

\*Arnaldo Castellucci  
 \*\*Massimo Falchetta  
 \*\*\*Riccardo Becciani

\*Docente di Endodonzia  
 Scuola di Specializzazione in Odontostomatologia  
 Università degli Studi di Siena  
 Istituto Policattedra di Discipline  
 Odontostomatologiche  
 Direttore: Prof. Egidio Bertelli

\*\*Dottore in Odontoiatria e Protesi Dentaria  
 Libero Professionista  
 \*\*\*Specialista in Odontostomatologia  
 Università degli Studi di Siena  
 Istituto Policattedra di Discipline  
 Odontostomatologiche  
 Direttore: Prof. Egidio Bertelli

# Affidabilità *in vitro* di un nuovo localizzatore elettronico del forame apicale

Determining the accuracy of new electronic device for locating *in vitro* the apical foramen

## RIASSUNTO

Scopo del presente lavoro è quello di verificare *in vitro* l'accuratezza di un nuovo localizzatore elettronico apicale nel fornire la lunghezza di lavoro degli strumenti endodontici, eseguendo le misurazioni in presenza di ipoclorito di sodio, la soluzione irrigante routinariamente utilizzata in Endodonzia. In 100 elementi dentari estratti, la lima introdotta nel canale radicolare irrigato di ipoclorito di sodio al 2,5% è stata fissata nella posizione in cui il localizzatore indicava la presenza del forame apicale.

L'affidabilità delle risposte dell'apparecchio è stata verificata, per ogni elemento dentario, osservando allo stereomicroscopio due radiografie, eseguite con due diverse incidenze angolari e valutando direttamente, sempre allo stereomicroscopio, la posizione dello strumento a livello del forame apicale. Il grado di affidabilità del localizzatore si è dimostrato molto alto: lo strumento, infatti, si è trovato nella posizione considerata " clinicamente accettabile" di  $\pm 0,5$  mm, nell'81-83% secondo i risultati dell'indagine radiologica e nell'89% secondo quelli delle osservazioni dirette allo stereomicroscopio.

Nonostante vi sia la necessità di un controllo del comportamento *in vivo* di questo strumento con un'accurata sperimentazione clinica, l'affidabilità dimostrata *in vitro* in presenza di ipoclorito di sodio sembra eliminare i problemi che limitavano l'uso dei localizzatori finora ideati.

**Parole chiave:** Apparecchiature odontoiatriche. Endodonzia.

Tessuti periapicali.

## SUMMARY

The purpose of this study was to determine *in vitro* the accuracy of a new electronic device for locating the apical foramen using sodium hypochlorite, the irrigating solution most widely used in Endodontics.

In one hundred extracted teeth the file was inserted into the canal irrigated with 2,5% NaOCl and then locked into place with IRM when the apex locating device indicated that the apical foramen had been reached. Each tooth was then x-rayed from two different angles and the radiographs evaluated under a stereomicroscope.

The degree of accuracy of the device was found to be quite high. In fact, x-rays showed the device to be 81-83% accurate and the stereomicroscope showed an 89% accuracy,  $\pm 0,5$  mm in both cases.

Although the accuracy of the apical foramen locating device still needs to be clinically experimented *in vivo*, its accuracy resulting from *in vitro* experimentation using sodium hypochloride seems to have eliminated the problems connected with the apical foramen locating devices in use up to the present time.

**Key Words:** Dental equipment. Endodontics. Periapical tissue.

## INTRODUZIONE

Il successo di una terapia endodontica è legato alla corretta esecuzione di alcune fasi fondamentali: l'apertura della cavità di accesso, la detersione e sagomatura del canale radicolare ad una lunghezza predefinita e l'otturazione tridimensionale.

Gli ultimi due obiettivi possono essere raggiunti solo con un'accurata misurazione del canale radicolare (1).

Il metodo più comune per valutare la lunghezza del canale è basato sull'uso di radiografie. Sebbene le tecniche radiografiche abbiano raggiunto un grado di affidabilità tale da consentire un'accurata determinazione della lunghezza di lavoro, questa tecnica presenta degli svantaggi in particolari

situazioni.

Per ottenere delle buone informazioni dalle immagini radiologiche evitando distorsioni dimensionali occorre eseguire delle proiezioni utilizzando la tecnica dei raggi paralleli e rispettare un protocollo accurato di sviluppo delle pellicole che allunga i tempi della terapia. Inoltre si rende necessaria una esposizione ripetuta del paziente alle radiazioni.

Castellucci A, Falchetta M, Becciani R. Affidabilità *in vitro* di un nuovo localizzatore elettronico del forame apicale. *G It Endo* 1992; 3: 109-119

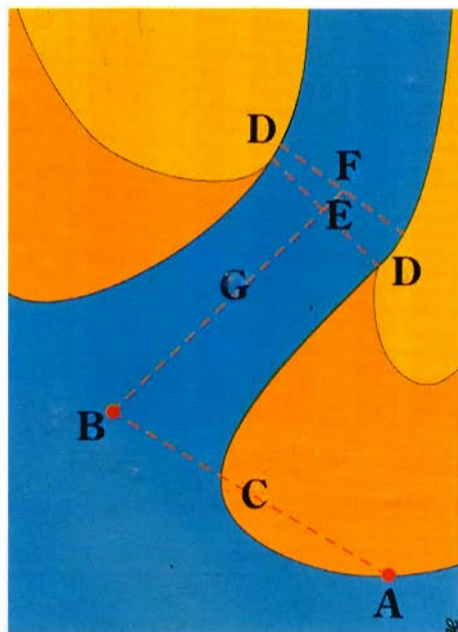


Fig. 1 - Nomenclatura della porzione apicale di una radice.



Fig. 2 - In casi particolari il forame apicale può aprirsi molti millimetri dall'apice anatomico della radice.



Fig. 3 - Una calcificazione che restringe il lume canalare nel terzo apicale della radice può essere scambiata per la giunzione cemento-dentinale se ci si affida alla percezione tattile.

Le immagini ottenute inoltre devono essere correttamente interpretate in quanto rappresentano delle riproduzioni bidimensionali di strutture tridimensionali. Esistono quindi dei limiti del metodo radiologico soprattutto per le variazioni anatomiche dello spazio endodontico nel punto di uscita dei canali radicolari.

La porzione apicale di una radice, infatti, è una struttura anatomica molto complessa e variabile per cui molto spesso la posizione del forame apicale non coincide con l'apice anatomico (2, 3, 4) creando errori di valutazione nell'interpretazione radiologica.

Per **apice anatomico** si intende il vertice geometrico della radice (A); per **apice endodontico** od **apice fisiologico** il punto di massimo restringimento del lume canalare corrispondente alla giunzione cemento-dentinale (E); per **forame apicale** l'apertura del canale radicolare sulla superficie esterna della radice (F) (Fig. 1); infine per **apice radiografico** o meglio per termine radiografico del canale, gli autori intendono il punto di incontro del canale radicolare,

evidenziato dallo strumento endodontico che lo percorre, con il profilo esterno della radice.

Alcuni autori (5, 6) hanno suggerito un valore arbitrario di 0,5-1 mm da sottrarre alla lunghezza radiografica in quanto il termine ideale della preparazione e otturazione del canale è considerata la giunzione cemento-dentinale che è rappresentata da un restringimento del lume canalare posto a breve distanza dal forame radicolare (7). Palmer e coll. (6) sostengono, infatti, che quando la lima appare esattamente all'apice nella radiografia in realtà si trova 1 mm o più oltre il forame apicale.

Kutler (4), nel suo studio compiuto su denti estratti, ha trovato che la distanza media tra il punto di minor diametro (apice fisiologico) e il forame apicale è di 0,524 mm del gruppo di denti di 18-25 anni e di 0,659 mm in quello di denti di oltre 55 anni.

La strumentazione del canale eseguita a 0,5 mm dal termine radiografico del canale tuttavia può determinare ugualmente un errore di sovrastrumentazione se il forame

apicale fosse distante 2-3 mm dall'apice anatomico (Fig. 2) o di sottostrumentazione nel caso in cui il forame e l'apice anatomico fossero coincidenti. D'altra parte i metodi di percezione tattile per valutare il punto di costrizione apicale (8), che alcuni operatori clinici ancora suggeriscono, non hanno un valore scientifico in quanto si basano solo sull'esperienza dell'operatore che può essere facilmente indotto all'errore. Ad esempio una calcificazione che restringe il lume canalare a molti millimetri dalla vera giunzione cemento-dentinale può essere scambiata per il punto in cui terminare la preparazione (9) (Fig. 3).

Tutti questi problemi fanno nascere l'esigenza di un metodo alternativo di accertamento dell'esatta misura del canale radicolare.

La determinazione elettronica della lunghezza di lavoro è un metodo alternativo che ha suscitato l'interesse di numerosi ricercatori da molti anni per gli ampi vantaggi che potrebbe fornire alla terapia endodontica. Nel 1916 Custer (10) fu il primo che suggerì l'uso di una corrente elettrica per

valutare la lunghezza del canale radicolare. Tuttavia una base razionale scientifica che ha permesso la sperimentazione dei primi strumenti misuratori della lunghezza canale è stata fornita molti anni più tardi grazie agli studi di Suzuki (11) e Sunada (12). A quest'ultimo autore si deve la teoria su cui si basa la maggior parte degli attuali localizzatori elettronici: la resistenza elettrica misurata a livello dei tessuti parodontali profondi e dei tessuti gengivali si mantiene costante in ogni individuo e non è influenzata né dall'età del paziente né dal tipo e forma di dente.

Huang (13) recentemente, tuttavia, eseguendo una sperimentazione *in vitro* in cui lubrificanti di vetro di vario calibro erano immersi in una soluzione salina, ha affermato che il fenomeno elettrico descritto da Sunada non è dovuto a particolari caratteristiche biologiche dei tessuti, ma si dimostra un processo puramente fisico in cui si mantengono costanti i valori di impedenza elettrica. Questa spiegazione del fenomeno, anche se non ancora supportata da un'articolata sperimentazione, era stata ipotizzata da Huang (14) già nel 1959 dopo la pubblicazione delle teorie di Sunada.

Sulla base di questo fenomeno elettrico sono stati realizzati i localizzatori elettronici del forame radicolare che risultano costituiti da due elettrodi: un'estremità viene messa a contatto dei tessuti gengivali e l'altra, collegata ad una sonda che può essere uno strumento canale, raggiunge il forame apicale prendendo contatto con i tessuti parodontali profondi. Al momento del contatto i valori di resistenza elettrica diventano identici e lo strumento è in grado di avvisare l'operatore del raggiungimento del punto di uscita endodontico con un segnale sonoro o attraverso una indicazione analogica su di una scala graduata.

Dopo la creazione dei primi modelli sperimentali (15-17) sono stati messi a punto modelli sempre più perfezionati e molti ricercatori li hanno sperimentati per valutare la validità del loro impiego clinico e la loro affidabilità sia *in vitro* che con studi sul paziente (5, 8, 12, 18-34).

Fouad e coll. (28) hanno comparato *in vitro* 5 diversi modelli di localizzatori: Exact-apex (Ellman International Hewlett NY),



Fig. 4 - Il localizzatore elettronico del forame apicale Endex (Osada Electric Co. LTD Tokyo).

Endocater (Hygenic Corp. Akron OH), Neosono-D (Amadent Cherry Hill NJ), Apex-Finder (Analytic Technology Redmond WA), Sono-Explorer Mark III (Union Broach York PA). Le misurazioni si sono dimostrate molto attendibili, senza una significativa differenza di affidabilità tra i vari strumenti, quando erano eseguite in denti con canali diritti, asciutti e con apici maturi. Tutti gli strumenti mostravano tuttavia delle alterazioni dei valori di misurazione quando nei canali era presente sangue o ipoclorito di sodio.

In un ulteriore studio gli stessi autori (29) hanno impiegato i medesimi strumenti per valutarne l'affidabilità nell'impiego clinico. Le misurazioni ottenute con i localizzatori confrontate con le interpretazioni radiografiche della lunghezza canale hanno mostrato un grado di accuratezza di poco superiore alle stime radiografiche. Il criterio di affidabilità scelto era quello di considerare accurato un valore che si scostasse dalla misura reale di  $\pm 0,5$  mm. I risultati ottenuti hanno spinto gli autori a considerare utile

l'uso dei localizzatori ma non in grado di sostituire il controllo radiografico.

Analizzando la letteratura internazionale si può notare quindi che esiste una concordanza di opinioni tra i vari autori nel ritenere i localizzatori elettronici molto affidabili solo quando la misurazione viene effettuata in canali asciutti e in apici maturi. Molti ricercatori e le case produttrici degli strumenti, infatti, hanno affermato empiricamente che la presenza nel canale di fluidi conduttori come ipoclorito di sodio (19, 20, 24, 25, 28, 33), sangue e pus (24, 25), anestetici locali (24, 25), umidità o soluzione salina (13, 17, 18, 20, 21, 25), compromettono l'accuratezza delle misurazioni dei localizzatori.

Alcuni autori sostengono, inoltre, che il diametro del forame apicale ha grande influenza sull'accuratezza delle misure endometriche (13, 27). Quando il diametro supera 0,5 mm i risultati delle misurazioni elettroniche possono differire dalla corretta lunghezza di lavoro.

In questi ultimi anni è stato messo a punto

un nuovo localizzatore elettronico del forame apicale (Endex, Osada Electric Co. LTD Tokyo) basato su un nuovo principio definito "Frequency Dependency of Impedence" (35). Lo strumento (Fig. 4) calcola la differenza nel valore di impedenza per due diverse frequenze di 1 e 5 KHz applicate con il file-elettrodo all'interno del canale radicolare. Con questo dispositivo sono ritenute possibili le misurazioni della lunghezza di lavoro e la localizzazione del forame apicale in presenza di ipoclorito di sodio, sangue, pus etc. (36).

Yamashita (37) ha sperimentato questo strumento su denti estratti utilizzando soluzione salina per bagnare i canali radicolari che dovevano essere misurati. I risultati mostrano che in oltre l'80% dei casi lo strumento localizzava il forame apicale con un margine di errore di  $\pm 0,1$  mm dal valore esatto mentre nei casi rimanenti l'errore era limitato a 0,5 mm.

Scopo del presente lavoro è di verificare se questo nuovo tipo di localizzatore apicale Endex (Osada Electric Co. Inc. LA) è in grado di fornire risultati affidabili anche 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 72 monoradicolati e 28 elementi pluriradicolati tra premolari e molari. I denti, che prima del loro utilizzo erano conservati in formalina al 10%, sono stati posizionati in un dispositivo in grado di ricreare *in vitro* le condizioni cliniche di misurazione elettronica della lunghezza canale (Fig. 5).

Per simulare il rapporto costante che si realizza nel valore di impedenza tra la mucosa alveolare e i tessuti parodontali profondi si è utilizzato come mezzo di conduzione la soluzione fisiologica.

Il dispositivo era costituito da una vaschetta contenente una spugna imbevuta della soluzione salina. Al centro poteva essere posizionato un dente in modo che soltanto la radice venisse a contatto con la soluzione conduttrice. L'elettrodo del localizzatore ve-

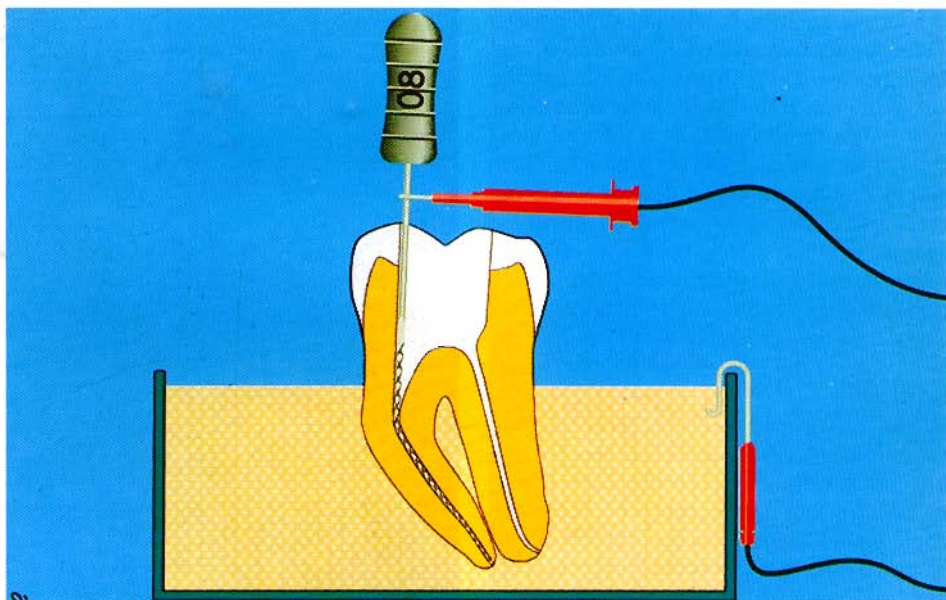


Fig. 5 - Il dispositivo nel quale venivano inseriti i denti della sperimentazione è servito per riprodurre le condizioni cliniche che si verificano durante il trattamento endodontico.

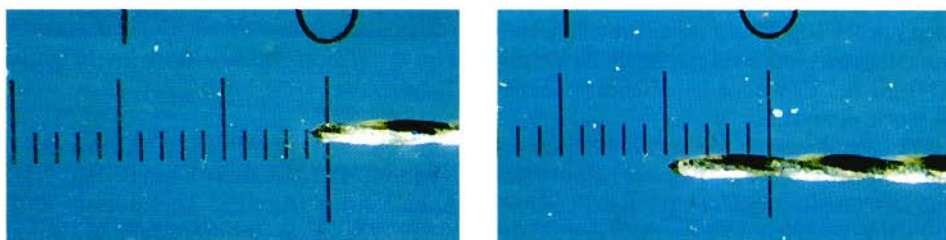


Fig. 6 - 7 - La punta di un "file" misura, allo stereomicroscopio, un decimo di millimetro, mentre la prima spira termina dopo 0,5 mm.

niva poi introdotto su un lato della vaschetta a contatto della stessa soluzione salina.

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. Collegando l'elettrodo allo strumento era possibile tarare il localizzatore alle condizioni del canale radicolare e l'apparecchio risultava quindi pronto per la misurazione. Avanzando il file all'interno del canale era possibile osservare l'aumento dell'impedenza elettrica sul visore analogico. Al momento dell'ef-

fettivo raggiungimento del forame radicolare, confermato da un segnale sonoro continuo, il file veniva bloccato in quella posizione attraverso l'otturazione della camera pulpale 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 elemento dentario veniva radiografato utilizzando un tubo radiogeno munito di cono lungo (Oralix Philips 65 Kvp), pellicole Kodak Ultraspeed DF58 e un tempo di esposizione di 0,4 secondi. Per ogni elemento dentale il tubo radiogeno è stato mantenuto perfettamente perpendicolare

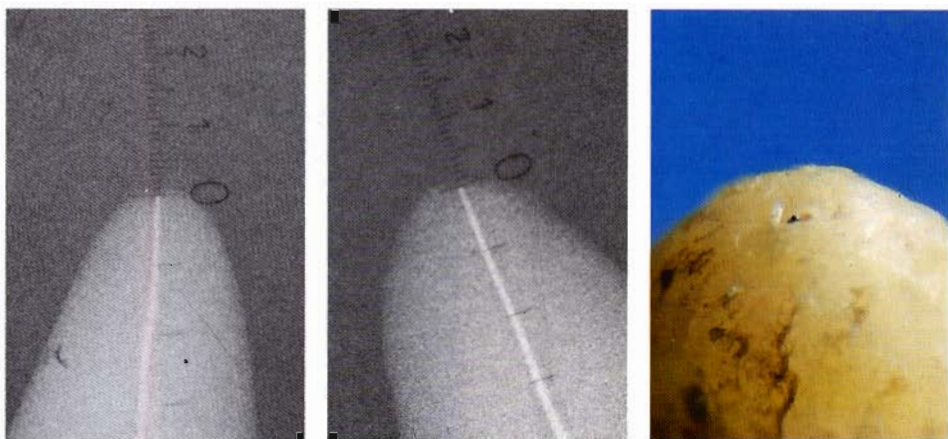
alla pellicola ad una distanza di 20 millimetri, in modo che lo strumento si trovasse sempre nella stessa posizione rispetto al tubo e alla pellicola.

Per la stima radiografica della lunghezza canalare sono state eseguite in modo standardizzato due radiografie, per ogni elemento dentario, con due diverse angolazioni: una mantenendo la superficie vestibolare del dente parallela alla pellicola, in maniera da simulare la posizione ottenibile *in vivo*, ed una che permettesse l'indagine radiologica del piano vestibolo-linguale del dente.

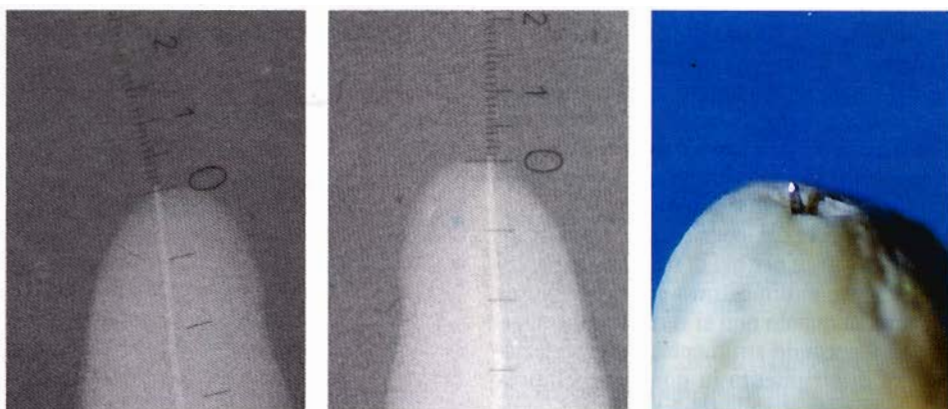
Le pellicole, sviluppate avvalendosi della sviluppatrice automatica Periomat (Durr Dental), erano codificate con la stessa sigla di riconoscimento dei contenitori in cui venivano inseriti gli elementi dentari al fine di consentire la comparazione, allo stereomicroscopio, dell'immagine radiografica con la diretta osservazione della porzione apicale della radice a livello del forame apicale. Tutti i radiogrammi sono stati osservati e fotografati (Contax 167 MT) 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.

Per quantificare il grado di accuratezza delle misurazioni compiute sulle immagini radiografiche si è cercato di valutare il fattore di distorsione dimensionale. Per raggiungere tale scopo è stata radiografata una barretta metallica di lunghezza nota, verificata accuratamente per mezzo di un calibro e allo stereomicroscopio mediante la stessa scala di misura usata per osservare le pellicole. La proiezione radiografica è stata eseguita cercando di riprodurre le stesse condizioni spaziali che ogni strumento canalare assumeva durante l'indagine, dopo il suo inserimento all'interno del canale radicolare. La misura radiologica ha mostrato un ingrandimento di lievissima entità valutabile attorno al 2% e pertanto di importanza trascurabile. 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.

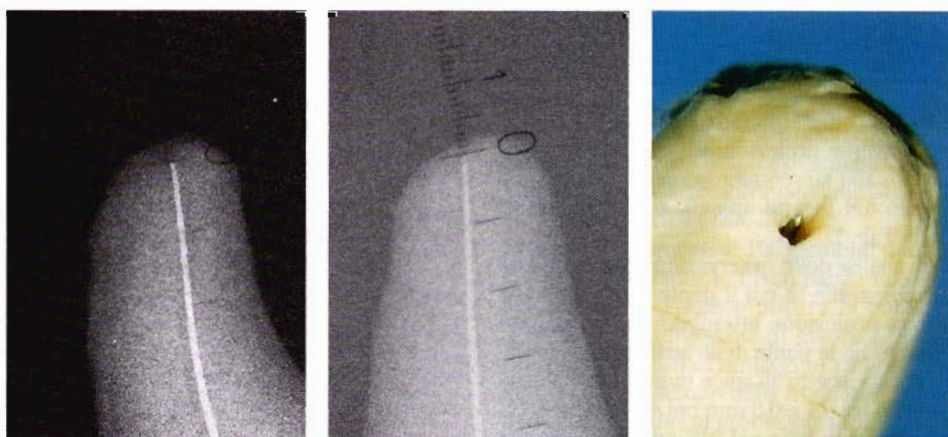
Per misurare allo stereomicroscopio la di-



Figg. 8 - 9 - 10 - Strumento perfettamente al forame apicale.



Figg. 11 - 12 - 13 - Strumento "lungo", visibile oltre il forame apicale.



Figg. 14 - 15 - 16 - Strumento "corto" rispetto al forame apicale

stanza della punta dello strumento dal margine esterno del forame apicale ci si è avvalsi dello strumento stesso come mezzo di misurazione. 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 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 (Figg. 6, 7).

A questo punto tutte le volte che si osservava allo stereomicroscopio la superficie e-

sterna 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 (Figg. 8-10)
- strumento lungo (L), ma nell'intervallo clinicamente accettabile, quindi non oltre 0.5 mm (Figg. 11-13)
- strumento corto (C), ma di una misura stimata non superiore a 0.5 mm (Figg. 14-16): 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 (Fig. 17).

In tutti i casi in cui lo strumento era posizionato oltre apice per più di 0,5 mm (Figg. 18-20), 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.).

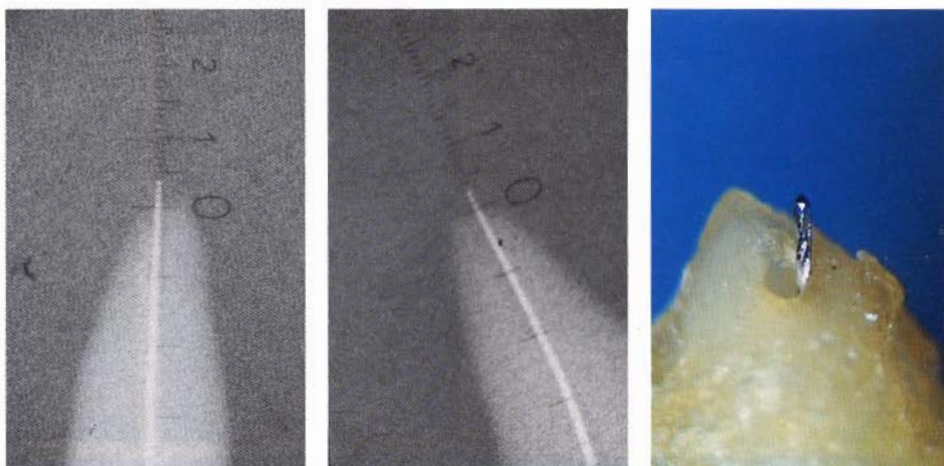
## RISULTATI

I risultati dell'indagine radiologica con le due diverse proiezioni e delle osservazioni dirette allo stereomicroscopio delle radici a livello dei forami apicali, sono presentati nella Tab. 1.

Dall'analisi delle osservazioni compiute sulle radiografie in cui il dente è ripreso nella stessa proiezione ottenibile *in vivo*, si può notare che la punta dello strumento si trovava corta rispetto all'apice radiografico nell'intervallo tra 0,1 e 0,5 mm nel 42% dei casi, coincideva con esso nel 34% ed era localizzata tra 0,1 e 0,5 mm oltre apice nel 5% dei casi (Tab. 2). Ciò significa che nell'81% dei casi il margine di errore era nell'intervallo com-



Fig. 17 - Un secondo strumento introdotto attraverso il forame apicale cerca il contatto con la punta del "file" bloccato all'interno del canale.



Figg. 18 - 19 - 20 - Strumento in posizione "clinicamente non accettabile" in quanto posizionato oltre il forame apicale per più di 0,5 mm.

Tab. 1

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	L
2	0	0	A
3	-0,5	-0,1	C
4	-0,1	-0,1	A
5	-0,2	-0,2	A
6	0	0	A
7	0	-0,1	A
8	-1,3	-1,3	N.A.
9	0	0	L
10	0	+0,1	L
11	-0,2	-0,2	C
12	0	-0,4	A
13	0	-0,9	A
14	0	0	A
15	0	0	A
16	0	-0,1	A
17	+0,3	+0,3	L
18	0	-0,2	A
19	-0,4	-0,5	C
20	-0,1	-0,3	C
21	0	-0,1	L
22	-0,7	-0,4	C
23	0	0	A
24	-1,5	-1,5	N.A.
25	-0,2	0	L
26	0	0	L
27	-0,3	-0,1	C
28	-0,1	0	A
29	-0,5	-0,1	L
30	-0,9	-0,8	N.A.
31	0	-0,4	A
32	0	0	A
33	-0,4	0	A
34	0	-0,2	L
35	+0,1	+0,1	L
36	-0,3	-0,2	C
37	0	0	A
38	-0,1	0	L
39	-0,3	-0,1	C
40	-0,5	-0,5	N.A.
41	-1,9	-0,1	C
42	-0,2	-0,5	A
43	-0,2	-0,6	C

Tab. 1

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	
44	-0,7	0	A
45	-0,2	-0,1	A
46	0	0	A
47	0	0	L
48	-0,7	-0,9	N.A.
49	-0,1	0	A
50	-0,1	-0,6	C
51	-0,5	-0,2	A
52	-0,1	-0,4	C
53	-0,6	-0,3	C
54	0	0	A
55	-0,5	-0,2	C
56	-0,2	-0,2	A
57	0	-0,7	L
58	0	+0,1	L
59	-0,2	-0,1	A
60	0	0	A
61	-1,1	-1,1	N.A.
62	-0,4	-0,2	C
63	-0,6	-0,3	L
64	-0,8	-0,3	N.A.
65	-0,6	-0,3	A
66	-0,3	-0,6	A
67	-0,2	-0,3	C
68	-0,3	-0,2	C
69	+0,1	+0,1	L
70	-0,5	+0,4	L
71	-0,1	+0,6	L
72	0	0	L
73	-0,2	-0,1	A
74	-0,2	0	A
75	-0,2	0	C
76	-0,4	-0,1	C
77	-0,3	-0,1	L
78	+0,2	0	L
79	-0,1	-0,2	A
80	0	0	L
81	0	0	L
82	0	+0,1	L
83	+0,8	+0,8	L
84	-0,2	-0,1	C
85	-0,2	-0,3	L
86	-0,8	-1,5	N.A.
87	-0,1	-0,1	A
88	0	-0,3	A
89	0	0	A
90	0	0	A
91	0	-0,5	A
92	-1	-1	N.A.
93	0	-0,2	A
94	+0,2	+0,2	L
95	-1,1	-1	N.A.
96	-0,5	-0,3	C
97	-0,3	-0,4	C
98	-1	-1	N.A.
99	-1,6	-0,1	C
100	-1	0	A

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

C: Posizione corta, ma nei limiti accettabili clinicamente ( $0 \pm 0,5$  mm)

L: Posizione lunga, ma nei limiti accettabili

N.A.: Posizione dello strumento non accettabile

preso tra  $\pm 0,5$  mm che è stato proposto da Fouad e coll. nel 1989 (28) come il margine di errore clinicamente accettabile.

La distanza tra il termine radiografico del canale e la punta dello strumento è risultata di  $-0,27$  mm  $\pm 0,42$  (Deviazione Standard) (Fig. 21).

Nell'indagine radiologica eseguita con la seconda proiezione l'intervallo di affidabilità raggiunge l'83% e la distanza tra il termine radiografico del canale e la punta dello strumento è di  $-0,22$  mm  $\pm 0,38$  (Deviazione Standard).

Le osservazioni allo stereomicroscopio della superficie radicolare di ogni elemento dentario hanno permesso di verificare il grado di attendibilità dell'interpretazione radiologica della posizione della punta dello strumento rispetto al forame apicale: solo nell'11% dei casi lo strumento si è trovato in una posizione clinicamente inaccettabile, mentre nel 37% era situato esattamente al forame apicale e complessivamente aveva una posizione che restava nell'intervallo utile nell'89% dei casi (Tab. 3).

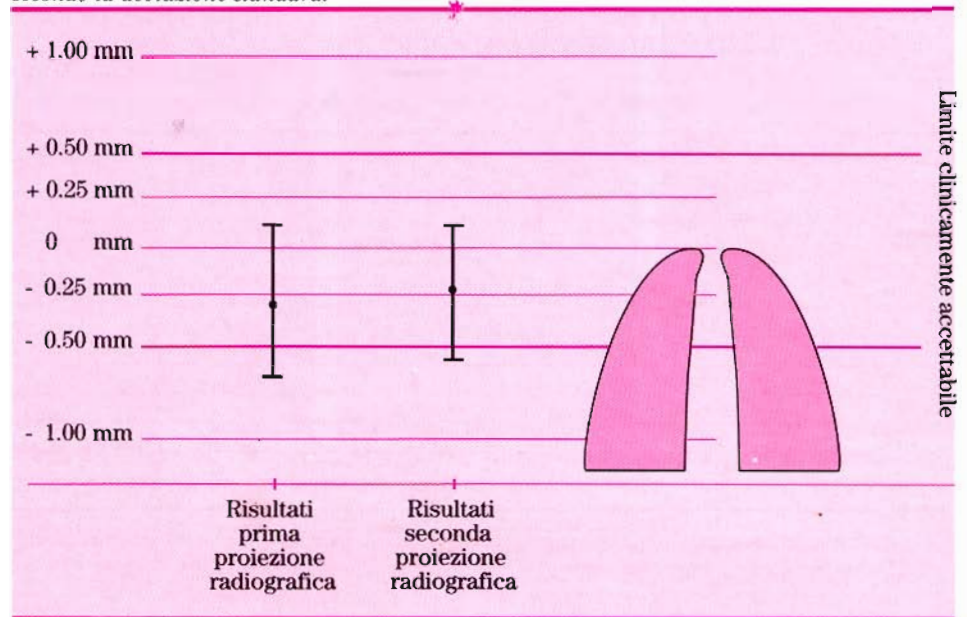
Sul nostro campione di 100 elementi dentari e 200 radiogrammi le discrepanze notevoli dell'ordine di 1 mm o più tra la corretta misura della lunghezza di lavoro e il suo valore ricavato dall'immagine radiologica non si sono realizzate nella frequenza stimata da alcuni autori in precedenza (6).

Solo in pochi casi la morfologia anatomica della porzione apicale della radice ha determinato una immagine radiologica che poteva fornire una valutazione completamente diversa dalla realtà.

Tuttavia in tutti questi casi la seconda proiezione radiografica evidenziava l'errata interpretazione. Solo 4 volte la differenza tra le due immagini radiologiche è risultata attorno ad un millimetro (Figg. 22-27).

## DISCUSSIONE

Un'accurata determinazione della lunghezza di lavoro rappresenta certamente il fattore chiave del successo della terapia endodontica (26). I metodi proposti per ottenere questo obiettivo comprendono la sensibilità tattile, l'interpretazione radiografica e

**Fig. 21** - Posizione dello strumento rispetto al forame apicale nell'indagine radiologica secondo la deviazione standard.

recentemente l'applicazione di strumenti che localizzano elettronicamente il forame apicale. Questi ultimi presentano degli indubbi vantaggi, ma finora non si sono mai affermati completamente nella pratica endodontica soprattutto per l'imperfetto grado di accuratezza delle misurazioni in alcune condizioni cliniche.

Il vantaggio di poter disporre di un affidabile localizzatore elettronico del forame apicale emergerebbe soprattutto in particolari situazioni cliniche, come in pazienti che soffrono di un forte riflesso del vomito (23, 38) o per i quali la radiografia è controindicata. Ad esempio, in pazienti che necessitano di un trattamento endodontico nei primi tre mesi di gravidanza il localizzatore può permettere l'inizio della terapia che sarà completata quando le radiografie saranno di nuovo consentite (22, 23). Risultano utili, inoltre, in casi di forami radicolari o perforazioni che si aprono sul versante vestibolare o linguale della radice che sono difficilmente valutabili radiograficamente (23). Possono essere usati per discriminare se due canali distinti siano confluenti all'apice o abbiano due uscite indipendenti (23). Nel controllo intraoperatorio della lunghezza di lavoro dei canali curvi possono servire per valutare la diminuzione della lunghezza del canale che costantemente si verifica durante la fase di sagomatura (39, 40). In questi casi è opportuno rivalutare la lunghezza canalare prima di procedere all'otturazione (1). Possono essere usati per localizzare forami apicali radiograficamente nascosti da strutture anatomiche vicine come ad esempio denti inclusi. L'uso dei localizzatori elettronici è stato proposto anche per il trattamento di denti con incompleta formazione radicolare (27).

Hulsmann considera errate le risposte dei localizzatori nelle prime fasi della terapia di apicizzazione quando il forame apicale è ancora aperto, mentre, a chiusura avvenuta, l'uso dello strumento si dimostra utile come mezzo ausiliario di controllo della completa formazione radicolare da affiancare all'esame radiografico. Nell'impiego clinico quindi sembrerebbe possibile eseguire anche diagnosi di perforazioni o stripping, o verificare se l'apice risulta chiuso dopo una terapia di apicizzazione.

**Tab. 2** - Indagine radiografica

Posizione della punta dello strumento		Prima proiezione radiografica	Seconda proiezione radiografica
Corta rispetto all'apice radiografico	- 2 mm		
	- 1,9 mm	1%	
	- 1,8 mm		
	- 1,7 mm		
	- 1,6 mm	1%	
	- 1,5 mm	1%	2%
	- 1,4 mm		
	- 1,3 mm	1%	1%
	- 1,2 mm		
	- 1,1 mm	2%	1%
	- 1,0 mm	3%	3%
	- 0,9 mm	1%	2%
	- 0,8 mm	2%	1%
	- 0,7 mm	3%	1%
	- 0,6 mm	3%	4%
	- 0,5 mm	7%	3%
	- 0,4 mm	4%	5%
	- 0,3 mm	7%	9%
	- 0,2 mm	14%	12%
	- 0,1 mm	10%	17%
Perfettamente all'apice radiografico	0 mm	34%	29%
Lunga rispetto all'apice radiografico	+ 0,1 mm	2%	5%
	+ 0,2 mm	2%	1%
	+ 0,3 mm	1%	1%
	+ 0,4 mm		1%
	+ 0,5 mm		
	+ 0,6 mm		1%
	+ 0,7 mm		
	+ 0,8 mm	1%	1%
	+ 0,9 mm		
	+ 1,0 mm		

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

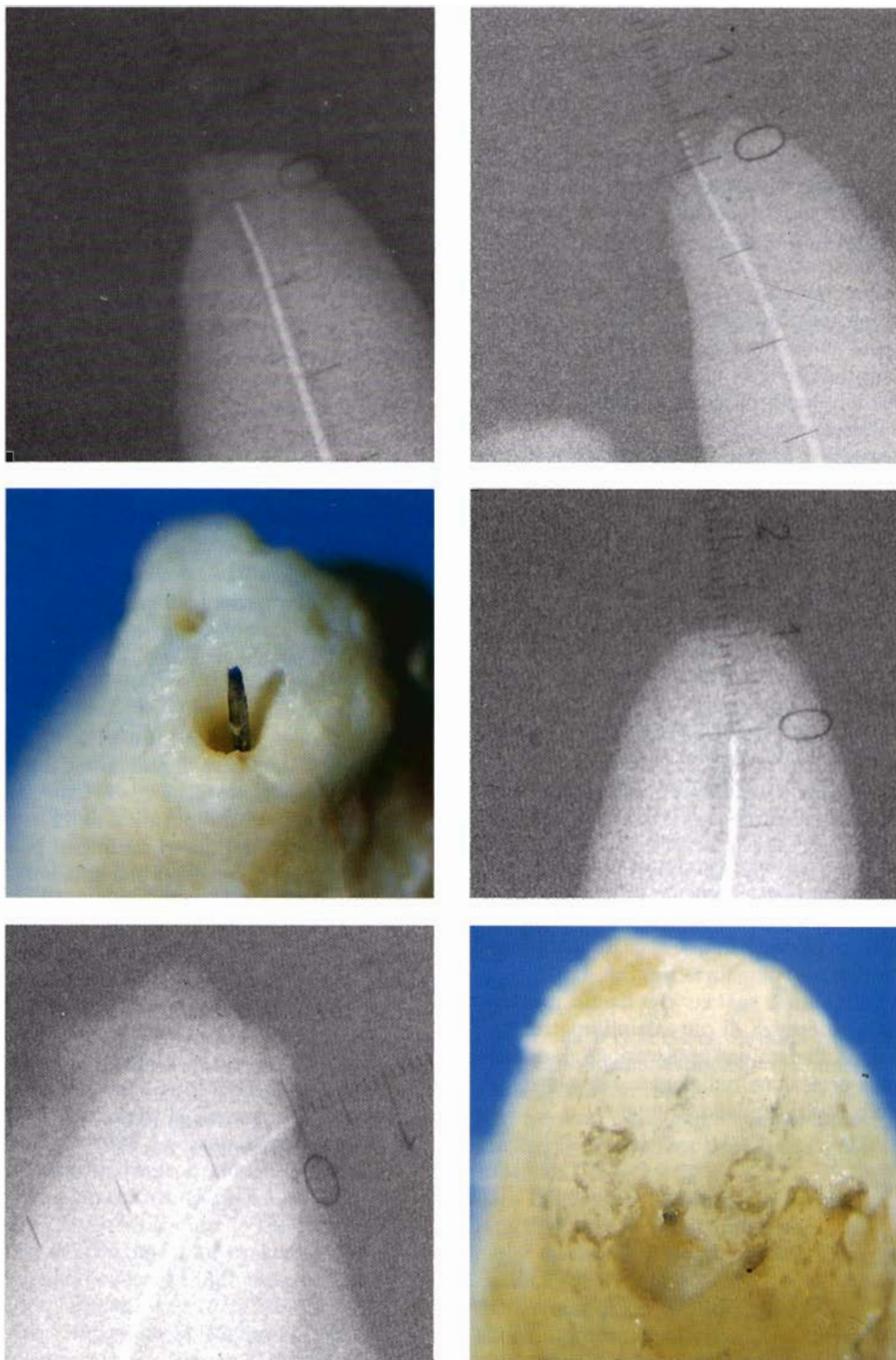
Punta perfettamente al forame apicale	(A)	37%
Punta corta, ma nei limiti clinicamente accettabili $0 \pm 0,5$ mm	(C)	23%
Punta lunga, ma nei limiti clinicamente accettabili $0 \pm 0,5$ mm	(L)	29%
Posizione della punta dello strumento non accettabile	(N.A.)	11%

Nello studio di Fouad e coll. del 1990 (29), in cui era verificata l'affidabilità delle misurazioni di cinque diversi localizzatori, l'intervallo di errore clinicamente accettabile variava dal 55 al 75%, tuttavia i canali dovevano essere asciutti al fine di evitare l'errore di misurazione che costantemente superava 1 mm in tutti gli strumenti quando il fluido presente nel canale radicolare era rappresentato dall'ipoclorito di sodio.

Il presente lavoro ha avuto lo scopo di verificare *in vitro* l'affidabilità di un nuovo localizzatore che è stato giudicato in grado di misurare accuratamente anche canali bagnati con qualsiasi tipo di soluzione o fluido organico (35-37). I risultati ottenuti indicano che nelle condizioni sperimentali dello studio, in cui le misurazioni erano effettuate quando nel canale era presente la soluzione irrigante di ipoclorito di sodio, lo strumento si è dimostrato molto affidabile con un margine di errore che rientra nell'intervallo clinicamente accettabile di  $\pm 0,5$  mm nell'81-83% dei casi secondo l'indagine radiologica e nell'89% secondo i dati delle osservazioni dirette allo stereomicroscopio.

Occorre ricordare, tuttavia, che questi risultati esprimono l'affidabilità *in vitro* di questo strumento e che sarà necessario sperimentare con un'accurata indagine anche il suo comportamento *in vivo*.

Inoltre, la misura ottenuta sui radiogrammi della distanza della punta dello strumento



**Figg. 22 - 23 - 24 - 25 - 26 - 27 -** In entrambi i casi nella prima radiografia lo strumento sembra "corto", mentre la seconda proiezione e l'osservazione diretta allo stereomicroscopio modificano completamente la prima interpretazione.

dall'apice radiografico, che rappresenta uno dei metodi più utilizzati clinicamente per valutare la lunghezza di lavoro, è comunque un valore la cui attendibilità è legata ai limiti della radiologia che resta sempre una riproduzione bidimensionale di strutture tridimensionali.

Tuttavia, si è potuto constatare che la contemporanea osservazione da due diverse angolazioni è in grado di ridurre notevolmente il margine di errore che l'interpretazione di una singola incidenza radiografica può comportare. Certamente se la misurazione della lunghezza di lavoro fosse eseguita anche durante la terapia endodontica con due diverse incidenze radiografiche, aumenterebbe il grado di affidabilità della valutazione radiologica.

Quando il forame apicale non coincide con l'apice anatomico, in quanto si apre in una posizione eccentrica rispetto al vertice della radice, la punta dello strumento può essere in una posizione diversa da quella stimata radiologicamente. Alcuni autori (6) considerano che lo strumento presente all'apice radiografico si trova in realtà "SEMPRE" 1 mm o più oltre il forame apicale. Le nostre osservazioni allo stereomicroscopio che verificavano l'attendibilità delle interpretazioni delle due diverse proiezioni radiologiche, ci spingono a considerare possibile questa situazione, ma non con la frequenza suggerita da questi autori. Nei 34 casi della prima proiezione radiografica, in cui lo strumento era perfettamente all'apice radiografico, solo 14 volte è risultato in realtà oltre il forame apicale e in questi casi solo per qualche decimo di millimetro (Tab. 4).

Infine solo 4 casi su 100 hanno mostrato una differenza di oltre 1 millimetro tra il valore stimato dall'osservazione di una singola proiezione radiologica e il valore reale della posizione dello strumento.

## CONCLUSIONI

Sotto le condizioni sperimentali del nostro studio, questo nuovo localizzatore apicale pare fornire delle risposte in cui il grado di affidabilità risulta simile a quello di altri tipi di apparecchi sperimentati in precedenza da molti altri autori. La grande novità di questo strumento è che la misurazione può essere fatta quando nel canale radicolare è presente la soluzione irrigante di ipoclorito di sodio. Questo aspetto determina un grande vantaggio nella pratica clinica permettendo la misurazione elettronica del canale fin dal primo strumento introdotto ed anche nelle condizioni in cui non è possibile mantenere completamente asciutto il canale radicolare e che rendono inutilizzabili i localizzatori di tipo tradizionale.

Questo strumento, quindi, non sostituisce l'esame radiografico dal quale possiamo trarre altre informazioni oltre alla lunghezza del canale radicolare, come ad esempio la sinuosità del canale stesso, la direzione e il numero delle curve, lo spessore di dentina, la presenza di ostacoli, etc.

Secondo il nostro parere, tuttavia, riduce notevolmente il numero di radiografie intraoperatorie, soprattutto alla luce del fatto che la determinazione radiografica della lunghezza di lavoro dei nostri strumenti può essere effettuata fino dalla prima lima introdotta nel canale e portata in apice, indipendentemente dal contenuto del canale stesso (ipoclorito, sangue, polpa, pus), dopo che il localizzatore ci ha permesso di individuare la sede del forame apicale. Possiamo in altri termini evitare di dover ripetere nuovi esami radiografici perché i precedenti, eseguiti "ad occhio", in base a statistiche, o affidandoci alla nostra sensibilità tattile, avevano dato misurazioni "lunghe" o "corte".

**Tab. 4 - Analisi allo stereomicroscopio dei 34 casi che nella prima proiezione radiografica mostravano lo strumento all'apice radiografico.**

Distanza reale in mm della punta del "file" dal margine esterno del forame apicale stimata prendendo lo strumento come mezzo di misurazione		
0 mm	20	= 58,9 %
+ 0,1 mm	9	= 26,5 %
+ 0,2 mm	4	= 11,7 %
+ 0,3 mm	1	= 2,9 %

## BIBLIOGRAFIA

- 1 - Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *J Endod* 1985; 10 (117): 421-7
- 2 - Burch JG, Hulen S. The relationship of the apical foramen to the anatomic apex of the tooth root. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 34: 262-8
- 3 - Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1960; 13: 728-33
- 4 - Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc* 1955; 50: 544-52
- 5 - Chunn CB, Zardiackas LD, Menke RA. *In vivo* root canal length determination using the Foramer. *J Endod* 1981; 7 (11): 515-20
- 6 - Palmer MJ, Weine FS, Healy HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J Can Dent Assoc* 1971; 37: 305-8
- 7 - Dummer PMH, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical constriction and apical foramen. *Int Endod J* 1984; 17: 192-8
- 8 - Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with and electronic device and with digital-tactile sense. *J Am Dent Assoc* 1975; 90: 379-87
- 9 - Castellucci A, Becciani R. Motivazioni biologiche dell'otturazione canalare. *G It Endo* 1988; 2: 16-26
- 10 - Custer LW. Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc* 1916; 5: 815-9
- 11 - Suzuki K. Experimental study on intophoresis. *J Jpn Stomatol* 1942; 16: 411-7
- 12 - Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Jpn Stomatol* 1958; 25: 161-71
- 13 - Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *J Endod* 1987; 13(2): 60-4
- 14 - Huang L, Wang G, Zhao M, Hui X. Electronic measurement of the length of the root canal. *Bull 4th Milit Med Coll* 1959; 8: 29-31
- 15 - Komamura D, Matsumoto H, Kawaguchi Y, Sunada I. The method for measuring the length of the tooth using the A C ohmmeter. *Jpn J Conserv Dent* 1965; 7: 221-6
- 16 - Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. *J Can Dent Assoc* 1973; 9: 630-6
- 17 - 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(1): 141-50
- 18 - Bramante CM, Berbert A. A critical evaluation of some methods of determining tooth length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 37: 463-73
- 19 - O'Neill LJ. A clinical evaluation of electronic root canal measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 38: 369-73
- 20 - Dahlin J. Electronic measuring of the apical foramen: a new for diagnosis and endodontic therapy. *Quintessence Int* 1979; 1: 13-22
- 21 - Farber JP, Bernstein M. The effect of instrumentation on root canal length as measured with an electronic device. *J Endod* 1983; 9(3): 114-5
- 22 - Berman LH, Fleishman SB. Evaluation of the accuracy of the Neosono-D Electronic Apex Locator. *J Endod* 1984; 10(4): 164-7
- 23 - Trope M, Rabie G, Tronstad L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 142-5
- 24 - Kurahara J. Neosono-D: is it accurate? *Hawaii Dent J* 1985; 16: 8-10
- 25 - Caramatti R, Ferrario P, Ginelli G, Pignatelli M. Localizzazione del forame apicale mediante strumenti elettronici: il Neosono-D. *Dent Cadmos* 1986; 2: 83-90
- 26 - Nahmias Y, Aurelio JA, Gerstein H. An *in vitro* model for evaluation of electronic root canal length measuring devices. *J Endod* 1987; 13(5): 209-14
- 27 - Hulsmann M, Pieper K. Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol* 1989; 5: 238-41
- 28 - Fouad AF, Krell KV. An *in vitro* comparison of five root canal length measuring instruments. *J Endod* 1989; 15(12): 573-7
- 29 - Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koobusch GF, Olson RA. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod* 1990; 16 (9) : 446-9
- 30 - Mc Donald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the Apex Locator Endocater. *J Endod* 1990; 16 (1): 5-8
- 31 - Keller ME, Brown CE, Newton CW. A clinical evaluation of the Endocater - an electronic Apex Locator. *J Endod* 1991; 17 (6): 271-4
- 32 - Ricard O, Roux D, Bourdeau L, Woda A. Clinical evaluation of the accuracy of the evident RCM Mark II Apex Locator. *J Endod* 1991; 17 (11): 567-9
- 33 - Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 72(2): 238-42
- 34 - Wu YN, Shi JN, Huang LZ, Xu YY. Variables affecting electronic measurement. *J Endod* 1992; 25: 88-92
- 35 - Yamaoka M, Yamashita Y, Saito T. Electrical root canal measuring instrument based on a new principle: makes measurements possible in wet root canals. Osada Electric Co LTD Tokyo (Japan)
- 36 - Yamaoka Y e coll. Autumn Meeting of the Japanese Society of Conservative Dentistry 1984
- 37 - Yamashita Y e coll. Autumn Meeting of the Japanese Society of Conservative Dentistry, 1988
- 38 - Sewerin I. Gagging in dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 58: 725-8
- 39 - Caldwell JL. Changes in working length following instrumentation of molar canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1976; 41: 114-8
- 40 - Weine FS, Keily RF, Lio PJ. The effect of preparation procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *J Endod* 1975; 1: 8-12