

Damiano Pasqualini¹
Roberto Beccio¹
Nicola Calabrese¹
Giuseppe Cantatore²
Elio Berutti¹

¹ Università degli Studi di Torino
Corso di laurea Specialistica in
Odontoiatria e Protesi Dentaria
Presidente: Prof. Stefano Carossa
Insegnamento di Endodonzia
Titolare: Prof. Elio Berutti
² Università degli Studi di Verona
Corso di laurea Specialistica in
Odontoiatria e Protesi Dentaria
Insegnamento di Endodonzia
Titolare: Prof. Giuseppe Cantatore

Corrispondenza:
Dott. Damiano Pasqualini
Via Barrili, 9
10134 Torino
Tel.: +39 (0)113184938
Fax: +39 (0)113184960
E-mail: dampasq@libero.it

Pervenuto in Redazione il 29 luglio 2005
Accettato per la pubblicazione il 28 settembre 2005

Valutazione *in vitro* della qualità del sigillo apicale in guttaperca fornito da differenti misure di otturatori Thermafil

In vitro evaluation of the quality of guttapercha apical seal provided by different sizes of Thermafil obturators

RIASSUNTO

Scopo: obiettivo primario di questo studio *in vitro* è stata la valutazione della qualità del sigillo apicale in guttaperca selezionando gli otturatori Thermafil con due diverse metodiche. L'obiettivo secondario è stato analizzare se il diametro apicale, e di conseguenza la misura dell'otturatore Thermafil selezionato, potesse influenzare la qualità del sigillo apicale nel gruppo della metodica sperimentale.

Metodologia: sessanta elementi dentari monoradicolarati umani estratti sono stati sagomati con K-Files e ProTaper Rotary, tutti con diametro del forame apicale #30, poi randomizzati (tramite tabella dei numeri casuali) e assegnati a due gruppi di 30 campioni ciascuno. Nel Gruppo 1 (controllo), l'otturatore era della misura corrispondente all'*apical master file*, come indicato dal fabbricante. Nel Gruppo 2 (test) l'otturatore era della misura del verificatore (*carrier* in plastica del Thermafil senza guttaperca) che si posizionava a 0.5 mm dalla lunghezza di lavoro. Il grado di infiltrazione è stato determinato attraverso un metodo di *linear dye penetration*.

Risultati: il Gruppo 2 ha mostrato una minore penetrazione di inchiostro (Mann-Whitney U test, $p < 0.001$) rispetto al Gruppo 1. Nel Gruppo 2 sono stati utilizzati 8 otturatori diametro #35 (Sottogruppo 2.1) e 22 otturatori diametro #40 (Sottogruppo 2.2) senza individuare differenze statisticamente significative di penetrazione dell'inchiostro tra i sottogruppi (Mann-Whitney U test, $p = 0.46$).

Conclusioni: il metodo di selezione dell'otturatore Thermafil proposto (Gruppo 2)

ha comportato una significativa minore infiltrazione rispetto al Gruppo 1.

Parole chiave:
Thermafil, sigillo apicale, otturazione canalare, dye leakage.

ABSTRACT

Aim: the primary aim of this *in-vitro* study was to evaluate the quality of guttapercha apical seal selecting Thermafil obturators by two different methods. The secondary aim was to analyze if the apical diameter, and consequently the size of the Thermafil obturator selected, could influence the quality of the apical seal in the experimental method group.

Methodology: sixty extracted single-rooted human teeth were shaped with K-Files and ProTaper Rotary, all with apical foramen #30, then randomly assigned (by random numbers table) to two groups of 30 samples each. In the control Group 1 the obturator was the size of the apical master file, as indicated by the manufacturer; in the test Group 2 the obturator was the size of the verifier (i.e. Thermafil plastic carrier without gutta-percha) fitting 0.5 mm shorter than the working length. Degree of leakage was detected by a linear dye penetration method.

Results: Group 2 showed less dye penetration (Mann-Whitney U test, $p < 0.001$) than Group 1. In Group 2, 8 #35 obturators (Subgroup 2.1) and 22 #40 obturators (Subgroup 2.2) were used, with no statistically significant difference in dye penetration between subgroups (Mann-Whitney U test, $p = 0.46$).
Conclusions: the proposed Thermafil obturator selection method (Group 2) allowed

significantly less leakage than Group 1.

Key words:
Thermafil, apical seal, root canal obturation, dye leakage.

INTRODUZIONE

Il successo del trattamento endodontico dipende dall'otturazione tridimensionale del sistema dei canali radicolari fino al termine del canale (1). Dal momento che è virtualmente impossibile eliminare completamente i batteri dal sistema canalare, l'otturazione deve fornire un sigillo ermetico in apice in modo da prevenire la reinfezione dei tessuti periapicali (2). Un recente studio di coorte, osservazionale e prospettico, ha valutato il risultato a 4-6 anni del trattamento endodontico riportando risultati significativamente migliori con la tecnica di condensazione verticale (90% di guarigione) rispetto alla tecnica di condensazione laterale (80%) (3); la differenza è stata attribuita al fatto che le due tecniche possono raggiungere percentuali diverse di contatto tra la guttaperca e la parete canalare, e ciò giocherebbe un ruolo importante nel prevenire la microinfiltrazione dei batteri e dei prodotti del loro metabolismo (4). Nel 1978 Johnson (5) ha presentato un nuovo sistema di otturazione che utilizzava guttaperca termo-plasticizzata, il sistema Thermafil, una tecnica relativamente semplice in cui un *carrier* centrale trasportava la guttaperca termoplastificata all'interno del canale radicolare fornendo un buon controllo a livello apicale. Il sistema Thermafil si è poi evoluto nel tempo e attualmente è uno dei migliori mezzi disponibili per l'otturazione dei canali radicolari (6).

Un sigillo apicale inadeguato è una delle cause principali di fallimento del trattamento endodontico non chirurgico (7); Pommel (8) ha ottenuto un miglior sigillo apicale utilizzando la tecnica di Schilder, la tecnica System B o la tecnica Thermafil, rispetto alla tecnica di condensazione laterale o alla tecnica del cono singolo. Tuttavia, altri studi (9-12) non hanno individuato differenze significative tra le tecniche Thermafil e la condensazione laterale, anche se nei canali curvi è stato riportato un miglior sigillo con il Thermafil (13,14). Studi meno recenti (15-17) hanno individuato una maggiore infiltrazione con la tecnica Thermafil originale, la quale tuttavia è sostanzialmente differente rispetto a quella Thermafil Plus odierna: inizialmente era utilizzato come *carrier* un file endodontico in acciaio, e più tardi uno in titanio. Nella tecnica più recente il *carrier* è composto da un materiale plastico biocompatibile corrispondente alla misura dell'otturatore Thermafil utilizzato. Gli otturatori Thermafil hanno una conicità di .04. In tutti gli studi sopra citati, l'otturatore Thermafil utilizzato era della misura corrispondente all'*apical master file*, come indicato dal fabbricante. Nessuna considerazione è stata data al fatto che, attualmente, i canali sagomati con strumenti rotanti Ni-Ti hanno generalmente una conicità superiore a .04 (tra .06 e .12). Questo studio *in vitro* ha utilizzato un metodo di penetrazione lineare di colorante (*linear dye penetration*) per confrontare la qualità del sigillo apicale della guttaperca ottenuto con l'otturatore Thermafil selezionato in due differenti modi: a) così come suggerito dal fabbricante (cioè della stessa misura dell'*apical master file*); b) seguendo la metodica qui proposta. Obiettivo primario è stata la valutazione della qualità del sigillo apicale in guttaperca selezionando gli otturatori Thermafil con le due diverse metodiche. L'obiettivo secondario è stato analizzare se il diametro apicale, e di conseguenza la misura dell'otturatore Thermafil selezionato, potesse influenzare la qualità del sigillo apicale nel gruppo della metodica sperimentale.

MATERIALI E METODI

Preparazione dei campioni

Sono stati utilizzati elementi dentari monoradicolarati umani estratti con apice com-

pletamente formato (incisivi centrali e canini superiori con curvature canalari sostanzialmente simili) i quali non avevano subito precedenti trattamenti endodontici. Dopo aver eseguito il *debridging* della superficie radicolare, i campioni sono stati immersi in una soluzione al 5% di NaOCl (Nicolor 5, Ogna, Italy) per 1 ora e poi conservati in soluzione fisiologica fino alla strumentazione. Ogni canale è stato pre-sagomato manualmente utilizzando K-Flexofiles (Dentsply Maillefer, Switzerland) fino al diametro #20 e poi sagomato con ProTaper S1-S2-F1-F2-F3 (Dentsply Maillefer, Switzerland) alla lunghezza di lavoro. La lunghezza di lavoro è stata definita al microscopio operatorio (Carl Zeiss Pro Magis, Germany) a 10x ingrandimenti, quando la punta dello strumento era visibile al forame apicale. L'irrigazione è stata eseguita con una siringa con ago 22 Gauge: 33 ml di NaOCl al 5% a 50°C (Nicolor 5, Ogna, Italy), sono stati alternati a 2 ml al 10% EDTA (Tubuliclean, Ogna, Italy), per un tempo totale di irrigazione di 10 minuti per campione. Dopo l'asciugatura con coni di carta, sono state controllate, al microscopio a 10x ingrandimenti, l'integrità e la forma del forame apicale e la detersione canalare. Il diametro del forame apicale è stato verificato con un K-File Nitiflex #30 (Dentsply Maillefer, Switzerland) posizionato in apice alla lunghezza di lavoro. Sono stati inclusi nello studio solo i campioni con un diametro apicale #30.

I 60 campioni selezionati sono stati randomizzati e assegnati a due gruppi di 30 ciascuno, usando la tabella dei numeri casuali. I campioni del Gruppo 1 (gruppo di controllo) sono stati otturati con Thermafil (Dentsply Maillefer, Switzerland) seguendo le istruzioni del fabbricante, selezionando cioè l'otturatore corrispondente all'*apical master file* (#30) alla lunghezza di lavoro, riscaldato nell'apposito fornello Thermo Prep (Dentsply Maillefer, Switzerland). I campioni del Gruppo 2 sono stati otturati con modalità simili, ma la selezione dell'otturatore è stata eseguita con il metodo sperimentale presentato qui di seguito. In entrambi i gruppi non è stato utilizzato cemento endodontico. Sono stati inoltre preparati quattro campioni aggiuntivi: in due i canali sono stati lasciati non otturati (controlli positivi); in altri due campioni, i canali sono stati otturati con Thermafil e le superfici radicolari, compreso l'apice, sono state completamente sigillate con smalto per unghie (controlli negativi). È stata infine eseguita una ra-

diografia di ogni campione, per verificarne l'uniformità dell'otturazione.

Metodo sperimentale (Gruppo 2)

Dopo averne rimosso la guttaperca, il *carrier* in plastica è stato utilizzato come verificatore per selezionare la misura dell'otturatore Thermafil da utilizzare: questo corrispondeva alla misura del verificatore (*carrier* in plastica senza guttaperca) che si adattava 0.5 mm più corto della lunghezza di lavoro. La quantità di guttaperca al termine della punta del *carrier* in plastica può variare sensibilmente (0.5-2 mm); quindi qualsiasi eccesso è stato rimosso con un bisturi, lasciandone 0.5 mm in punta. Gli otturatori utilizzati sono stati in genere una o due misure più grandi rispetto all'*apical master file* (30#), a seconda della conicità del terzo apicale del canale radicolare (Fig. 1). Il Gruppo 2 è risultato così ulteriormente stratificato in due sottogruppi: in 8 casi è stato utilizzato un otturatore Thermafil #35 (Sottogruppo 2.1); in 22 casi è stato scelto un otturatore Thermafil #40 (Sottogruppo 2.2).

Valutazione della penetrazione lineare di colorante (*linear dye penetration*)

Dopo l'otturazione i campioni sono stati rivestiti con smalto per unghie fino a 4 mm dall'apice e posizionati in una beuta da 250 ml. La beuta era connessa da un lato, tramite una valvola, a una pompa del vuoto (Whip Mix Model D, Louisville, KY, USA) e dall'altro lato, tramite un'altra valvola, ad una seconda beuta contenente 100 ml di inchiostro India. L'inchiostro è stato fatto penetrare nella beuta contenente i campioni, applicando una pressione negativa di 60 Torr, mantenuta per 10 minuti. I campioni sono stati poi lasciati in inchiostro a pressione atmosferica per sette giorni, al termine dei quali sono stati risciacquati abbondantemente con acqua corrente e lo smalto per unghie isolante è stato rimosso. I campioni sono stati poi diafanizzati con l'apposito kit (Ogna, Italy) seguendo le istruzioni del fabbricante, e fotografati allo stereomicroscopio (Wild M3Z, Leica Herbrugg, Switzerland) a 6.5x ingrandimenti, usando una macchina fotografica digitale (Nikon D100, Nikon Co., Japan). Le immagini acquisite sono state analizzate con un software grafico (Adobe Photoshop, Adobe Systems Inc. USA) per mezzo della sovrapposizione di una griglia millimetrata (Fig. 2).

Per ogni campione un esaminatore in cieco ha determinato l'estensione lineare dell'in-



Fig. 1 - Rappresentazione schematica delle due diverse metodiche. La parte bianca rappresenta il canale sagomato, l'arancione è la gutta-perca e il grigio è il carrier Thermafil. Secondo l'ipotesi dello studio, un carrier scelto delle stesse dimensioni dell'apical master file (Gruppo 1) potrebbe in realtà essere sottodimensionato rispetto alla conicità canalare. Ciò verrebbe compensato dalla selezione del carrier secondo la metodica proposta (Gruppo 2).

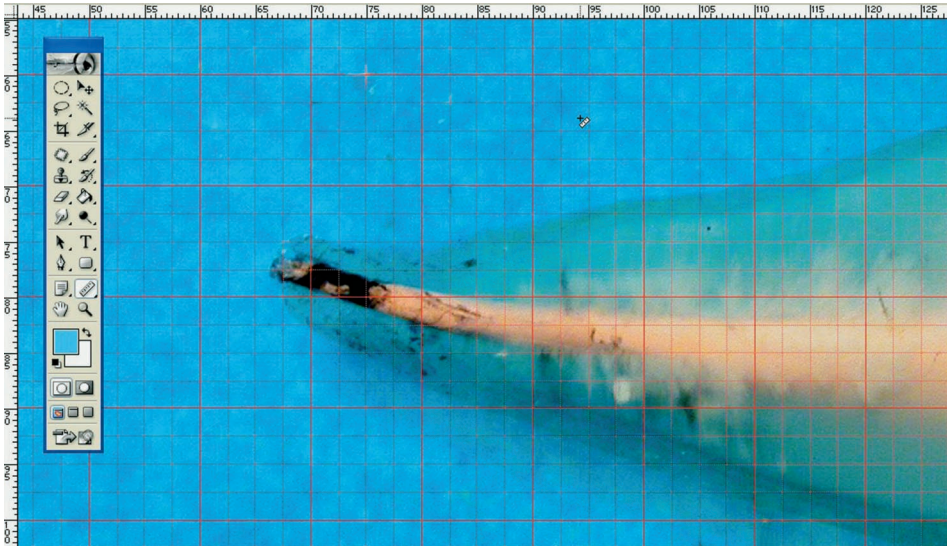


Fig. 2 - Valutazione del linear dye leakage nel campione diafanizzato.

filtrazione di inchiostro (*dye leakage*). I valori di *dye leakage* situati in posizioni intermedie, rispetto alla griglia millimetrata, sono stati arrotondati tutti in difetto; valori al di sotto di 1 mm sono stati registrati come uguali a zero. Per confrontare i due Gruppi e i due Sottogruppi è stato utilizzato il test non parametrico di Mann-Whitney U. Sono state considerate statisticamente significative le differenze con $p < 0.05$. L'analisi statistica è stata effettuata con software SPSS versione 11.0 per Windows.

RISULTATI

I controlli positivi sono risultati completamente infiltrati da inchiostro, mentre i controlli negativi non sono risultati infiltrati dopo 7 giorni, convalidando quindi il modello sperimentale. La statistica descrittiva relativa ai campioni del Gruppo 1 di controllo e del Gruppo 2 test, e dei campioni dei Sottogruppi 2.1 e 2.2 è rappresentata nelle tabelle 1 e 2. La differenza, in termini di *linear dye leakage*, tra i due Gruppi è risultata statisticamente significativa ($p < 0.001$), mentre il confronto tra i due Sottogruppi non ha evidenziato differenze statisticamente significative ($p = 0.463$).

DISCUSSIONE

Questo studio *in vitro* ha rilevato che il sigillo apicale di gutta-perca fornito dall'otturazione canalare con Thermafil sembra essere significativamente migliore se l'otturatore è della stessa misura del verificatore (*carrier* in plastica senza la gutta-perca) che si adatta 0,5 mm più corto della lunghezza di lavoro (Gruppo 2), piuttosto che della stessa misura dell'apical master file. Il metodo di selezione proposto presuppone la rimozione della porzione di gutta-perca al termine della punta del *carrier* in plastica, lasciando 0,5 mm in sede. La quantità di gutta-perca apicale al *carrier* potrebbe essere importante nell'ottenere un sigillo apicale adeguato, ma è relativamente variabile negli otturatori distribuiti in commercio. A nostro giudizio l'eccesso di gutta-perca davanti alla punta del *carrier* potrebbe mantenerlo lontano dal forame apicale, e di conse-

Gruppo (G)	N	Media	Mediana	Deviazione standard	Minimo	Massimo
1	30	8.7333	6.00	5.7472	0.00	19.00
2	30	0.1333	0.00	0.3457	0.00	1.00

G1 = controllo: metodica convenzionale; G2 = test: metodica sperimentale

Tab. 1 - Statistica descrittiva: linear dye leakage nei due gruppi.

Sotto-gruppo (SG)	N	Media	Mediana	Deviazione standard	Minimo	Massimo
2.1	8	0.00	–	0.00	0.00	0.00
2.2	22	0.1818	0.00	0.3948	0.00	1.00

SG 2.1 = Thermafil #35; SG 2.2 = Thermafil #40

Tab. 2 - Statistica descrittiva: linear dye leakage nei due sottogruppi.

guenza dalle pareti canalari, riducendo la sua capacità di compattare la guttaperca termoplastificata in questa zona. Viceversa, una quantità di guttaperca standardizzata (0.5 mm) potrebbe agevolare il *carrier* nell'ap-proccio al terzo apicale portandolo in con-tatto con le pareti canalari, dove agirebbe co-me un *plugger*, ottimizzando il controllo e la condensazione a questo livello, con un mi-nore rischio di *overfilling*. In questo caso sa-rebbe più appropriato definirlo quindi *car-rier-plugger*. Questo aspetto è interessante se si considera anche il fatto che la morfologia apicale più comune (70%) è ovale (18). La procedura che abbiamo utilizzato per ri-muovere parte della guttaperca dalla punta dell'otturatore potrebbe però essere consi-derata troppo *technique-sensitive*, cioè sog-gettiva, influenzata dall'abilità dell'operatore e da eventuali strumenti di ingrandimento a sua disposizione. Tuttavia ciò potrebbe es-sere considerato uno stimolo affinché il fab-bricante possa standardizzare la quantità di guttaperca apicale al *carrier*. La conicità degli otturatori Thermafil è .04, mentre l'attuale strumentazione rotante Ni-Ti sagoma canali con conicità comprese tra .04 e .12. Il metodo di otturazione classica con otturatori Thermafil della stessa misu-ra dell'*apical master file* (alla lunghezza di la-voro) potrebbe quindi risultare in una di-screpanza tra l'otturatore (conicità .04) e la conicità canalare. Il metodo di selezione pro-

posto comporta quasi sempre l'utilizzo di un otturatore Thermafil di una o due misure su-periori rispetto al diametro dell'*apical master file*, con il *carrier* adattato a 0,5 mm dall'a-pice. A livello apicale, l'otturatore più am-pio dovrebbe rendere possibile compensare la discrepanza di conicità e ottenere un si-gillo ermetico. In questo studio non è stato utilizzato ce-mento endodontico, con l'intento di eli-minare una variabile non controllabile al-la valutazione *in vitro* nel breve termine del sigillo apicale. Infatti, lo studio è stato fo-calizzato sul sigillo fornito dalla sola gutta-perca, con l'ipotesi che essa sia meglio com-pattata a livello apicale, quindi che sigilli più ermeticamente, con la metodica pro-posta. L'assunto teorico alla base della scel-ta di non utilizzare cemento è stato il fatto che la stabilità a lungo termine del sigillo apicale è data proprio dalla guttaperca; di qui è derivato l'obiettivo di valutare quale metodo di selezione dell'otturatore potesse meglio esprimere le potenzialità del Sistema Thermafil. Il cemento endodontico per-mette sì di avere un miglior sigillo imme-diato (19), ma è anche l'anello debole del-la catena, sia perché si contrae durante l'in-durimento, sia perché, particolarmente in un sistema che sfrutta l'iniezione di gutta-perca termoplastificata come il sistema Thermafil, non è prevedibile la quantità di cemento che raggiunge la zona apicale (13,

19, 20). Sarebbe interessante, in uno studio successivo, investigare l'effetto derivato dall'aggiunta di cemento endodontico per valutare eventuali differenze rispetto ai ri-sultati riscontrati in questo lavoro. Il sigil-lo apicale della guttaperca ottenuto con il metodo qui proposto è stato rilevato esse-re migliore rispetto a quello ottenuto con la metodica convenzionale, senza utilizza-re cemento in entrambi i Gruppi. Ciò po-trebbe anche significare che nella pratica cli-nica si potrebbe ricorrere ad una minore quantità di cemento, riducendo ulterio-rmente il rischio di *overfilling* in una tecni-ca che inietta guttaperca termoplastificata. È stata riportata una possibile alterazione del sigillo apicale ottenuto con Thermafil nel ca-so sia necessario preparare con le frese lo spa-zio per alloggiare un perno per la ricostru-zione post-endodontica (21); altri studi in-vece non rilevano alcuna influenza delle procedure di ricostruzione preprotetica sul sigillo del Thermafil (22, 23). Nonostante questo aspetto non sia stato indagato in que-sto studio, è possibile ipotizzare che il me-todo proposto, dove il *carrier* si adatta a 0,5 mm dall'apice a contatto con le pareti ca-nalari, potrebbe renderlo più stabile duran-te le procedure di rimozione di una parte del Thermafil con le frese, per creare lo spazio per alloggiare il perno. Inoltre la metodica proposta renderebbe più versatile il sistema Thermafil, dal momento che potrebbe essere utilizzata con le diver-se tecniche di strumentazione rotante NiTi. Ciò permetterebbe di otturare canali con co-nicità diverse e multiple, inclusi quelli le cui conicità non sono standardizzate come nel caso, ad esempio, dei canali con apici larghi (#30, #35, #40). In questi casi infatti il ten-tativo di raggiungere ad ogni costo conicità eccessive, allo scopo di condensare adegua-tamente la guttaperca a livello apicale, in-crementerebbe drasticamente il rischio di rottura dello strumento e di trasporto del fo-rame apicale (24). La filosofia dell'endodonzia moderna pre-vede che la funzione principale della sago-matura operata dagli strumenti endodonti-ci sia quella di aprire il sistema canalare al-l'azione detergente e disinfettante degli ir-riganti (25), e non è più considerato impe-rativo raggiungere una conicità canalare standardizzata che riproduca fedelmente, in ogni segmento, la forma dello strumento ro-tante utilizzato. In questo studio, la qualità del sigillo api-

cale è stata valutata attraverso un metodo di *linear dye penetration*, ancora comunemente utilizzato (26-28) per la sua semplicità di progettazione e realizzazione. Le opinioni sugli studi *in vitro* che valutano l'infiltrazione apicale tramite questo metodo sono tuttavia ancora controverse: due studi (29, 30) non hanno individuato alcuna correlazione tra i vari metodi di valutazione dell'infiltrazione a livello apicale, concludendo che le ricerche che sfruttano la penetrazione dell'inchiostro soffrono di alcune limitazioni. In entrambi gli studi i campioni, dopo l'esposizione al colorante, venivano sezionati longitudinalmente per

esporre la guttaperca e visualizzare e misurare così il grado di infiltrazione all'interno del materiale. È nostra opinione personale che la procedura di sezionamento dei campioni sia molto delicata ed esponga a possibili errori di interpretazione dei risultati. Il vantaggio offerto dalla diafanizzazione è quello di poter analizzare dei campioni intatti, acquisendone poi le immagini, confrontabili con una metodica standardizzata e ripetibile. Infine, in questo studio *in vitro* la differenza di infiltrazione tra i due Gruppi è tale da suscitare interessanti riflessioni anche a livello clinico.

CONCLUSIONI

In conclusione, pur con le limitazioni di uno studio *in vitro*, il nuovo metodo proposto, che prevede la selezione dell'otturatore corrispondente alla misura del verificatore (cioè del *carrier* Thermafil in plastica senza guttaperca), che si adatta a 0,5 mm dalla lunghezza di lavoro, sembra offrire un miglior controllo ed un più efficiente sigillo apicale rispetto alla metodica convenzionale, in cui l'otturatore Thermafil impiegato è della stessa misura dell'*apical master file*.

BIBLIOGRAFIA

- Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1974;11:723-744.
- Peters LB, Wesselink PR, Moorers WR. The fate and role of bacteria left in root dentinal tubules. *Int Endod J* 1995;28:95-99.
- Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence H, Friedman S. Treatment outcome in endodontics – The Toronto Study. Phase II: initial treatment. *J Endodon* 2004;30:302-309.
- Kersten HW, Moorers WR. Particles and molecules in endodontic leakage. *Int Endod J* 1989;22:118-124.
- Johnson B. A new gutta-percha technique. *J Endodon* 1978;4:184-188.
- Weis MV, Parashos P, Messer HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J* 2004;37:653-663.
- Harty FJ, Parkins BJ, Wengraf AM. Success rate in root canal therapy: a retrospective study of conventional cases. *Br Dent J* 1970a;28:65-70.
- Pommel L, Camps J. In vitro apical leakage of System B compared with other filling techniques. *J Endodon* 2001;27:449-451.
- Fabra-Compos H. Experimental apical sealing with a new canal obturation system. *J Endodon* 1993;19:71-75.
- Dummer PMH, Kelly T, Meghji A, Sheikh I, Vanitchai JT. An in vitro study of the quality of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha and Thermafil obturators. *Int Endod J* 1993;26:99-105.
- Pathomvanich S, Edmunds DH. The sealing ability of Thermafil obturators assessed by four different microleakage techniques. *Int Endod J* 1996;29:327-334.
- Haikel Y, Freymann M, Fanti V, Claisse A, Poumier F, Watson M. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. *J Endodon* 2000;26:148-152.
- Dummer PMH, Lyle L, Rawle J, Kennedy JK. A laboratory study of root fillings in teeth obturated by lateral condensation of gutta-percha or Thermafil obturators. *Int Endod J* 1994;27:32-38.
- Leung SF, Gulabivala K. An in vitro evaluation of the influence of canal curvature on the sealing ability of Thermafil. *Int Endod J* 1994;27:190-196.
- Lares C, ElDeeb ME. The sealing ability of the Thermafil obturation technique. *J Endodon* 1990;16:474-479.
- Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine FS. Sealing ability of Thermafil with and without sealer. *J Endodon* 1992;18:322-325.
- Chohayeb AA. Comparison of conventional root canal obturation techniques with Thermafil obturators. *J Endodon* 1992;18:10-12.
- Marroquin BB, El-Sayed MAA, Willershausen-Zonnchen B. Morphology of the physiological foramen: I. maxillary and mandibular molars. *J Endodon* 2004;30:321-328.
- Schafer E, Olthoff G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both Thermafil obturators and cold laterally compacted gutta-percha. *J Endodon* 2002;28:638-642.
- Gulabivala K, Holt R, Long B. An in vitro comparison of thermoplasticized gutta-percha obturation techniques with cold lateral condensation. *Endod Dent Traumatol* 1998;14:262-269.
- Ravanshad S, Torabinejad M. Coronal dye penetration of the apical filling materials after post space preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:644-647.
- Saunders WP, Saunders EM, Gutmann JL, Gutmann ML. An assessment of the plastic Thermafil obturation technique. Part 3. The effect of post space preparation on the apical seal. *Int Endod J* 1993;26:184-189.
- Rybichi, Zillich R. Apical sealing ability of Thermafil following immediate and delayed post space preparations. *J Endodon* 1994;20:64-66.
- Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JEA, Messer HH. Torque during canal instrumentation using rotary Nickel-Titanium files. *J Endodon* 2000;26:156-160.
- Baumgartner JC, Mader CL. A SEM evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endodon* 1987;13:147-157.
- Esen E, Yoldas O, Kurkcü M, Dogan MC, Seyadaoglu G. Apical microleakage of root-end cavities prepared by CO2 laser. *J Endodon* 2004;30:662-664.
- Sevimay S, Oztan MD, Dalat D. Effects of calcium hydroxide paste medication on coronal leakage. *J Oral Rehabil* 2004;31:240-244.
- Vizgirda PJ, Liewehr FR, Patton WR, McPherson JC, Buxton TB. A comparison of laterally condensed guttapercha, thermoplasticized guttapercha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials. *J Endodon* 2004;30:103-106.
- Pommel L, Jacquot B, Camps J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endodon* 2001;27:347-350.
- Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endodon* 2003;29:592-594.