

\*Massimo Falchetta  
\*\*Arnaldo Castellucci

\* Dottore in Odontoiatria e Protesi Dentaria  
Libero Professionista

\*\* Professore a Contratto di Endodonzia Clinica  
al Corso di Laurea in Odontoiatria  
Università degli Studi di Siena  
Istituto Policattedra di  
Discipline Odontostomatologiche  
Direttore: Prof. Egidio Bertelli

# Valutazione in vitro ed impressioni cliniche del Localizzatore Elettronico Apicale Root ZX

*In vitro* evaluation and clinical impressions of the Electronic Apex Locator Root ZX

## RIASSUNTO

Gli autori hanno voluto verificare *in vitro* l'accuratezza di un nuovo localizzatore elettronico apicale, il Root ZX, nel fornire la lunghezza di lavoro degli strumenti endodontici in presenza di ipoclorito di sodio al 2,5%. Le misurazioni sono state eseguite in 100 elementi dentari estratti, bloccando la lima nella posizione dettata dallo strumento che indicava l'avvenuto raggiungimento del forame apicale. La posizione della lima endodontica veniva quindi controllata sia radiograficamente con due diverse proiezioni che allo stereomicroscopio. Il grado di affidabilità del misuratore si è dimostrato molto alto in quanto la lima endodontica si è trovata in posizione clinicamente accettabile ( $\pm 0,5$  mm) nell'89-92% dei casi secondo l'indagine radiografica e nel 91% dei casi nell'indagine allo stereomicroscopio.

Le impressioni cliniche ricavate dall'uso del Root ZX sono di assoluta facilità d'uso, notevole risparmio di tempo, di radiografie e quindi di radiazioni per il paziente. Lo strumento ha dimostrato di essere in grado di determinare con grande accuratezza la sede del forame apicale e ciò garantisce un elevato controllo della lunghezza di lavoro, riducendo i rischi di preparazioni canalari inavvertitamente corte o oltre apice ed aumentando così la precisione e quindi le possibilità di successo delle nostre terapie.

**Parole chiave:** Localizzatori apicali, Endodonzia.

## ABSTRACT

### Introduction

A successful root canal treatment can only be achieved using the proper working length, to clean, shape and obturate the root canal system in three dimensions to the real terminus of the canal. The most common method to estimate the length of a canal is to introduce an endodontic instrument and then take a radiograph. Nevertheless, in many clinical situations the radio-

graphic location of the apical foramen could be very difficult, due to the superimposition of adjacent radiopaque structures or to the buccal or lingual curvature of the root canal. Furthermore, the clinician should always do anything to reduce unnecessary patient exposure to radiation risks.

The electronic devices to locate the apical foramen and to estimate the length of the canal have been recently significantly improved, since the new generation of apex locators became available, with several advantages over previous devices. They work on a different principle from the one described by Sunada, so that they are accurate and reliable even in wet canals. The purpose of the present study was to evaluate the *in vitro* accuracy of a newly designed electronic apex locator, namely the Root ZX, by J. Morita Corporation when tested in root canals irrigated with 2.5 Sodium Hypochlorite.

### Materials and methods

One hundred freshly extracted human teeth were used in this study. The teeth were stored in 10% formaline solution until used. Of all teeth, 75 were single-rooted and single-canaled teeth, while the others were multi-rooted teeth. After the access cavity was made, an irrigation with 2,5% sodium hypochlorite was performed and then a file was introduced inside the root canal, using different sizes depending on the diameter of the canal. Each tooth was then positioned in a plastic container where a sponge was previously located and imbedded of saline solution to simulate the clinical conditions. The reference electrode was attached to the wall of the container on one side and also contacted the saline. The electric probe was connected to the file after the apex locator was turned on and then the file was introduced more apically in the root canal, until the electronic locator showed that the apical foramen was reached. The file was then cemented in place with a reinforced zinc oxide eugenol cement (Caulk IRM) and then each tooth was evaluated both radiographically (with two different angulations) and under the stereomicroscope.

### Results

The first radiographic evaluation, reproducing the clinical situation, showed that in 56% of the cases the instrument was 0.1-0.5 mm short from the radiographic terminus of the canal, in 27% was exactly at the radiographic terminus and in 6% was 0.1-0.5 mm long, as showed in Tab. 2. In other words, in 89% of the cases the measurement was within limits clinically acceptable (20).

The second radiographic evaluation, using a mesio-distal angulation, showed that the instruments were within limits clinically acceptable in 92% of the cases.

The observation at the stereomicroscope confirmed that the tip of the instrument was flush at the foramen in 29%, and within limits clinically acceptable in 91%.

### Conclusions

Since the working length is very critical in the cleaning and shaping procedure and it may change during the process of the canal preparation, the clinician should use the most reliable methods to select the proper working length and should feel free to check it any time he considers it necessary, without giving useless and dangerous radiations to the patients.

The use of an electronic apex locator of the third generation can highly improve the quality of our endodontic treatments and at the same time significantly reduce the radiations given to our patients.

The clinical impressions after a regular use of the Root ZX on patients can be summarized as follow:

■ The electronic apex locator does not substitute the radiograph, because the clinician still needs information that cannot be done by an electronic measurement, like the presence, direction and amount of a curvature, the presence of additional roots or canals, the position and size of the apical foramen, the thickness of the dentin. Taking a radiograph when the reliable apex locator informs that the foramen has been reached, avoids measurements based on experience, tactile sensation and wrong estimation of the real length of the root canal, leading to instrumentation sometimes too long or sometimes too short from the real terminus of the canal.

## Corrispondenza:

Dr. Massimo Falchetta  
54036 Marina di Carrara (MS)  
Via Muttini, 19  
Tel. 0585/632187-788812

Falchetta M, Castellucci A. Valutazione *in vitro* ed impressioni cliniche del Localizzatore Elettronico Apicale Root ZX. *G It Endo* 1993; 4: 173-182

■ A very precise measurement can be done using instruments as small as 08 or 10 K-files, despite the presence of fluid inside the root canal (blood, pus or sodium hypochlorite), despite the presence of pulp tissue, vital or necrotic.

■ It is advisable to dry with suction the pulp chamber and remove the excess of sodium hypochlorite in order to avoid wrong measurements. It is also to avoid the contact of the measuring file with any metal of any restoration.

■ Readings that were short of the radiographic terminus of the canal often proved to be at the foramen when a radiograph was taken with a different angulation.

■ Calibration of the Root ZX is not required, and this makes the use of the instrument even easier.

The results of this study suggest that the Root ZX has a definitive place in the endodontic armamentarium, being helpful not only whenever it is difficult or impossible to determine the length of a root canal by taking a radiograph, but also in every routine case: radiographs should be taken only after the electronic apex locator informs the operator that the apical foramen has been reached.

**Key words:** Apex locators.  
Endodontics.

## INTRODUZIONE

La buona riuscita di una terapia endodontica può essere ottenuta solo con la conoscenza dell'esatta misura della lunghezza del canale radicolare. Solo in tal modo l'operatore è in grado di eseguire correttamente la sagomatura e l'otturazione del sistema di canali radicolari.

Da molto tempo il metodo più pratico ed accurato per stabilire la lunghezza di lavoro in Endodonzia è quello di osservare un radiogramma endorale eseguito dopo aver posizionato nel canale uno strumento endodontico.

Esistono tuttavia alcune situazioni cliniche

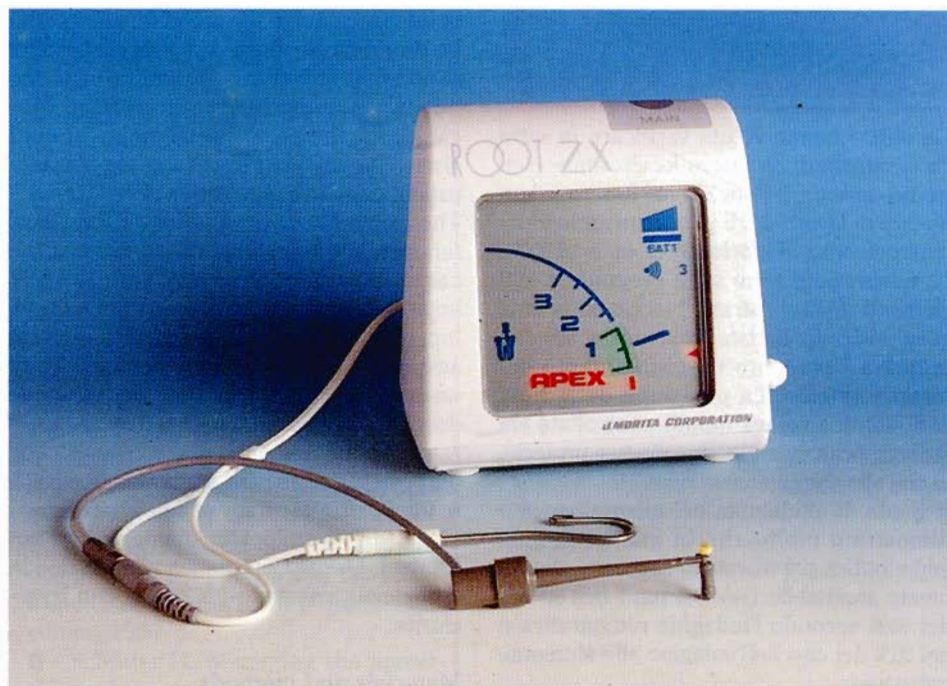


Fig. 1 - Il localizzatore elettronico del forame apicale Root ZX (J. Morita Corporation).

in cui risulta difficile la determinazione radiografica degli apici radicolari come nel caso dei molari superiori per l'interposizione sul cammino dei raggi di strutture radiopache quali il processo zigomatico o radici vicine. Inoltre, per il rischio associato alle radiazioni, soprattutto in pazienti in particolari condizioni cliniche come le donne in gravidanza, gli operatori hanno l'esigenza di trovare modi alternativi per determinare la lunghezza di lavoro durante il trattamento endodontico.

La misurazione elettronica del canale radicolare ha assunto un'affidabilità sempre crescente dai tempi in cui sono apparse le prime ipotesi sulla possibilità di determinare elettronicamente la lunghezza dei canali radicolari (1). Suzuki prima (2), e Sunada poi (3), sono i ricercatori che hanno compiuto i primi esperimenti e realizzato il primo modello sperimentale sulla base del principio che prevede l'esistenza di un rapporto costante di resistenza elettrica tra i tessuti del parodonto superficiale e quelli del parodonto profondo, rappresentati dai tessuti periapicali, quei tessuti cioè che

sono a diretto contatto con il forame apicale, punto di uscita e termine del canale radicolare.

Su questo principio di resistenza elettrica sono stati realizzati i localizzatori elettronici del forame apicale di "prima e seconda generazione". Alcuni di questi strumenti si sono dimostrati affidabili nelle loro misurazioni solo in canali radicolari asciutti denunciando molte limitazioni cliniche che ne pregiudicano l'effettiva utilità (4-16). Le misurazioni elettroniche infatti risultano erranee e inaffidabili quando nel canale è presente sangue, pus o altre soluzioni conduttrici come le stesse soluzioni irriganti di ipoclorito di sodio (4,9,17-23). Queste sostanze si comportano come conduttori elettrici falsando le risposte fornite dai localizzatori. L'impossibilità di ottenere canali radicolari completamente asciutti durante le fasi iniziali del trattamento endodontico, cioè quando più importante risulta la conoscenza dell'esatta misura della lunghezza di lavoro per la sagomatura del sistema di canali radicolari, ha reso questi strumenti poco idonei per il loro utilizzo clinico.



Si è rivelato inutilizzabile clinicamente anche lo strumento, sperimentato da vari autori (21,24-27), basato sulla rilevazione del valore di resistenza elettrica nel canale per mezzo di una apposita sonda-elettrodo rivestita da un materiale isolante. Infatti, pur essendo in grado di eseguire misurazioni in canali contenenti fluidi conduttori, non può essere utilizzato in tutti i canali in quanto lo strato che ricopre la sonda misuratrice ne aumenta il calibro in modo tale da impedirle di raggiungere il forame apicale di canali stretti.

Le teorie di Sunada nell'ultimo decennio sono state rivalutate da una serie di studi sperimentali dai quali emerge che il principio elettrico che permette la localizzazione elettronica del forame apicale non è basato su caratteristiche biologiche particolari dei tessuti bensì è dovuto ad un fenomeno puramente fisico (19,28-31).

Recentemente, sulla base di questi studi, è stato descritto un nuovo principio definito "Frequency dependency of Impedance" basato sulla rilevazione del valore di impedenza all'interno del canale radicolare da misurare (31). Sono stati quindi realizzati dei nuovi localizzatori elettronici del forame apicale definiti di "terza generazione" (32-34), in grado di apprezzare l'incremento del valore di impedenza lungo le pareti del canale radicolare. Questo valore risulta maggiore nella porzione apicale del canale rispetto a quello rilevabile nella sua porzione coronale.

Gli strumenti che sfruttano questo principio di rilevazione sono l'Endex (Osada Electric Co. Inc. LA), realizzato per primo e già sperimentato da alcuni autori (23,33-36) e il Root ZX (J. Morita Corporation) (Fig. 1) di più recente introduzione (33,37,38).

Questi strumenti permettono delle misurazioni che non vengono influenzate da fluidi elettroconduttori in quanto non rilevano direttamente il valore di impedenza all'interno del canale radicolare da misurare, ma lo ricavano dopo l'interpretazione da parte dei circuiti interni dello strumento delle risposte conseguenti all'applicazione per mezzo del file-elettrodo di due diversi segnali di frequenza: 1 e 5 KHz per l'Endex, 400 Hz e 8 KHz per il Root ZX.

L'Endex determina la posizione della punta

del file all'interno del canale calcolando la differenza nel valore di impedenza tra il valore presente a livello dell'elettrodo a contatto con i tessuti parodontali superficiali e quello registrato dal file. La differenza massima si suppone sia avvertibile quando la punta del file raggiunge il forame apicale.

Il Root ZX, invece, sulla base della nuova teoria messa a punto dal suo ideatore (37), consente la localizzazione del forame apicale attraverso il calcolo del rapporto dei due valori di impedenza che si generano dalle due diverse frequenze elettriche. Questo rapporto può essere letto sul visore digitale dello strumento e rappresenta la posizione della punta del file-elettrodo nel canale.

In altre parole la differenza o il rapporto tra i valori di impedenza che si generano per le due diverse frequenze elettriche applicate, non viene influenzata dalle proprietà elettriche del fluido eventualmente presente nel canale radicolare, sia esso sangue, pus o soluzioni irriganti di ipoclorito di sodio. Lo strumento in tal modo è in grado di apprezzare il momento in cui la punta dello strumento endodontico raggiunge il forame apicale.

La nuova teoria, definita "Quotient Theory of electrical measurement of the root canal", consente al Root ZX di eliminare quegli inconvenienti che rendono più complesso l'uso dell'Endex.

Quest'ultimo infatti comincia a misurare solo quando il file-elettrodo si trova a 1-2 mm dal forame apicale e richiede sempre per ogni canale una taratura dello strumento alle condizioni del fluido presente all'interno del canale stesso.

Il Root ZX non ha bisogno di nessuna calibrazione, comincia la misurazione dal primo momento in cui lo strumento viene inserito all'interno del lume canale e, secondo le istruzioni della casa costruttrice e le prime sperimentazioni compiute (33,38), consente di ottenere risposte affidabili sia in canali asciutti che in canali con all'interno un fluido conduttore.

Scopo del presente lavoro è di verificare l'affidabilità *in vitro* del localizzatore apicale Root ZX (J. Morita Corporation) nel localizzare il forame apicale quando nel canale radicolare è presente la soluzione irrigante di ipoclorito di sodio.

## MATERIALI E METODI

Sono stati utilizzati 100 denti umani estratti con apici maturi che comprendevano 75 monoradicoli e 25 elementi pluriradicoli tra premolari e molari conservati in formalina al 10%.

Per valutare l'affidabilità del Root ZX nella misurazione elettronica della lunghezza canale sono state riprodotte le stesse condizioni sperimentali realizzate in precedenza per testare l'Endex (Osada Electric Co. Inc. LA) (23).

Per ricreare *in vitro* le condizioni cliniche di misurazione elettronica canale i denti sono stati posizionati nello stesso dispositivo della precedente sperimentazione scegliendo la soluzione fisiologica come mezzo di conduzione usato per riprodurre il rapporto costante che si realizza nel valore di impedenza tra la mucosa alveolare e i tessuti parodontali profondi.

Dopo aver eseguito la cavità di accesso con le tecniche consuete, si è provveduto ad irrigare lo spazio endodontico con ipoclorito di sodio al 2,5%. A questo punto si inseriva, a contatto con la parete canale contenente l'ipoclorito di sodio, lo strumento "file" la cui misura (08,10,15) era scelta considerando il calibro del canale da misurare.

Una volta acceso il localizzatore e collegato l'elettrodo alla lima endodontica, lo strumento risultava pronto per la misurazione. Avanzando il file all'interno del canale era possibile controllare la posizione della punta della lima dai valori raggiunti dalla scala digitale visibile sul display. Quando la scala raggiungeva il valore 2 il segnale acustico cominciava a suonare lentamente, mentre la barra corrispondente al valore 0,5 lampeggiava. Quando la lima raggiungeva il forame apicale (valore 0 della scala) il segnale acustico cambiava e da intermittente diventava continuo, mentre la parola APEX ed il piccolo triangolo rosso a lato cominciavano a lampeggiare. Al momento dell'effettivo raggiungimento del forame apicale, confermato dal segnale sonoro continuo, il file veniva bloccato in quella posizione attraverso l'otturazione della camera pulpare con un cemento all'ossido di zinco-



eugenolo rinforzato (IRM Caulk). Durante l'indurimento del cemento la posizione dello strumento veniva mantenuta sotto il costante controllo dell'apparecchio. Dopo che il processo di indurimento era completato, ogni dente veniva radiografato utilizzando un tubo radiogeno munito di cono lungo (Oralix Philips 65 Kvp), pellicole Kodak Ultraspeed DF58, un retino millimetrato radiopaco ed un tempo di esposizione di 0,4 secondi. Per ogni elemento dentale il tubo radiogeno veniva mantenuto perfettamente perpendicolare alla pellicola. Per la stima radiografica della lunghezza di lavoro sono state eseguite in modo standardizzato due radiografie per ogni elemento dentario con due diverse angolazioni: la prima mantenendo la superficie vestibolare del dente parallela alla pellicola, in maniera da simulare la posizione ottenibile *in vivo*, e la seconda che permettesse l'indagine radiografica del piano vestibolo-linguale del dente. Le pellicole, sviluppate avvalendosi della sviluppatrice automatica Periomat (Durr Dental), erano codificate con la stessa sigla di riconoscimento dei contenitori in cui venivano inseriti gli elementi dentari al fine di consentire la comparazione, allo stereomicroscopio, dell'immagine radiografica con la diretta osservazione della porzione apicale della radice a livello del forame apicale. Tutti i radiogrammi sono stati osservati e fotografati (Contax 167MT) allo stereomicroscopio (Zeiss Stemi SV 8 West Germany) con l'ausilio di una scala di misurazione che consentiva la rilevazione di misure al decimo di millimetro.

Lo stereomicroscopio ha permesso di studiare il rapporto che la punta dello strumento contraeva con il forame apicale, prima sul radiogramma, poi sulla superficie radicolare esterna in modo da verificare l'esattezza dell'interpretazione radiografica oltre a quella del misuratore elettronico.

Per misurare allo stereomicroscopio la distanza della punta dello strumento dal margine esterno del forame apicale ci si è avvalsi dello strumento stesso come mezzo di misurazione (23). Infatti, gli strumenti endodontici dello stesso tipo di quelli utilizzati per compiere la sperimentazione, indipendentemente dal loro calibro (da 06 a 20), hanno mostrato, dopo un'accurata



**Fig. 2a** - Strumento perfettamente al forame apicale: fotografia eseguita allo stereomicroscopio della radiografia della superficie vestibolare.



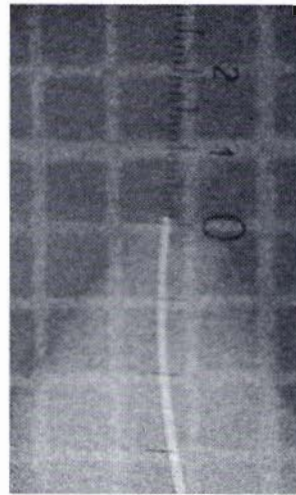
**Fig. 2b** - Fotografia eseguita allo stereomicroscopio della radiografia della superficie mesiale.



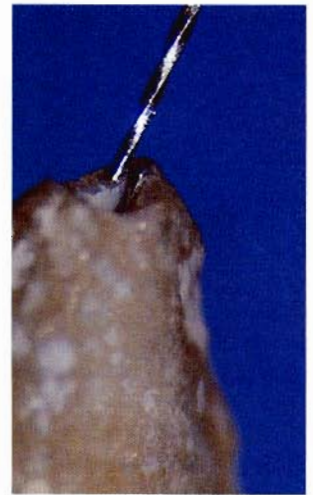
**Fig. 2c** - Visione allo stereomicroscopio della punta dello strumento esattamente a livello del forame apicale (64x).



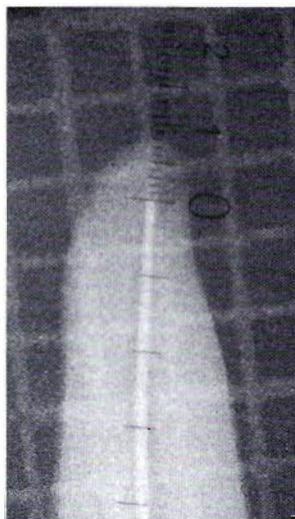
**Fig. 3a** - Strumento giudicato lungo entro limiti clinicamente accettabili: radiografia standard.



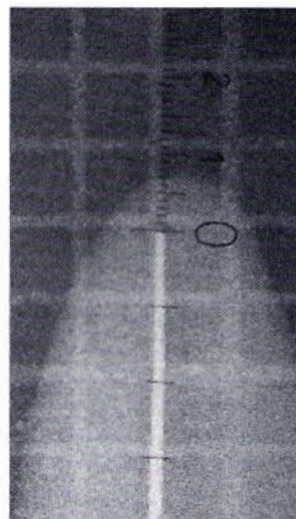
**Fig. 3b** - Radiografia del piano vestibolo-linguale.



**Fig. 3c** - Visione dell'apice radicolare allo stereomicroscopio (64x).



**Fig. 4a** - Strumento giudicato corto entro limiti clinicamente accettabili: radiografia standard.



**Fig. 4b** - Radiografia del piano vestibolo-linguale.



**Fig. 4c** - Fotografia allo stereomicroscopio (64x).



Tab. 1 - Osservazioni allo stereomicroscopio.

N° dente	DISTANZA IN mm DELLA PUNTA DELLO STRUMENTO DALL'APICE		Posizione della punta dello strumento interpretata dalla osservazione diretta*
	nella prima proiezione radiografica	nella seconda proiezione radiografica	
1	0	0	A
2	-0,1	-0,2	C
3	0	0	L
4	0	0	A
5	-0,3	-0,2	L
6	0	-0,1	A
7	0	0	A
8	+0,1	+0,1	L
9	-0,4	-0,3	L
10	-0,2	0	A
11	-0,3	-0,4	A
12	0	0	A
13	-0,2	-0,1	C
14	0	0	A
15	0	-0,2	A
16	-0,2	-0,5	C
17	-0,1	-0,1	C
18	-0,4	-0,3	C
19	-0,5	-0,5	C
20	-0,1	-0,3	A
21	-0,1	-0,1	A
22	-0,9	-0,4	C
23	-0,3	-0,2	A
24	-0,2	-0,4	C
25	-0,1	-0,2	A
26	+0,2	+0,1	L
27	-0,2	0	A
28	-0,6	-0,8	N.A. (corto)
29	-0,3	-0,1	C
30	0	+0,1	L
31	0	-0,1	A
32	-0,2	-0,3	C
33	-0,3	-0,1	C
34	-0,4	-0,4	A
35	-0,3	-0,2	C
36	-0,2	-0,1	C
37	0	0	A
38	-0,5	-0,3	C
39	-0,2	-0,4	C
40	-0,4	-0,2	C
41	-0,8	-0,7	N.A. (corto)
42	-0,1	0	A
43	0	0	A
44	-0,4	-0,5	N.A. (corto)
45	-1,2	-0,9	L
46	-0,1	-0,2	C
47	-0,1	0	A
48	-0,1	-0,3	C
49	-0,2	-0,4	C
50	-0,6	-0,7	N.A. (corto)
51	-0,4	-0,5	C
52	-0,2	-0,1	C
53	-0,1	-0,3	A
54	0	0	A
55	-0,3	-0,1	C
56	-0,3	-0,3	C
57	-0,8	-0,6	N.A. (corto)
58	+0,1	+0,1	L
59	-0,1	-0,2	A
60	-0,2	-0,1	C
61	0	0	A
62	-0,4	-0,2	C

osservazione allo stereomicroscopio, un andamento delle spire che si ripeteva ad una distanza costante: la porzione iniziale dello strumento, costituita dalla punta che può essere paragonata ad una piramide, misurava un decimo di millimetro, mentre la prima spira terminava dopo circa 0,5 mm. A questo punto tutte le volte che si osservava allo stereomicroscopio la superficie esterna della radice di un elemento dentario con lo strumento visibile a livello del forame apicale, si era in grado di quantificare la reale distanza della punta dal margine esterno del forame.

L'interpretazione poteva essere:

□ strumento perfettamente all'apice (A), quando la punta era visibile ed esattamente coincidente con il piano passante attraverso i margini esterni del forame (Fig. 2)

□ strumento lungo (L), ma nell'intervallo clinicamente accettabile, quindi non oltre 0,5 mm (Fig. 3)

□ strumento corto (C), ma di una misura stimata non superiore a 0,5 mm (Fig. 4). In quest'ultimo caso la misurazione è stata ottenuta introducendo, attraverso il forame apicale, la punta di un secondo strumento di calibro molto sottile, andando a ricercare il contatto con la punta del "file" bloccato all'interno del canale radicolare. L'inserimento del secondo strumento è stato eseguito in modo tale che il margine esterno del forame apicale non fosse superato dalla porzione terminale della prima spira, corrispondente alla misura di 0,5 mm.

In tutti i casi in cui lo strumento era posizionato oltre apice per più di 0,5 mm, oppure si dimostrava corto per più di 0,5 mm, in quanto non si verificava il contatto con il secondo strumento, l'interpretazione era di strumento in posizione clinicamente non accettabile (N. A.).

## RISULTATI

La tabella 1 riporta i risultati dell'indagine radiologica comprendente i 200 radiogrammi e quelli relativi alle osservazioni dirette allo stereomicroscopio delle radici a livello dei forami apicali. Nella prima proiezione radiografica riproducente la situazione clini-

(segue)



Tab. 1 - Osservazioni allo stereomicroscopio (segue).

N° dente	DISTANZA IN mm DELLA PUNTA DELLO STRUMENTO DALL'APICE		Posizione della punta dello strumento interpretata dalla osservazione diretta*
	nella prima proiezione radiografica	nella seconda proiezione radiografica	
63	-0,2	-0,3	C
64	-0,2	-0,1	A
65	-0,8	-0,3	C
66	-1	-0,8	C
67	-0,1	0	A
68	0	+0,1	L
69	-0,1	0	A
70	0	0	A
71	-0,1	-0,2	C
72	-0,3	-0,1	L
73	-0,4	-0,5	N.A. (corto)
74	0	0	A
75	+0,1	+0,1	L
76	-0,6	-0,5	N.A. (corto)
77	-0,4	-0,3	C
78	0	+0,1	L
79	-0,2	-0,1	C
80	0	0	A
81	0	0	A
82	-0,4	-0,1	A
83	-0,2	-0,2	C
84	0	0	A
85	-0,5	-0,6	N.A. (corto)
86	+0,1	+0,1	L
87	0	+0,2	L
88	+0,1	+0,1	L
89	-0,3	-0,2	C
90	-0,2	0	A
91	0	-0,1	A
92	-0,2	-0,1	A
93	-0,2	-0,2	C
94	0	-0,1	A
95	0	0	A
96	0	0	L
97	-0,9	+0,2	L
98	-0,1	0	A
99	-0,1	0	A
100	-1,1	-1,0	N.A. (corto)

\* A: Punta dello strumento coincidente con il piano passante per i margini esterni del forame apicale.

C: Posizione corta, ma nei limiti clinicamente accettabili (0 +/- 0,5 mm)

L: Posizione lunga, ma nei limiti accettabili

N. A.: Posizione dello strumento non accettabile

ca, la punta dello strumento si trovava corta rispetto al termine radiografico del canale nell'intervallo compreso tra 0,1 e 0,5 mm nel 56% dei casi, coincideva con esso nel 27% dei casi ed era localizzata tra 0,1 e 0,5 mm oltre il forame nel 6% dei casi (Tab. 2). Nell'89% dei casi, quindi, il margine di errore era nell'intervallo +/- 0,5 mm considerato clinicamente accettabile (20).

Nell'indagine radiologica eseguita con la seconda proiezione il grado di affidabilità raggiungeva il 92%.

Le osservazioni dirette allo stereomicroscopio delle porzioni apicali delle radici in prossimità dei forami apicali hanno consentito di verificare il grado di attendibilità dell'interpretazione radiologica della posizione della punta dello strumento rispetto al forame apicale. La posizione della punta dello strumento è stata valutata nell'intervallo clinicamente accettabile nel 91% dei casi. Quindi solo nove volte su cento la lima è stata bloccata su indicazione del localizzatore in una posizione clinicamente non accettabile, mentre nel 40% dei casi era situata con la punta esattamente al forame apicale (Tab. 3).

## DISCUSSIONE

Nel valutare i risultati di questo studio occorre considerare quanto importante sia la scelta del punto dove si intende far terminare la sagomatura e l'otturazione del sistema di canali radicolari e quindi quale punto sia necessario ricercare per ottenere l'adeguata misurazione canalare con il localizzatore.

È possibile notare, infatti, che alcuni risultati negli studi sui localizzatori non sono direttamente confrontabili tra loro in quanto vengono fornite dai vari autori interpretazioni diverse sull'anatomia della porzione apicale del canale radicolare. Esiste, a nostro avviso, una confusione tra gli operatori e nella letteratura internazionale sulla terminologia e sul significato interpretativo che viene dato in radiografia alla posizione della punta dello strumento quando si trova in questa zona anatomica (39). L'apice radiografico non coincide con l'apice anatomico

visto in radiografia, ma rappresenta il termine radiografico del canale e corrisponde al punto di incontro del canale radicolare, evidenziato dallo strumento endodontico che lo percorre, con il profilo esterno della radice (39).

Anche se teoricamente il punto ideale per fermare la preparazione e l'otturazione canalare è rappresentato dall'apice endodontico o giunzione cemento-dentinale (40-44), in realtà questa localizzazione non è realizzabile clinicamente e a volte risulta difficilmente visualizzabile perfino istologicamente per l'impossibilità di evidenziare un limite di separazione ben definito tra il tessuto pulpare e il tessuto parodontale (40-42,44). Anche nel caso dei localizzatori elet-

tronici diventa difficile questa localizzazione per il fatto che non sempre alla giunzione cemento-dentinale corrisponde il punto di massimo restringimento del lume canalare. Mayeda e coll. hanno affermato che anche un localizzatore di terza generazione come l'Endex riesce a individuare con maggior attendibilità il forame apicale piuttosto che la costrizione apicale (34).

Pare quindi più pratico scegliere il forame apicale, cioè l'apertura del canale radicolare sulla radice, come punto di riferimento sia nella misurazione elettronica del canale che nella interpretazione radiografica della corretta lunghezza di lavoro. Per lo stesso motivo, nelle sperimentazioni cliniche o *in vitro*, la valutazione della posizione della



punta dello strumento, determinata dalla risposta del localizzatore elettronico, risulta maggiormente attendibile se le misurazioni sono eseguite partendo dal forame apicale (23,34).

Anche nel caso del Root ZX il display digitale dello strumento può avvisare l'operatore del raggiungimento della costrizione apicale o del forame apicale, ma a nostro avviso è quest'ultimo il punto di riferimento da prendere in considerazione anche nell'utilizzo clinico dello strumento. Lo stesso libretto di istruzioni fornito dalla casa costruttrice giapponese consiglia di utilizzare il punto di massimo restringimento come termine della preparazione canalare. Il localizzatore è altresì fornito alla base di una vite che consente la regolazione "manuale" della sede di tale punto di massimo restringimento. Potendo quindi essere modificato arbitrariamente dall'operatore, a nostro avviso,

tale punto di repere non può essere considerato affidabile a differenza del forame apicale. A quest'ultimo si potrà poi fare riferimento nel caso si decida di eseguire una preparazione e quindi un'otturazione dell'intero canale radicolare o ci si potrà arretrare nel caso si decida di eseguire una preparazione e quindi un'otturazione "corta".

I risultati di questo studio sull'affidabilità del Root ZX confermano quelli ottenuti da altri autori (33,38). Nelle condizioni sperimentali dello studio, in cui le misurazioni erano effettuate quando nel canale era presente ipoclorito di sodio, il localizzatore si è dimostrato molto affidabile con un margine di errore che rientra nell'intervallo clinicamente accettabile di  $\pm 0,5$  mm nell'89-92% dei casi secondo l'indagine radiologica e nel 91% all'osservazione diretta allo stereomicroscopio.

Occorre comunque ricordare che le sperimentazioni *in vitro* sull'affidabilità dei localizzatori elettronici determinano dei risultati che non possono essere direttamente estrapolati per esprimere l'effettiva efficacia clinica di tali strumenti (35). Tuttavia, sono in grado di permettere una valutazione sul funzionamento del localizzatore riuscendo ad esaminare un numero ampio di variabili che risulterebbe poco pratico da prendere in considerazione con una sperimentazione clinica (35).

Il Root ZX ha mostrato un grado di affidabilità paragonabile a quello dell'altro localizzatore elettronico di terza generazione Endex, ma rispetto a quest'ultimo si differenzia per una maggior semplicità d'uso, che può risultare utile all'operatore durante l'impiego clinico. Per consentire la misurazione, infatti, non necessita di nessuna taratura alle condizioni presenti all'interno del canale radicolare. Inoltre, la misurazione inizia fin dall'introduzione della lima all'interno del lume canalare e non solo dopo che la punta dello strumento endodontico ha raggiunto la porzione apicale del canale. Infine, la misurazione elettronica con il Root ZX risulta possibile anche in canali asciutti permettendo così di eseguire controlli intraoperatori della lunghezza di lavoro anche in queste condizioni.

Il Root ZX presenta altre novità che gli con-

Tab. 2 - Indagine radiografica.

Posizione della punta dello strumento		Prima proiezione radiografica	Seconda proiezione radiografica
Corta rispetto al termine radiografico del canale	- 1,5 mm		
	- 1,4 mm		
	- 1,3 mm		
	- 1,2 mm	1%	
	- 1,1 mm	1%	
	- 1,0 mm	1%	1%
	- 0,9 mm	2%	1%
	- 0,8 mm	3%	2%
	- 0,7 mm		2%
	- 0,6 mm	3%	2%
	- 0,5 mm	3%	6%
	- 0,4 mm	10%	6%
	- 0,3 mm	10%	11%
	- 0,2 mm	18%	14%
	- 0,1 mm	15%	18%
Al termine radiografico del canale	0 mm	27%	26%
Lunga rispetto al termine radiografico del canale	+ 0,1 mm	5%	9%
	+ 0,2 mm	1%	2%
	+ 0,3 mm		
	+ 0,4 mm		
	+ 0,5 mm		

Tab. 3 - Osservazioni dirette allo stereomicroscopio della posizione della punta dello strumento rispetto al forame apicale:

Punta perfettamente al forame apicale	(A)	40%
Punta corta, ma nei limiti clinicamente accettabili $0 \pm 0,5$ mm	(C)	34%
Punta lunga, ma nei limiti clinicamente accettabili $0 \pm 0,5$ mm	(L)	17%
Posizione della punta dello strumento non accettabile	(N.A.)	9%



feriscono ulteriori qualità. Il visore digitale a cristalli liquidi e i circuiti integrati interni sono alimentati da cinque batterie tipo AA. Il consumo risulta molto basso al punto da determinare una durata di carica di circa 100 ore. Lo stato di carica delle batterie può inoltre essere seguito per mezzo di led luminosi visibili sul display. Inoltre nel caso il localizzatore venisse dimenticato acceso esiste uno spegnimento automatico dopo 20 minuti.

Per quanto riguarda il controllo delle infezioni crociate, è possibile sterilizzare in autoclave sia il sostegno dell'elettrodo da collegare alla lima endodontica che l'elettrodo da inserire a contatto dei tessuti gengivali del paziente. Il resto dello strumento può essere disinfettato con le soluzioni disinfettanti comuni.

L'uso di un localizzatore elettronico apicale su pazienti portatori di pace-maker elettronici resta comunque controindicato.

Nell'utilizzo clinico del Root ZX, come accade con gli altri localizzatori elettronici apicali, è necessario evitare il contatto tra il gambo dello strumento ed eventuali otturazioni metalliche o ricostruzioni protesiche che possono falsare le risposte del localizzatore. Per non avere falsi contatti l'esperienza clinica inoltre suggerisce di eseguire le misurazioni dopo aver aspirato l'eccesso di ipoclorito di sodio dalla camera pulpare ed eventualmente dall'uncino della diga. Infine, è consigliabile usare per la misurazione uno strumento endodontico che abbia un minimo di impegno con le pareti del forame apicale.

Durante la preparazione canalare, tuttavia, risulta ancora necessario eseguire delle radiografie non solo per confermare la lunghezza di lavoro determinata dal localizzatore, ma anche per visualizzare il grado e la direzione delle curve del canale radicolare, per valutare gli spessori di dentina, al fine di evitare possibili stripping durante la sagomatura, per accertare la presenza di canali o radici accessorie (Fig. 5) e per localizzare la posizione del forame apicale (Figg. 6, 7) (33,36,45).

L'uso abituale di un affidabile localizzatore elettronico del forame apicale può ridurre comunque sensibilmente il numero di radiografie necessarie per stabilire la lun-



**Fig. 5a** - Il Root ZX è stato in grado in questo caso di determinare il forame di un sottile canale laterale esistente sull'aspetto mesiale della radice palatina del primo molare superiore destro. Radiografia preoperatoria.



**Fig. 5b** - Radiografia di controllo della lunghezza di lavoro indicata dal Root ZX.



**Fig. 5c** - L'introduzione dello strumento endodontico con la precurvatura rivolta in direzione opposta rispetto alla misurazione precedente ha permesso al Root ZX di localizzare un altro forame, esistente al termine di un sottile canale laterale.



**Fig. 5d** - Radiografia postoperatoria: si noti la direzione del canale principale e quella del sottile canale laterale.

ghenza di lavoro: la radiografia viene eseguita solo dopo che il localizzatore ci ha informati circa la posizione del nostro strumento all'interno del canale radicolare.

## CONCLUSIONI

La lunghezza di lavoro di un canale radicolare rappresenta una misura dinamica che

può cambiare durante il processo di strumentazione (46,47). Spesso, soprattutto in canali curvi, durante le varie fasi della terapia endodontica può essere utile controllare la lunghezza di lavoro dei nostri strumenti e l'uso di un localizzatore elettronico apicale affidabile può consentire tale controllo evitando radiazioni inutili ai pazienti.

I localizzatori elettronici apicali di terza generazione rappresentano sicuramente un passo avanti rispetto ai loro predecessori



per la loro facilità d'uso, convenienza ed accuratezza potendo essi lavorare in presenza di tessuto pulpare, liquidi organici, soluzioni irriganti come ipoclorito di sodio, RC Prep, ecc.

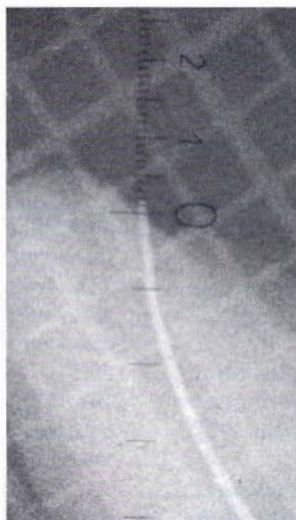
Il Root ZX nella nostra ricerca si è dimostrato preciso entro limiti clinicamente accettabili nell'89-92% dei casi secondo l'indagine radiografica e nel 91% all'osservazione diretta allo stereomicroscopio. Si è dimostrato inoltre di uso estremamente facile non richiedendo alcuna taratura e dando risultati affidabili anche in canali asciutti.

Dopo il controllo radiografico della lunghezza di lavoro, il Root ZX consente un continuo monitoraggio, eliminando così la necessità di ricorrere ad ulteriori esami radiografici.

Possiamo quindi concludere che a nostro parere e in accordo anche con altri autori (36) i localizzatori elettronici apicali di terza generazione e in particolare il Root ZX meritano un posto definitivo nell'armamentario endodontico.



**Fig. 6a** - Nella proiezione standard lo strumento appare corto di circa un millimetro rispetto al termine radiografico del canale.



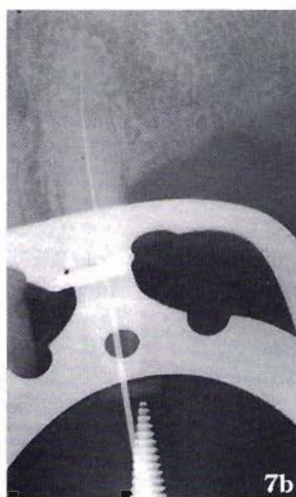
**Fig. 6b** - La seconda proiezione mostra lo strumento esattamente al termine radiografico del canale.



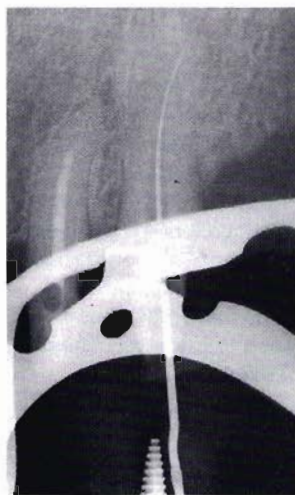
**Fig. 6c** - Lo stereomicroscopio conferma l'affidabilità del Root ZX nel localizzare la sede del forame apicale anche e soprattutto nei casi in cui il canale si affaccia sulla superficie vestibolare o linguale della radice.



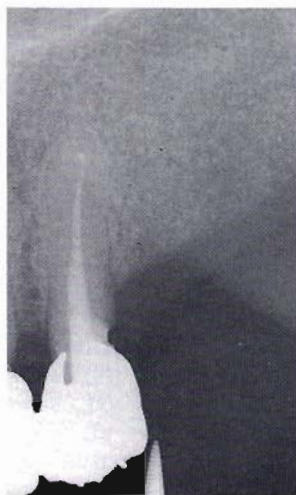
**Fig. 7a** - Radiografia preoperatoria del canino superiore sinistro.



**Fig. 7b** - Radiografia della misurazione della lunghezza di lavoro, eseguita dopo aver determinato la sede del forame apicale con il localizzatore apicale Root ZX: lo strumento "sembra" corto rispetto al termine radiografico del canale.



**Fig. 7c** - Radiografia dello stesso strumento, eseguita con angolazione mesio-distale: lo strumento appare ora al termine radiografico del canale.



**Fig. 7d** - Radiografia postoperatoria eseguita con angolazione standard.



**Fig. 7e** - Radiografia postoperatoria eseguita con angolazione mesio-distale.



## BIBLIOGRAFIA

- 1 - Custer LW. Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc* 1916; 5: 815-9
- 2 - Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *J Jpn Stomatol* 1942; 411-17
- 3 - Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Jpn Stomatol* 1958; 25: 161-71
- 4 - O'Neill LJ. A clinical evaluation of electronic root canal measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 38: 369-73
- 5 - Blank LW, Tenca JJ, Pelieu G B. Reliability of electronic measuring devices in endodontic therapy. *J Endod* 1975; 1: 141-5
- 6 - Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H. Clinical investigations of measuring working lengths of root canals with electronic device and digital-tactile sense. *J Am Dent Assoc* 1975; 90: 379-87
- 7 - Plant JJ, Newman RF. Clinical evaluation of the Sono-Explorer. *J Endod* 1976; 2: 215-6
- 8 - Busch LR, Chiat LR, Goldstein LE. Determination of the accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. *J Endod* 1976; 2: 295-7
- 9 - Suchde RV, Talim ST. Electronic Ohmmeter: an electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977; 43: 141-50
- 10 - Dahlin J. Electronic measuring of the apical foramen: a new method for diagnosis and endodontic therapy. *Quintessence Int* 1979; 1: 13-22
- 11 - Becker GJ, Lankeima P, Wesselink PR. Electronic determination of root length. *J Endod* 1980; 6: 876-80
- 12 - Chunn CB, Zardiackas LD, Menke RA. *In vivo* root canal length determination using the Foramer. *J Endod* 1981; 7: 515-20
- 13 - Trope M, Rabie G, Tronstad L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 142-5
- 14 - Tidmarsh BG, Sherson W, Stalker NI. Establishing endodontic working length: a comparison of radiographic and electronic methods. *N Z Dent J* 1985; 81: 93-6
- 15 - Berman LH, Fleishman SB. Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. *J Endod* 1984; 10: 164-7
- 16 - Abbott PV. Clinical evaluation of an electronic root canal measuring device. *Aust Dent J* 1987; 32: 17-21
- 17 - Farber JP, Bernstein M. The effect of instrumentation on root canal length as measured with an electronic device. *J Endod* 1983; 9: 114-5
- 18 - Kurahara J. Neosono-D: is it accurate? *Hawaii Dent J* 1985; 16: 8-10
- 19 - Huang L. Clinical experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *J Endod* 1987; 13: 60-4
- 20 - Fouad AF, Krell KV. An *in vitro* comparison of five root canal length measuring instruments. *J Endod* 1989; 15: 573-7
- 21 - Fouad AF, Krell KV, McKendry D J, Koorbusch GF, Olson RA. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod* 1990; 16: 446-9
- 22 - Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 72: 238-42
- 23 - Castellucci A, Falchetta M, Becciani R. Affidabilità *in vitro* di un nuovo localizzatore elettronico del forame apicale. *G It Endo* 1992; 3: 109-19
- 24 - Hasegawa K, Iitsuka H, Takei M, Nihei M, Ohashi M. A new method and apparatus for measuring root canal length. *J Nihon Univ Sch Dent* 1986; 28: 117-28
- 25 - McDonald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the apex locator Endocater. *J Endod* 1990; 16: 5-8
- 26 - Keller ME, Brown CE, Newton CW. A clinical evaluation of the Endocater: an electronic apex locator. *J Endod* 1991; 17: 271-4
- 27 - Himel VT, Schott RN. An evaluation of the durability of apex locator insulated probes after autoclaving. *J Endod* 1993; 19: 392-4
- 28 - Ushiyama J. New principle and method for measuring the root canal length. *J Endod* 1983; 9: 97-104
- 29 - Takei M. Basic studies on the electronic method for measuring the root canal length. Effect of surface area of electrode and diameter of glass model root tube on the meter-indicating values. *Jpn J Dent Mat* 1983; 2: 290-7
- 30 - Hasegawa K, Iitsuka M, Takei M. Clinical application of Endotape. (Abstr. 74) *J Dent Res* 1985; 64: 744
- 31 - Yamaoka M, Yamashita Y, Saito T. Electrical root canal measuring instrument based on a new principle: makes measurements possible in wet root canals. Tokyo, Nihon University School of Dentistry 1989
- 32 - McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am* 1992; 2: 304
- 33 - Christie WH, Peikoff MD, Hawrish CE. Clinical observations on a newly designed electronic apex locator. *J Can Dent Assoc* 1993; 59(9):765-72
- 34 - Mayeda DL, Simon JHS, Aymar DF, Finley K. *In vivo* measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod* 1993; 19(11): 545-8
- 35 - Fouad AF, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod* 1993; 19: 63-7
- 36 - Frank AL, Torabinejad M. An *in vivo* evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod* 1993; 19: 177-9
- 37 - Kobayashi C, Matoba K, Suda H, Sunada I. New practical model of the division method electronic root canal length measuring device. *J Jap Endo Soc* 1991; 12: 143-8
- 38 - Kaufman AV, Katz A. Reliability of Root ZX apex locator tested by an *in vitro* model. Research Seminars, Abstract 69. *J Endod* 1993; 19(4): 201
- 39 - Castellucci A, Falchetta M, Sinigaglia F. La determinazione radiografica della sede del forame apicale. *G It Endo* 1993; 3: 114-122
- 40 - Coolidge ED. Anatomy of the root apex in relation to treatment problems. *J Am Dent Assoc* 1929; 16: 1456-65
- 41 - Orban B. Why root canals should be filled to dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc* 1930; 17: 1086-7
- 42 - Skillen WG. Why root canals should be filled to dentinocemental junction. *J Am Dent Assoc* 1930; 17: 2082-90
- 43 - Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955; 50: 544-52
- 44 - Castellucci A, Becciani R. Motivazioni biologiche dell'otturazione canalare. *G It Endo* 1988; 2: 16-26
- 45 - Castellucci A. *Endodonzia*. Prato: Edizioni Odontoiatriche Il Tridente, 1993; 348-73
- 46 - Caldwell JL. Change in working length following instrumentation of molar canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1976; 41: 114-8
- 47 - Farber JP, Bernstein M. The effect of instrumentation on root canal length as measured with an electronic device. *J Endod* 1983; 9: 114-5