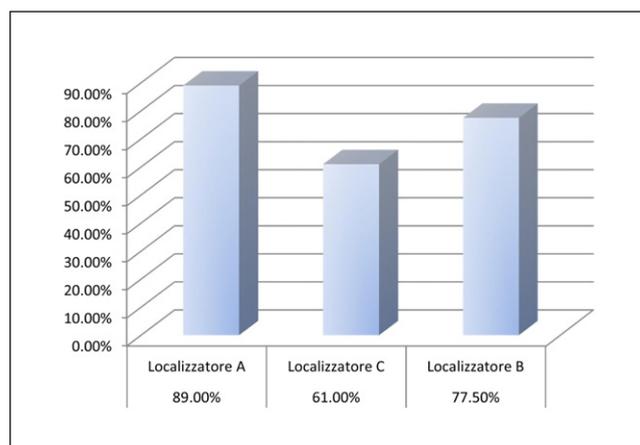


Fig. 5



numero maggiore di misure rilevate non corrisponde sempre una maggiore accuratezza;

- i restauri coronali metallici possono influenzare la lettura elettronica della WL.

Dalle considerazioni svolte, si capisce, quindi, come solo l'abbinamento di più tecniche di determinazione della WL, la perfetta conoscenza dell'anatomia della regione apicale, l'uso prudente del mezzo radiografico, uniti all'impiego razionale di un localizzatore apicale (che richiede una certa curva di apprendimento), permettono di ottenere risultati prevedibili, con margini di errore ridotto.

Conflitto di interessi

Gli autori dichiarano di non avere nessun conflitto di interessi.

Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

Bibliografia

- Ponce EH, Fernández JA. The cemento-dentino-canal-junction the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. *J Endod* 2003;29(3):214–9.
- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. *J Am Dent Assoc* 1955;50(5):544–52.
- Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974;18(2):269–96.
- Gutierrez JH, Aguayo P. Apical foraminal openings in human teeth. Number and location. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79(6):769–77.
- Higa RA, Adorno CG, Ebrahim AK, Suda H. Distance from file tip to the major apical foramen in relation to the numeric meter reading on the display of three different electronic apex locators. *Int Endod J* 2009;42(12):1065–70.
- Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *Int Endod J* 2010;43(1):16–20.
- Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004;37(7):425–37.
- Tinaz AC, Alaçam T, Topuz O. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. *Int Endod J* 2002;35(11):940–5.
- Nguyen HQ, Kaufman AY, Komorowski RC, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *Int Endod J* 1996;29(6):359–64.
- Herrera M, Abalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *J Endod* 2007;33(8):995–8.
- Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: an ex vivo study. *J Endod* 2010;36(12):2003–7.
- Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *Int Endod J* 2006;39(5):408–14.
- Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003;29(8):497–500.
- Kjiku L, Hoxha V, Städtler P. Determination of working length with three different apex locators. *Acta Stomatol Croat* 2007;41(1):49–56.
- Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod* 2002;28(8):595–8.
- Jenkins JA, Walker 3rd 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):209–11.
- Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod* 1993;19(4):177–9.
- Ozsezer E, Inan U, Aydin U. In vitro evaluation of ProPex electronic apex locator. *J Endod* 2007;33(8):974–7.
- Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an ex vivo investigation. *Int Endod J* 2007;40(5):362–73.
- Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. *Int Endod J* 2005;38(1):36–45.
- Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J* 2004;37(2):125–31.
- Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int Endod J* 1999;32(2):120–3.
- Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koobusch GF, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod* 1990;16(9):446–9.
- Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984;17(4):192–8.
- Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1960;13:728–33.
- Green D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1956;9(11):1224–32.
- Meredith N, Gulabivala K. Electrical impedance measurements of root canal length. *Endod Dent Traumatol* 1997;13(3):126–31.