

Vito Antonio Malagnino
Paola Passariello
Luigi Canullo

Università degli Studi "G. D'Annunzio" Chieti
C.L.O.P.D.
Cattedra di Pedodonzia
Titolare: Prof. Vito Antonio Malagnino

Corrispondenza:
Prof. Vito Antonio Malagnino
Viale Ippocrate, 97 - 00161 Roma
Tel. 06.4469955 - Fax 06.4457464
E-mail:

La tecnica di obturazione canalare Microseal: valutazioni preliminari *in vitro* ed *in vivo*

The Microseal root canal obturation technique:
in vivo and *in vitro* preliminary valuations

RIASSUNTO

Le tecniche di obturazione canalare che fanno uso di guttaperca termoplastificata presentano tutte il problema di un difficile controllo verticale dell'obturazione.

Recentemente è stata proposta la tecnica Microseal; questa tecnica che può essere considerata un'evoluzione delle tecniche di Condensazione Termomeccanica e della tecnica Multi-Phase, si pone come obiettivo quello di sfruttare i vantaggi dell'uso di strumenti in Ni-Ti associati all'uso di guttaperche ad elevata fluidità ed allo stesso tempo di eliminare il problema rappresentato dall'elevata incidenza di sovraobturazioni, comune a tutte le tecniche che utilizzano guttaperca termoplastica.

In questo studio la metodica Microseal è stata valutata *in vivo* ed *in vitro* su denti estratti allo scopo di verificare la capacità di riempimento tridimensionale del sistema endodontico e di adattamento della guttaperca alle pareti canalari.

In base ai risultati ottenuti la tecnica Microseal sembra rendere possibile un'obturazione densa ed omogenea e ben adattata alle pareti canalari con buone capacità di riempimento del sistema endodontico, anche in caso di anatomie complesse. Inoltre, è stato possibile mettere in evidenza che la Tecnica Microseal permette un buon controllo apicale dell'obturazione.

Parola chiave:

Obturazione endodontica.

specially in curved canals (16, 17, 18, 22).

The Multi-Phase Technique (12, 15) is an evolution of the Thermomechanical Condensation Technique. In this technique a Ni-Ti instrument with different tapers and tip sizes is used, together with a special guttapercha. This guttapercha, named a-guttapercha, is pre-plasticized and then introduced into the canal by a rotating instrument. The a-guttaperchas are characterized by a high fluidity (24-27) which makes it possible a better fitting of the material to the irregularity of the endodontic system, but it makes difficult the obturation vertical control. The Multi-Phase Technique shows a high filling ability (15), but it often causes overfilling.

Microseal Technique

In the Microseal Technique the obturation vertical control has been improved using a master cone, which is introduced and condensed in the canal before the introduction of thermoplasticized guttapercha.

The Microseal Technique may be schematically divided into two phases:

Phase 1: a Microflow master cone is fitted to the apex and then is condensed by a Ni-Ti spreader.

Phase 2: the remaining part of the endodontic space is filled with pre-plasticized guttapercha, which is introduced by a Ni-Ti condenser (PacMac).

The Microseal technique needs a root canal preparation with a continuous taper and it is useful a particular apex shaping which makes it possible to create a convenient apical seat for the master cone. Once a canal preparation has been obtained, whose taper was chosen according to the canal characteristics with an apical diameter #25, it is necessary to finish the last apical millimeters. A .02 taper tip size #30 and #35 instruments are to be brought close by the apex, which means in the zone included between the apex and one millimeter from it; then a .02 taper tip size #40 instrument is to be brought to one millimeter from the apex. This way it is possible to create an apical stop in the last canal millimeter where the master cone can further on engage itself under spreader pressure, so creating a kind of "dynamic stop".

Phase 1

A Microseal master cone (Fig. 1) is to be chosen as in the Lateral Condensation Technique (Fig. 8a). It is suitable to always use a .02 taper cone.

The master cone is introduced into the canal after having applied a small amount of sealer in the canal coronal third (Figs. 8b-9); then the cone is condensed using either a manual or an engine spreader (Figs. 2a b) which is to be brought to 2-3 mm from the apex (Fig. 8c). The engine spreaders must be used with a low speed handpiece (340 rpm).

We think that it is nearly always suitable to use a tip size #25 .04 taper spreader. In the thinner canals it may be necessary to employ a #25 .02 taper spreader.

Ni-Ti spreaders seem to be able to perform a more effective condensing action in comparison with stainless steel spreaders: they can advance apically with greater ease, also in curved canals, causing less stress on root walls (28,29).

Phase 2

The guttapercha contained in the Microflow cartridges (Fig. 5), after being preplasticized in the Microseal Heater (Fig. 7), is to be introduced into the canal by the Pac Mac.

According to our clinical experience, it is nearly always convenient to use a tip size #25 .04 taper Pac Mac. In thinner canals it may be more suitable to employ #25 or #30 .02 taper Pac Mac (Figs. 3 a b; 4 a b).

A thin and uniform layer of plasticized guttapercha is applied on the Pac Mac (Fig. 10). The Pac Mac is to be introduced passively and without having started rotation to 2-3mm from the apex (Fig. 11a). Then rotation is started (6,000-7,000 rpm) (Fig. 11b), maintaining the instrument at the same depth for about two seconds. Then the natural coronal movement of the rotating instrument is to be followed and the Pac Mac must be gradually extracted from the canal. During this movement the instrument must be kept in light touch with the root wall (Figs. 8d-11c).

Materials and methods

An *in vitro* study and a clinical evaluation was carried out in order to establish if the

ABSTRACT

Introduction

The Thermomechanical Condensation Technique was proposed by John McSpadden in the 80' (10, 11). One of the advantages of this technique, in comparison with other methods using warm guttapercha, is the shorter working time (16-20). But this technique shows also some disadvantages as the risk of overfilling (21) and the relatively high frequency of instrument fracture, e-

Malagnino VA, Passariello P, Canullo L.
La tecnica di obturazione canalare Microseal:
valutazioni preliminari *in vitro* ed *in vivo*.
G It Endo 2000; 2: 70-81

Microseal technique can determine a tridimensional obturation of the endodontic system and a good fitting of guttapercha to the canal walls.

Ten freshly extracted single root teeth were used. Root canal shaping was performed with Quantec technique. After root canal obturation with Microseal technique double projection X-rays were made. The apical third of each root was observed with a stereomicroscope (12x); the specimens were diaphanized.

Results

■ Radiographic observation

All the obturations appeared radiographically dense and homogeneous; guttapercha seems properly fitted to the endodontic morphology, determining a good filling of the irregularities of the endodontic system (Figs. 12a - 13a). In five of the ten specimens it was possible to observe the obturation of lateral canals (Fig. 12a), and a complex apical system (Fig. 13a).

■ Microscope observation

Microscope observation made it possible to notice the presence of sealer and guttapercha at the apex (Figs. 12b - 13b).

■ Diaphanization

After diaphanization it was possible to observe that root canal obturation were made by a single homogeneous mass of guttapercha, which showed a proper fitting to and according to the results of the *in vitro* study the Microseal technique makes it always possible a good vertical obturation control. Such a difference may be explained on the ground of physical consideration.

In the Microseal technique guttapercha vertical control is achieved using a master cone which can be properly fitted in the apical preparation thanks to the use of a very malleable guttapercha and thanks to the condensation carried out by the spreader. This way it is possible to prevent apical overfilling nevertheless maintaining the high filling ability that characterized the obturation techniques using warm guttapercha.

Conclusion

This study pointed out that the Microseal technique makes it possible a good apical control, without any reduction of the filling

ability. The *in vitro* study emphasized that this technique allows a dense and homogeneous obturation and a tridimensional filling of the whole endodontic system. In the diaphanized specimens the obturation material appeared properly fitted to the canal walls.

The clinical experience proved that the Microseal technique makes it possible a tridimensional obturation with guttapercha, even in the presence of complex endodontic anatomies, with the advantage (if compared with other techniques using warm guttapercha) of permitting a more conservative root canal shaping and of making it possible a good vertical control.

Key word:

Endodontic obturation.

INTRODUZIONE

La Letteratura è concorde nell'affermare che il fine dell'otturazione canalare è quello di sigillare ermeticamente l'intero sistema endodontico in modo tridimensionale. Una volta effettuata la detersione e sagomatura dell'endodonto, la chiusura completa delle uscite (1-5) e degli imbocchi canalari (6-8) consente il mantenimento nel tempo dell'asepsi e, quindi, delle condizioni che rendono possibile la guarigione endodontica dell'elemento dentario.

Per ottenere tali risultati, negli anni sono state proposte diverse tecniche che fanno uso di guttaperca plasticizzata, che consente di riempire il sistema endodontico in tutte le sue complessità (tecnica di Compattazione Verticale di Schilder e sue evoluzioni (5, 9) tecnica di Condensazione Termomeccanica (10-12), tecnica Thermafil (13, 14), tecnica Multi Phase (12, 15) ed altre.

Agli inizi degli anni '80 John McSpadden ha proposto una tecnica di otturazione canalare denominata tecnica di Condensazione Termomeccanica (10, 11). Essa prevedeva l'utilizzo di uno strumento (McSpadden Compactor) che aveva un disegno simile a quello di un Hedström rovesciato, ossia con le lame rivolte verso la punta anziché verso il manico. Il compattatore, montato su mani-

polo contrangolo 1:1, veniva inserito nel canale accanto ad un cono di guttaperca e fatto ruotare a 20.000 rpm. Il calore generato per attrito dalla rotazione dello strumento provocava il rammollimento del materiale da otturazione che, grazie al disegno delle lame dello strumento, veniva spinto verso l'apice. Ciò permetteva l'adattamento del materiale da otturazione all'anatomia canalare, determinando il riempimento tridimensionale ed il sigillo del sistema endodontico con guttaperca (16-20). Uno dei vantaggi di questa tecnica di otturazione, rispetto ad altre metodiche che facevano ugualmente uso di guttaperca termoplastificata, era rappresentato dai tempi di esecuzione nettamente più ridotti. La tecnica di Condensazione Termomeccanica mostrava, però, alcuni inconvenienti, il principale dei quali era rappresentato dal difficile controllo verticale dell'otturazione e quindi dal rischio di determinare sovraotturazioni (21). Un altro problema riguardava la relativamente alta incidenza di frattura dello strumento, soprattutto nei canali curvi (16, 17, 18, 22).

Per diminuire la frequenza di questi inconvenienti alcuni Autori (21) hanno suggerito tecniche ibride, nelle quali la Condensazione Termomeccanica viene eseguita dopo aver sigillato la porzione apicale con un cono compattato a freddo. Altri Autori (23) hanno proposto l'uso di strumenti con disegni delle lame e dimensioni leggermente differenti, come il TLC (Brasseler, USA), ed hanno suggerito una diversa metodica di esecuzione della tecnica.

Mantenendo inalterato il concetto di base, cioè quello di utilizzare uno strumento rotante all'interno del canale per introdurre e condensare la guttaperca termoplastificata, le successive evoluzioni della tecnica di Condensazione Termomeccanica hanno sfruttato i progressi tecnici compiuti nel campo dell'endodonzia: l'adozione delle leghe Ni-Ti e le nuove conoscenze riguardo le proprietà fisico-chimiche e le conseguenti nuove metodiche di produzione della guttaperca. La tecnica Multi-Phase (12, 15) prevede, infatti, l'uso di uno strumento dal disegno simile al Compattatore di McSpadden, ma costruito in nichel-titanio con diametri di punta e conicità variabili, che pren-

de il nome di Pac Mac. L'altra innovazione di questa tecnica è rappresentata dall'adozione di una guttaperca particolare, definita dai produttori di fase a, che viene preplastificata e successivamente introdotta nel canale con lo strumento rotante; le caratteristiche peculiari di tale materiale rispetto alle guttaperche tradizionali sono: un più basso punto di fusione, un tempo più lungo di lavorabilità, una minore contrazione durante il raffreddamento, l'adesività alle superfici dentarie (24-27). La caratteristica più rilevante ai fini clinici è, però, rappresentata dall'elevata fluidità: ciò, se da una parte permette un miglior adattamento del materiale alle irregolarità dell'endodonto, dall'altra determina, comunque, un difficile controllo verticale dell'otturazione. La tecnica Multi-Phase si caratterizza per un'elevata capacità di riempimento anche in presenza di sistemi canalari complessi (15), ma presentava il difetto di un'alta incidenza di sovraotturazioni.

LA TECNICA MICROSEAL

Per sfruttare i vantaggi offerti dall'uso di una guttaperca più fluida diminuendo il rischio di determinare una sovraotturazione, è stata proposta un'evoluzione della tecnica Multi-Phase che mantiene inalterati i vantaggi di questa metodica di otturazione, ma in cui è stato migliorato il controllo verticale mediante l'uso di un cono master che funge da "tappo" apicale, che viene posizionato e condensato all'interno del canale prima dell'introduzione della guttaperca termoplastica. Tale metodica prende il nome di "Tecnica Microseal".

In questa tecnica vengono utilizzati coni di guttaperca e guttaperca preplastificata, entrambi realizzati con guttaperca di nuova generazione ad elevata plasticità, e spreaders e condensatori termomeccanici in Ni-Ti capaci di lavorare in tutte le traiettorie canalari. La presenza di un cono master che impegna l'apice, le cui caratteristiche fisico-chimiche sono tali da consentirne l'integrazione con la guttaperca preriscaldata, dovrebbe permettere un riempimento completo, ma controllato, dello spazio endodontico.

La tecnica Microseal può essere schematicamente suddivisa in due fasi:

■ **Fase 1:** si posiziona all'apice un cono di

guttaperca e lo si compatta a freddo con uno spreader in Ni-Ti.

□ **Fase 2:** si riempie il restante spazio endodontico con la guttaperca preplastificata veicolata con un condensatore in Ni-Ti (Pac Mac).

MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA TECNICA

La metodica prevede l'uso di:

□ coni di guttaperca Microflow, di diverso diametro di punta e conicità .02 e .04, realizzati con guttaperca ad elevata plasticità (Fig. 1);

□ spreaders in nichel-titanio (montati su micromotore o manuali, con diametro di punta #20 e #25 e conicità .02 e .04) (Figg. 2 a b);

■ condensatori in Ni-Ti (Pac Mac) (Figg. 3a b), esistenti con diversi diametri di punta e conicità .02 e .04 (Figg. 4 a b);

■ cartucce di guttaperca Microflow a bassa temperatura di fusione (ciascuna delle quali contiene una dose sufficiente per l'ottura-

zione di 6-7 canali) con caratteristiche chimico-fisiche simili a quelle della guttaperca dei coni (Fig. 5);

□ siringa dispenser per le cartucce di guttaperca (Fig. 6);

□ riscaldatore Microseal per plasticizzare la guttaperca contenuta nelle cartucce (porta la guttaperca a temperatura di lavoro in 15" ed ha un tempo di preriscaldamento di circa un minuto, a partire dal momento dell'accensione) (Fig. 7).



Fig. 1 - Coni di guttaperca Microflow.
Fig. 1 - Microflow master cones.

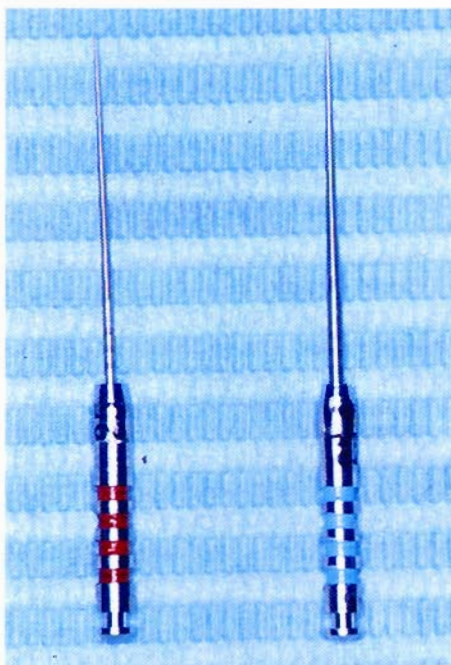


Fig. 2a - Spreaders in Ni-Ti meccanici da montare su micromotore a bassa velocità di rotazione.

Fig. 2a - Ni-Ti engine spreaders to be used with low speed handpiece.

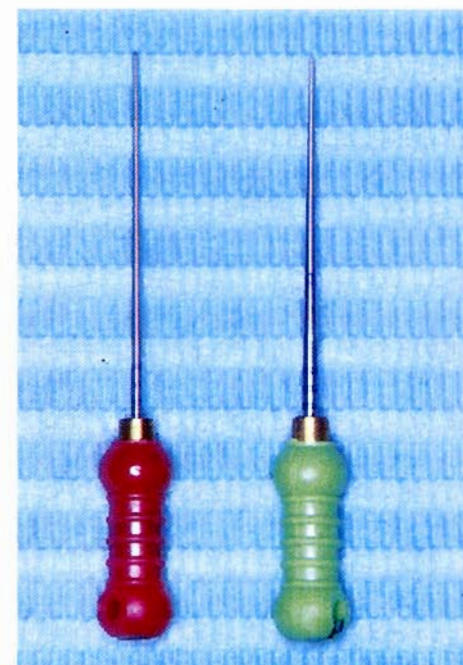


Fig. 2b - Spreaders in Ni-Ti manuali.
Fig. 2b - Ni-Ti hand spreaders.

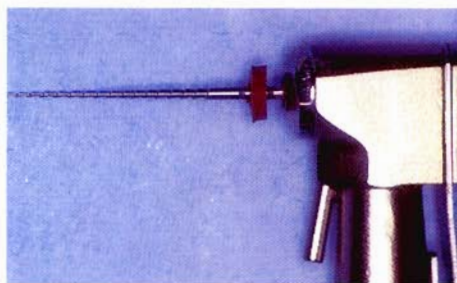


Fig. 3a - Condensatore in Ni-Ti Pac Mac: lo strumento deve essere utilizzato montato su di un manipolo contrangolo 1:1.

Fig. 3a - Ni-Ti Condenser Pac Mac: the instrument must be used with a 1:1 handpiece

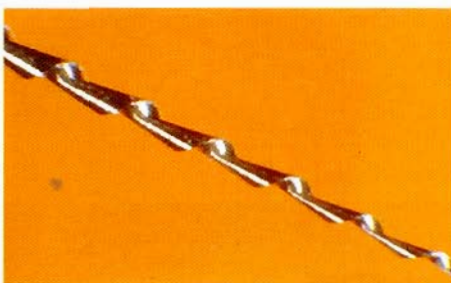


Fig. 3b - Condensatore in Ni-Ti Pac Mac: immagine allo stereomicroscopio della parte lavorante; si nota il disegno a vite inversa delle lame.

Fig. 3b - Ni-Ti Condenser Pac Mac: stereomicroscopic image of the working part; notice the inverse screw shape of the blades.

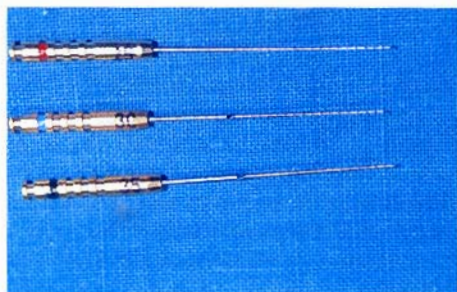


Fig. 4a - Il Pac Mac è disponibile con diversi diametri di punta.

Fig. 4a - Pac Mac is produced with different tip sizes.

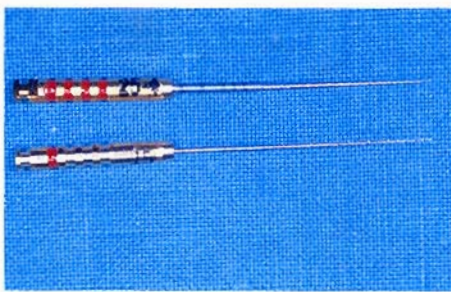


Fig. 4b - Pac Mac #25 .04 and .02 taper.

Fig. 4b - Pac Mac #25 conicità .04 e .02.



Fig. 5 - Cartucce di guttaperca Microflow.

Fig. 5 - Microflow cartridges.



Fig. 6 - Siringa dispenser per le cartucce di guttaperca.

Fig. 6 - Microflow syringe for guttapercha cartridges.



Fig. 7 - Riscaldatore Microseal.

Fig. 7 - Microseal Heater.

Per utilizzare la metodica Microseal non è richiesta una sagomatura specifica del canale, ma è necessaria una preparazione conica continua (che può essere ottenuta sia con una moderna tecnica con strumenti Ni-Ti, sia con una tecnica di strumentazione tradizionale); è, inoltre, opportuno effettuare una preparazione apicale particolare, che consenta di creare un conveniente alloggiamento apicale per il cono master. Una volta che con la sagomatura si è ottenuta una preparazione la cui conicità è stata scelta in base alle caratteristiche del canale e con un apice di diametro #25, per completare la strumentazione è necessario "rifinire" gli ultimi millimetri apicali: si tratta di portare uno strumento #30 ed uno #35 di conicità .02 a ridosso dell'apice, cioè nella zona compresa tra l'apice ed un millimetro da esso,

ed uno strumento #40 di conicità .02 ad un millimetro dall'apice. Questa metodica di preparazione apicale consente la creazione di uno stop nell'ultimo millimetro del canale nel quale il cono master sotto l'azione dello spreader può ulteriormente impegnarsi, realizzando quindi una sorta di "stop dinamico".

Fase 1

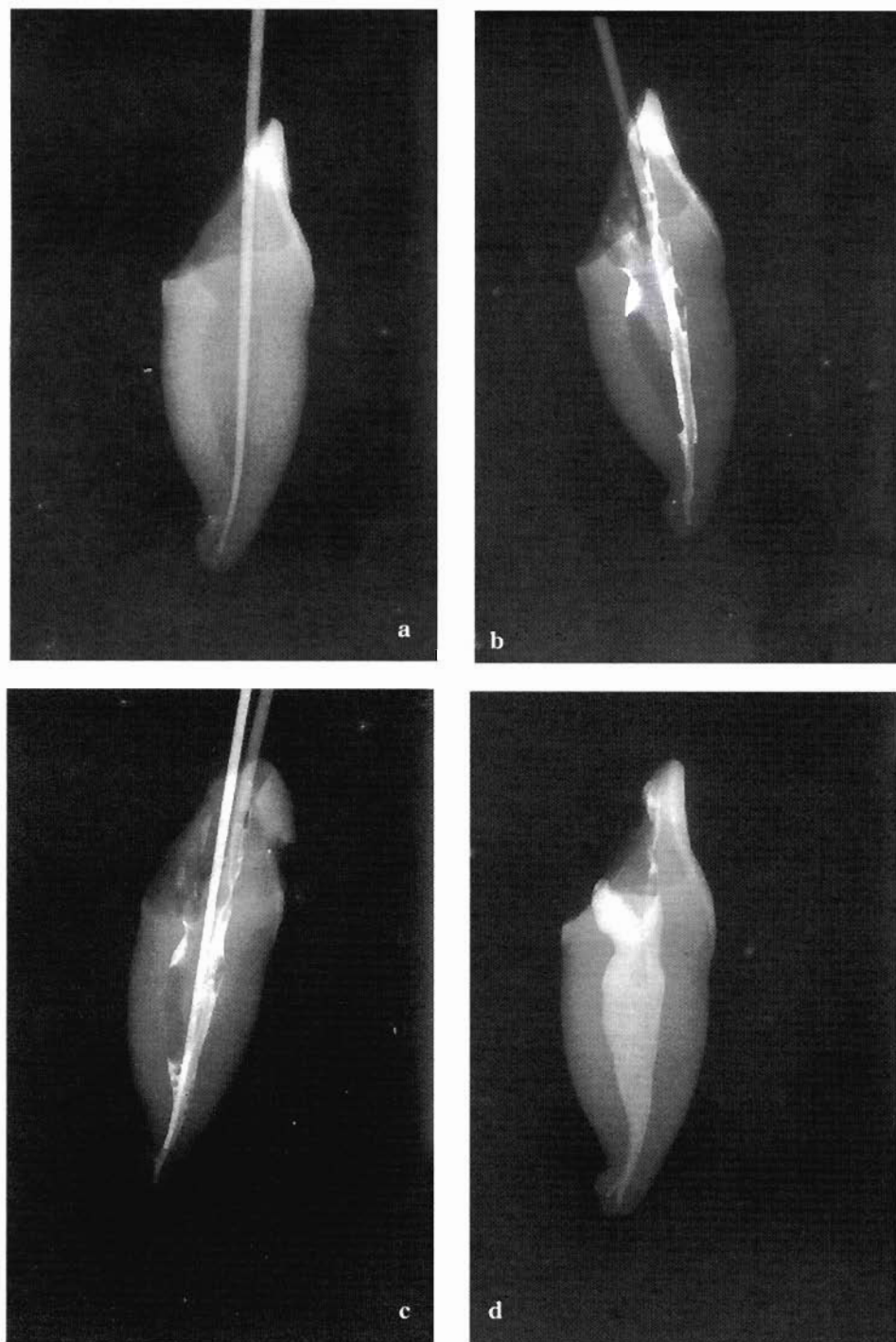
Il primo passaggio nell'esecuzione della tecnica Microseal consiste nella scelta di un cono di guttaperca che si adatti alla preparazione apicale; esso, come abbiamo detto, ha la funzione di occludere l'apice e quindi di impedire alla guttaperca plasticizzata, introdotta dal Pac Mac in rotazione, di fluire oltre apice. Questo cono, perciò, deve avere un calibro di punta ed una conicità che gli consentano di prendere contatto con la pa-

rete canalare esclusivamente a livello dell'ultimo millimetro apicale, lasciando uno spazio sufficiente alla seconda fase dell'otturazione. Per questo motivo è consigliabile usare sempre un cono (in genere con diametro in punta compreso tra #25 e #35) di conicità .02: coni di conicità maggiore, infatti, potrebbero ridurre eccessivamente lo spazio per la fase successiva.

Il cono master Microflow, secondo quanto dichiarato dal produttore, presenta le caratteristiche chimico-fisiche della guttaperca di fase a, quindi è dotato di elevata plasticità. Ciò permette di ottenere un migliore adattamento della guttaperca nella fase di condensazione a freddo e di creare un'unica massa di otturazione con la guttaperca preplasticizzata inserita nella Fase 2 dell'otturazione.

La scelta e l'adattamento del cono master all'apice viene effettuata secondo le modalità note per la tecnica di condensazione laterale: si deve selezionare un cono che si venga ad arrestare nell'ultimo millimetro della preparazione ("stop dinamico") impegnandosi nella preparazione apicale, dando origine alla nota sensazione del "tug-back". Per ottenere questo risultato è a volte necessario accorciare un cono di calibro di punta lievemente inferiore a quello della preparazione apicale. Il corretto posizionamento del cono all'apice deve essere verificato radiograficamente (Fig. 8a).

Una volta asciugato il canale, si inserisce u-



Figg. 8 - Otturazione con tecnica Microseal eseguita su di un dente estratto.

a. Scelta del cono master: il corretto posizionamento all'apice del cono viene verificato radiograficamente. **b.** Dopo aver applicato del cemento nel 1/3 coronale del canale viene introdotto nel canale il cono master, la cui punta è stata sporcata nel cemento. **c.** Il cono master viene condensato portando uno spreader in Ni-Ti a 2-3 mm dall'apice.

d. Radiografia di controllo: il canale radicolare appare completamente riempito da una massa omogenea di guttaperca.

Figs. 8 - Microseal technique obturation of an extracted tooth.

a. Selection of the master cone: the correct apical location must be verified by a x-ray. **b.** After having applied a small amount of sealer in the coronal 1/3 of the canal the master cone is introduced into the canal (its tip must be dipped in the sealer). **c.** The master cone is condensed bringing a Ni-Ti spreader to 2-3 mm from the apex. **d.** Radiographic control: the canal appears completely filled by a homogeneous mass of guttapercha.

na piccola quantità di cemento nel terzo coronale (utilizzando per esempio con un cono di carta #35 o #40) (Fig. 9); il cemento deve avere un'elevata consistenza. La sua funzione è quella di lubrificante, piuttosto che di riempitivo, risultando necessario per consentire alla guttaperca preplastificata di avanzare all'interno del canale. Il tipo di cemento consigliato è un cemento all'ossido di zinco ed eugenolo, a formula di Ricketts (tipo Pulp Canal Sealer, Argoseal ecc.), comunque un cemento che non indurisce con il calore.

Si introduce, quindi, il cono master (i cui ultimi 3-4 mm sono stati sporcati di cemento) (Fig. 8b) e successivamente lo si condensa portando uno spreader a 2-3 mm dall'apice (Fig. 8c): l'obiettivo è quello di aumentare l'adattamento apicale del cono e di schiac-

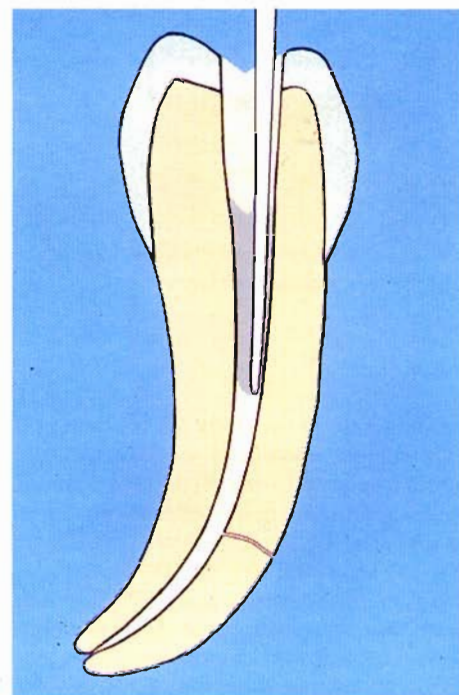


Fig. 9 - Prima di posizionare il cono master si deve applicare una piccola quantità di cemento nel 1/3 coronale del canale, per esempio utilizzando un cono di carta di grosse dimensioni.

Fig. 9 - Before the introduction of the master cone a small amount of sealer is to be applied in the coronal 1/3 of the canal using, for example, a big paper point.

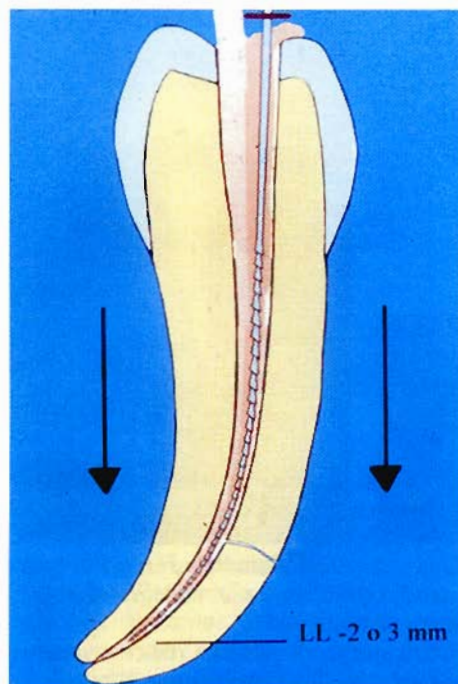


Fig. 11a - Il Pac Mac ricoperto di gutta-perca plasticizzata viene introdotto, da fermo, nel canale nello spazio lasciato dallo spreader dopo la condensazione.

Fig. 11a - The Pac Mac covered by plasticized gutta-percha must be introduced (without having started rotation) in the space left by the spreader after condensation;

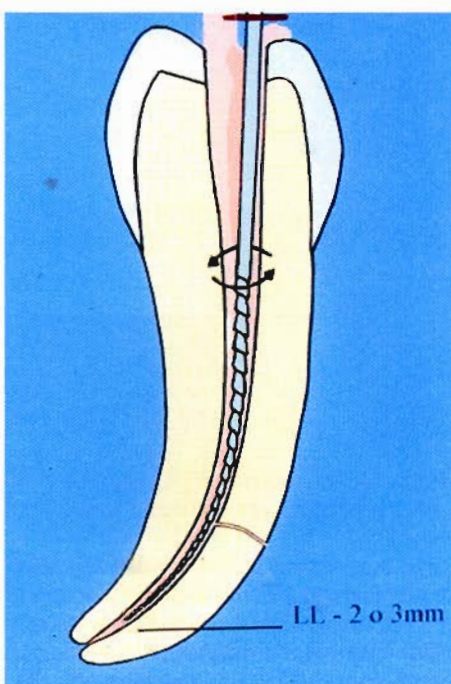


Fig. 11b - Il Pac Mac viene fatto ruotare ad una velocità di circa 6.000 - 7.000 rpm. Lo strumento deve essere mantenuto alla stessa profondità resistendo alla spinta in uscita per circa 2 secondi.

Fig. 11b - Pac Mac rotation is started at about 6,000 - 7,000 rpm. The instrument must be kept at the same depth offering resistance to the instrument's natural movement of going out for about 2 seconds.

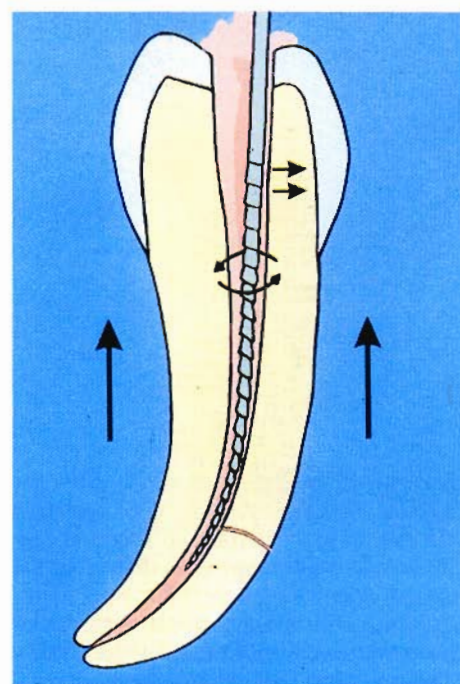


Fig. 11c - Il Pac Mac viene estratto dal canale mantenendolo in costante leggero contatto con una parete canalare.

Fig. 11c - The Pac Mac must be gradually extracted from the canal. During this movement the instrument must be kept in light touch with root wall.

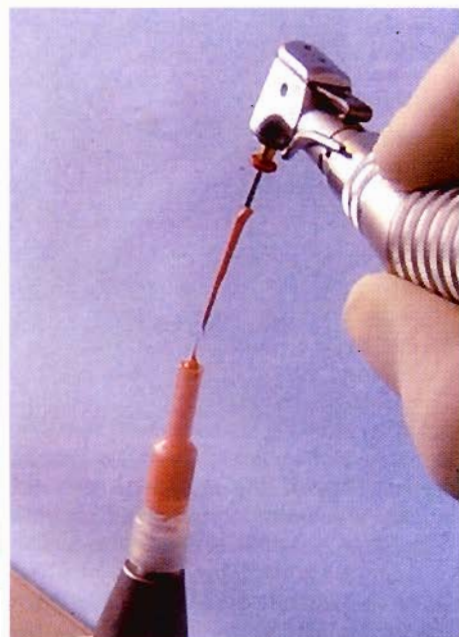


Fig. 10 - Il Pac Mac viene rivestito di gutta-perca termoplastica.

Fig. 10 - The Pac Mac is covered by thermoplastic gutta-percha.

ciarlo lungo le pareti del canale e creare lo spazio per l'introduzione della gutta-perca termoplastica (Fase 2). Per effettuare in modo efficace questo procedimento, equivalente ad una condensazione laterale, sono stati realizzati degli spreaders in nichel-tita-

nio sia manuali che meccanici. Questi ultimi devono essere montati su micromotore a bassa velocità di rotazione e fatti ruotare a circa 340 rpm: il movimento di inserzione in rotazione continua, eseguito seguendo una parete del canale, deve consentire allo spreader di arrivare a 2-3 mm dall'apice, esercitando una compressione sul cono; ciò ne aumenta notevolmente la resistenza alla dislocazione (tug-back). Risultati simili possono essere ottenuti con gli spreaders Ni-Ti manuali, che vanno inseriti nel canale e, una volta che questi hanno iniziato ad impegnarsi tra cono e parete canalare, fatti ruotare, continuando delicatamente la progressione fino alla profondità raggiungibile, che sarà quasi sempre 2-3 mm dall'apice.

Gli spreaders in Ni-Ti esistono con diversi diametri di punta e conicità; quello che a noi sembra più conveniente utilizzare nella maggior parte dei casi è lo strumento con calibro di punta #25 e conicità .04. Nei canali più sottili si può utilizzare uno spreader con calibro di punta #25 conicità .02.

Gli spreaders in Ni-Ti sembrano in grado di esercitare una più efficace azione di condensazione laterale rispetto agli strumenti tradizionali in acciaio, essendo in grado di avanzare più facilmente in direzione apicale tra cono di gutta-perca e parete canalare, anche in canali curvi, determinando, inoltre, minori stress sulle pareti radicolari (28, 29).

Fase 2

Questa fase consiste nell'introduzione della gutta-perca pre-plasticizzata nello spazio canalare creato dallo spreader, utilizzando il Pac Mac in rotazione.

I Pac Mac esistono con diversi calibri di punta e conicità .02 e .04; nella maggior parte dei casi, secondo la nostra esperienza clinica, sembra preferibile usare uno strumento con diametro di punta #25 di conicità .04. Nei canali più sottili può essere preferibile utilizzare uno strumento #25 o #30 conicità .02.

Questa fase ha inizio con l'applicazione della gutta-perca termoplastica sul compattatore in Ni-Ti. La gutta-perca viene plasticizzata inserendo nel riscaldatore una cartuccia montata sull'apposita siringa dispenser. La parte lavorante del Pac Mac, montato su un manipolo contrangolo 1:1, viene introdotta nell'ugello della cartuccia Microflow contenente gutta-perca plasticizzata. Successivamente lo strumento viene estratto lentamente dalla cartuccia, mentre si esercita una pressione leggera e continua sullo stantuffo della siringa. Le lame del Pac Mac devono risultare rivestite da uno strato sottile ed uniforme di gutta-perca termoplastica (Fig. 10).

Il Pac Mac ricoperto di gutta-perca plasticizzata viene quindi introdotto nel canale nello spazio lasciato dallo spreader. Lo strumento deve essere inserito passivamente e da fermo (senza attivarne la rotazione) (Fig. 11a).

Dato che il Pac Mac ha lo stesso diametro di punta e la stessa conicità dello spreader utilizzato in precedenza, è in grado di raggiungere la medesima profondità: circa 2-3 mm dall'apice.

Si avvia quindi la rotazione ad una velocità che è stata preimpostata a circa 6.000 - 7.000 rpm (Fig. 11b). Questa, grazie al disegno delle lame dello strumento, spinge il materiale da obturazione verso l'apice; il flusso della guttaperca contro le pareti canalari provoca una spinta sul compattatore verso coronale, lo strumento viene cioè spinto fuori dal canale. L'operatore deve resistere per circa 2 secondi a questo movimento in uscita dello strumento, mantenendo lo strumento alla profondità raggiunta con l'inserzione passiva: in questo modo la guttaperca viene spinta a riempire lo spazio endodontico, otturando eventuali uscite multiple, irregolarità del sistema endodontico o canali laterali. Dopo circa 1-2 secondi, con un movimento graduale e continuo, si asseconda il movimento in uscita dello strumento; il Pac Mac viene estratto dal canale mantenendolo in costante leggero contatto con una parete canalare; ciò permette di trattenere e compattare la guttaperca all'interno del canale (Figg. 8d - 11c); se non si mantiene questo contatto in uscita lo strumento tende ad estrarre la guttaperca dal canale.

Se nella radiografia di controllo post-operatoria si osserva un non perfetto riempimento del canale, è possibile rientrare con lo spreader nella massa di guttaperca ancora morbida. Ciò permette di creare lo spazio per l'inserimento di altra guttaperca fluida con il Pac Mac. Questa situazione si verifica frequentemente nella porzione coronale dei canali di dimensioni più ampie, per cui, in questi casi è necessario eseguire quasi routinariamente la seconda introduzione di guttaperca nei primi millimetri del canale.

MATERIALI E METODI

E' stato condotto uno studio *in vitro* ed una valutazione clinica *in vivo* per studiare la capacità di riempimento tridimensionale del

sistema endodontico e la capacità di adattamento alle pareti canalari della tecnica Microseal.

Dieci denti umani monoradicoli appena estratti, sono stati immersi per alcuni minuti in ipoclorito di sodio fino a completa eliminazione dei residui di legamento parodontale, quindi, conservati in soluzione fisiologica.

Sono state eseguite, per ciascun dente, una radiografia in proiezione vestibolo-orale ed una in proiezione mesio-distale, in modo da evidenziare al meglio l'anatomia canalare.

Si è proceduto all'esecuzione della cavità d'accesso, ponendo particolare attenzione all'eliminazione di qualunque interferenza coronale. La sagomatura dello spazio endodontico è stata effettuata con la metodica Quantec.

Durante la strumentazione canalare i canali sono stati irrigati utilizzando dopo ciascuno strumento 2 ml di ipoclorito di sodio al 5%. Al termine della strumentazione i canali sono stati ulteriormente irrigati alternando per tre volte una soluzione di EDTA al 17% ed ipoclorito di sodio, che sono state tenute nel canale per un minuto dopo ciascun lavaggio.

Una volta asciugati i canali, è stato scelto ed adattato un cono di guttaperca Microflow di conicità .02 ed adeguato diametro di punta, in modo da ottenere la necessaria sensazione di tug-back; è stata, quindi, eseguita una radiografia di controllo.

Il cono è stato rimosso e nei 2/3 coronali del canale è stato applicato del cemento, quindi, è stato riposizionato il cono dopo averne sporcato gli ultimi 3-4 mm di punta con del cemento.

Il cono master è stato condensato con uno spreader in Ni-Ti #25 conicità .04 montato su manipolo (340 rpm), introdotto nel canale fino a 2-3 mm dalla punta del cono.

Un PacMac (#25 conicità .04), montato su un manipolo 1:1 è stato rivestito di guttaperca fluida ed è stato introdotto da fermo nello spazio lasciato dallo spreader. Il micro-motore è stato quindi fatto ruotare ad una velocità di 6000 rpm, senza esercitare alcuna pressione sullo strumento, ma resistendo solamente alla spinta in senso coronale per circa 2 secondi. Il condensatore in rotazione è stato, quindi, fatto uscire lentamente dal canale, facendo attenzione a mante-

nerlo in contatto con una parete canalare, in modo da permettere alla guttaperca di rimanere nello spazio endodontico.

Una volta completata l'otturazione di tutti i canali, i denti sono stati radiografati in doppia proiezione.

Il 1/3 apicale di ciascuna radice è stata osservata allo stereomicroscopio (12x).

Successivamente i campioni sono stati diafanizzati. La corona è stata ricoperta di cera, quindi i denti sono stati immersi in una soluzione di acido nitrico al 5% per 3 giorni, rinnovando la soluzione giornalmente. Una volta ottenuta la completa decalcificazione (verificata radiograficamente) i campioni sono stati lavati per 4 ore in acqua corrente e successivamente disidratati immergendoli in soluzioni a concentrazione crescente di alcool etilico (12 h in alcool ad 80°, 2 h in alcool a 90°, 2 h in alcool a 96°). I campioni sono stati, in fine, resi trasparenti ponendoli per circa 2 h in metile salicilato.

RISULTATI

Esame radiografico

All'esame radiografico le otturazioni appaiono dense ed omogenee, la guttaperca mostra un buon adattamento alla morfologia endodontica, determinando un buon riempimento delle irregolarità del sistema canalare (Fig. 12a - Fig. 13a).

In cinque casi su dieci sono stati evidenziati dei canali laterali (Fig. 12a); in un caso sono state evidenziate uscite apicali multiple (Fig. 13a).

Osservazione allo stereo microscopio

L'osservazione allo stereomicroscopio permette di osservare che a livello apicale sono presenti guttaperca e cemento (Fig. 12b - Fig. 13b).

In cinque casi su dieci è stata evidenziata la chiusura di un canale laterale (Fig. 12b); in un caso sono state evidenziate uscite multiple (Fig. 13b).

Diafanizzazione

L'analisi dei campioni diafanizzati mette in evidenza che le otturazioni canalari sono co-



12a



12b



12c



12d

Campione n°1 / Sample n°1

Fig. 12a - Radiografia di controllo al termine dell'otturazione canalare: si nota che il canale radicolare è completamente riempito da una massa omogenea di gutta-percha; a livello del 1/3 apicale è stato otturato un canale laterale.

Fig. 12a - Radiographic control after root canal obturation: it is possible to notice that the canal is completely filled by an homogeneous mass of gutta-percha; in the apical 1/3 can be observed the obturation of a lateral canal.

Fig. 12b - Fotografia allo stereomicroscopio della zona apicale: si nota la presenza di cemento canalare che si affaccia in corrispondenza dell'apice radicolare e dell'uscita del canale laterale.

Fig. 12b - Stereomicroscopic image of the apical zone: it is possible to notice endodontic sealer appearing at the apex and at the lateral canal's foramen.

Fig. 12c,d - Il campione dopo diafanizzazione: in entrambi gli ingrandimenti l'otturazione appare densa ed omogenea e ben adattata alle pareti radicolari. Viene confermata l'avvenuta otturazione di un canale laterale nel 1/3 apicale del canale che appare almeno parzialmente riempito di gutta-percha.

Figs 12c,d - After diaphanization: both the magnifications show a dense and homogeneous obturation properly fitted to the canal walls. The obturation of a lateral canal in the apical 1/3 is confirmed: it appears at least to some extent filled by gutta-percha.



13a



13b



13c



13d

Campione n°2 / Sample n°2

Fig. 13a - Radiografia di controllo al termine dell'otturazione canalare. L'otturazione mostra un buon adattamento alle irregolarità del sistema endodontico; è possibile notare l'otturazione di un sistema apicale complesso con uscite multiple.

Fig. 13a - Radiographic control after root canal obturation. It shows an obturation properly fitted to the irregularities of endodontic system; it is possible to notice the obturation of a complex apical system with multiple foramina.

Fig. 13b - Fotografia allo stereomicroscopio della zona apicale: si nota la presenza di cemento e gutta-percha che si affacciano in diversi punti dell'apice.

Fig. 13b - Stereomicroscopic image of the apical zone: notice sealer and gutta-percha appearing in several points of the apex.

Fig. 13c,d - Dopo diafanizzazione è possibile osservare in entrambi gli ingrandimenti che l'otturazione appare densa e ben adattata alla parete canalare. A livello apicale si nota l'otturazione di un sistema apicale complesso con uscite multiple; nell'ingrandimento maggiore è possibile osservare che il sistema apicale sembra essere riempito in parte da gutta-percha ed in parte da cemento canalare.

Figs. 13c,d - After diaphanization: both the magnifications show a dense obturation properly fitted to the canal walls. In the apical zone can be noticed the obturation of a complex apical system with multiple foramina; in the the bigger magnification it is possible to observe that the apical system seems to be filled partly by gutta-percha and partly by sealer.

stituite da un'unica massa omogenea di guttaperca, con un buon adattamento della stessa alle irregolarità dell'anatomia canalare (Figg. 12cd - Figg. 13cd).

In cinque casi su dieci è stata evidenziata la chiusura di un canale laterale (Fig. 12d); in un caso sono state evidenziate uscite multiple (Fig. 13cd).

I canali laterali sembrano essere riempiti da guttaperca e cemento.

RISULTATI CLINICI

In base alla nostra esperienza clinica la metodica Microseal sembra consentire una buona obturazione canalare sia in caso di anatomie semplici, sia in caso di sistemi endodontici complessi.

Caso Clinico n° 1 (Figg. 14 a- b)

Si tratta dell'otturazione di un molare inferiore (4.7) che presenta due canali mesiali con anatomia tipo II° (secondo Weine) ed un unico canale distale.

La radiografia di controllo postoperatoria

permette di osservare un'otturazione densa ed omogenea dell'intero sistema endodontico; è possibile inoltre notare che a livello della radice distale è stato possibile ottenere l'otturazione della porzione apicale cur-

va, mentre nella radice mesiale vi è una biforcazione apicale; queste morfologie apicali sono state ben otturate con una preparazione molto conservativa, giustificata dagli esigui spessori radicolari.

Caso clinico n° 1: trattamento di un 4.6.

Clinic case n° 1: treatment of a 4.6.



Fig. 14a - Radiografia preoperatoria.
Fig. 14a - Pre-operative radiograph



Fig. 14b - La radiografia di controllo postoperatoria: l'otturazione appare densa ed omogenea; si nota l'otturazione della porzione apicale curva della radice distale e di una biforcazione apicale nella radice mesiale.

Fig. 14b - Post-obturation radiograph: the obturation appears dense and homogeneous; notice the filling of the curved apical portion of the distal root and of an apical furcation in the mesial root.

Caso Clinico n° 2 (Figg. 15 a - b - c)

Si tratta dell'otturazione di un 4.7.

Nella radiografia della prova del cono (Fig. 15 b) si nota un non corretto posizionamento del cono master all'apice del canale distale: in caso di apice rimaneggiato il cono master deve arrestarsi a 1 mm dall'apice; per

scegliere un cono master adeguato è necessario inizialmente identificare un cono che si fermi ad 1mm dall'apice quindi lo si accorcia progressivamente di 1 mm e lo si riprova nel canale in modo da scegliere il cono di calibro di punta maggiore che è in

grado di raggiungere quella profondità.

La radiografia di controllo postoperatoria mette in evidenza una buona otturazione in questo caso con apici rimaneggiati.

Caso clinico n° 2: trattamento di un 4.7

Clinic case n° 2: treatment of a 4.7

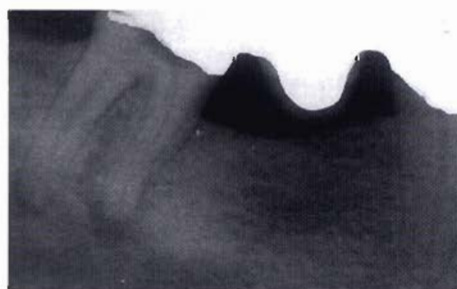


Fig. 15a - Radiografia preoperatoria: è presente un unico canale sia nella radice mesiale che in quella distale; entrambi gli apici appaiono rimaneggiati.

Fig. 15a - Pre-operative radiograph: there is only one canal in both the mesial and the distal root; both the canals show signs of apical resorption;

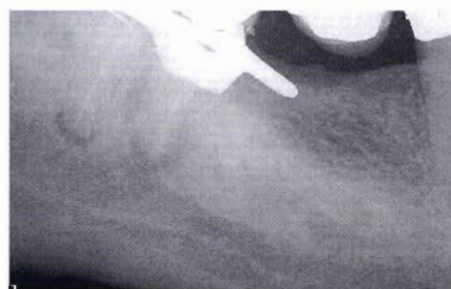


Fig. 15b - Radiografia della prova del cono: si nota un non corretto posizionamento del cono master all'apice, conseguente alla modificazione dell'anatomia apicale.
Fig. 15b - Intra-operative radiograph to check the master cone proper fitting: notice a not correct setting of the master cone at the apex, caused by the modification of the apical anatomy.



Fig. 15c - Radiografia di controllo postoperatoria: nonostante la presenza di apici rimaneggiati non si è avuta sovraotturazione.
Fig. 15c - Post-operative radiograph: in spite of apical resorption there was no over-filling.

Caso Clinico n° 3 (Fig. 16 a - b)

Si tratta dell'otturazione di un molare superiore (2.6) con una radice palatina piuttosto lunga ed un canale distale con una curva che parte dal 1/3 medio e si conclude con una controcurva distale nell'ultimo tratto apicale.

Caso clinico n° 3: trattamento di un 2.6
Clinic case n° 3: treatment of a 2.6


Fig. 16a - Radiografia di sondaggio
Fig. 16a - Intra-operative radiograph.



Fig. 16b - Radiografia post operatoria.
Fig. 16b - Post-operative radiograph.

Caso Clinico n° 4 (Fig. 17)

Si tratta dell'otturazione di un 1.5. Si nota l'otturazione di due canali laterali posti a livello del 1/3 medio del canale in corrispondenza di un'ampia lesione radiotrasparente lateroradicolare.

Caso clinico n° 4: trattamento di un 1.5.
Clinic case n° 4: 1.5.


Fig. 17 - Si nota l'otturazione di due canali laterali posti a livello del 1/3 medio del canale in corrispondenza di un'ampia lesione radiotrasparente lateroradicolare.
Fig. 17 - Notice the obturation of two accessory lateral canals localized at the middle 1/3 of the canal and connected with a large lesion.

Caso clinico n° 5.
Clinic case n° 5.


Fig. 18 - Trattamento di un 4.8 con un unico canale ed un apice complesso con uscite multiple.
Fig. 18 - Clinic case n° 5: treatment of a 4.8 with a single canal and a complex apex with multiple foramina.

Caso Clinico n° 5 (Fig. 18)

Si tratta dell'otturazione di un 4.8 con un unico canale ed un apice complesso con uscite multiple.

In questo caso sembra che l'azione di spinta del Pac Mac in combinazione con le favorevoli proprietà di scorrimento della gutta-perca abbiano consentito un'efficace otturazione tridimensionale non solo dei 2/3 coronali del canale, ma anche delle varie uscite apicali.

Caso Clinico n° 6 (Fig. 19 a-b)

Si tratta di un ritrattamento di un 3.6. Sembra evidenziarsi un buon disegno degli apici (in particolare il distale) ed un completo riempimento dei canali.

Caso clinico n° 6: ritrattamento di un 3.6.
Clinic case n° 6: retreatment of a 3.6.


Fig. 19a - Radiografia preoperatoria
Fig. 19a - Pre-operative radiograph



Fig. 19b - Radiografia postoperatoria: si nota un buon disegno degli apici (in particolare il distale) ed un completo riempimento dei canali.
Fig. 19b - Post-operative radiograph: notice a good delineation of the apices (particularly the distal one) and a complete canal filling.

DISCUSSIONE

Le tecniche di obturazione canalare che fanno uso di guttaperca termoplastificata, ed in particolare la tecnica di condensazione termomeccanica e le sue diverse evoluzioni, presentano tutte il problema di un difficile controllo verticale dell'obturazione.

Nella nostra esperienza clinica ed in base ai risultati della sperimentazione *in vitro* su denti estratti è risultato, invece, che la metodica Microseal permette sempre un buon controllo verticale dell'obturazione. Questo senza che risulti diminuita la capacità di riempimento degli spazi endodontici, caratteristica delle tecniche di fanno uso di guttaperca termoplastificata.

Tale differenza tra la tecnica Microseal e le altre metodiche di obturazione canalare con guttaperca termoplastificata possono essere spiegate in base a considerazioni fisiche. I fattori che concorrono a determinare la posizione verticale dell'obturazione e che, quindi, possono essere all'origine di un sovra o di un sotto riempimento del canale, possono essere valutati assimilando il materiale da obturazione plastico ad un fluido che scorre all'interno di un condotto. Il flusso (F) di tale fluido è soggetto alla legge di Hagen Poiseille:

$$F = P r / 8 l N$$

Il flusso, quindi, dipende da diverse variabili, correlate alle caratteristiche del fluido stesso (viscosità: N) e alle dimensioni del condotto (lunghezza l e raggio r), e varia in funzione della pressione P che viene esercitata.

La viscosità della guttaperca dipende, oltre che dalle caratteristiche chimico-fisiche della guttaperca utilizzata, dalla sua temperatura, che è una variabile clinicamente non perfettamente controllabile nel caso in cui la guttaperca venga preplastificata in un riscaldatore e poi introdotta nello spazio endodontico. La possibile variazione della temperatura raggiunta nel riscaldatore ed il raffreddamento non controllabile che si verifica nel tempo che intercorre tra l'estrazione dal fornello e l'inserimento nel canale possono influenzare la viscosità del materiale. La pressione esercitata sulla guttaperca

plastica è un altro parametro che può variare, essendo legato all'operatore ed allo strumento utilizzato. Altro fattore che contribuisce a rendere difficilmente controllabile la velocità di avanzamento del materiale da obturazione è la morfologia del sistema endodontico. Le caratteristiche dell'anatomia canalare che influenzano maggiormente il flusso della guttaperca termoplastica sono: diametri, conicità, lunghezza del canale. In particolare i diametri e la conicità sono parametri non sempre esattamente controllabili e che possono mostrare un'importante variabilità. Le tecniche di preparazione canalare più attuali, che fanno uso di strumenti rotanti in Ni-Ti, permettono una relativa conoscenza del calibro e della conicità minima della preparazione lungo il decorso del canale, ma nella realtà clinica, a causa delle caratteristiche anatomiche dello spazio endodontico (lunghezza, traiettoria, ampiezza, sezione....) non è sempre possibile ottenere una preparazione canalare ideale con una conicità costante.

Nella tecnica Microseal la soluzione al problema del controllo verticale della guttaperca plastica è stata trovata utilizzando un cono master di guttaperca che può essere ben adattato sulla preparazione apicale grazie all'uso di una guttaperca molto malleabile ed all'azione di condensazione dello spreader. In questo modo può essere impedita la fuoriuscita apicale della guttaperca, conservando, però, l'elevata capacità di riempimento del sistema endodontico che è caratteristica delle tecniche che fanno uso di guttaperca termoplastica.

ottenere un'obturazione densa ed omogenea ed il riempimento tridimensionale dell'intero sistema endodontico. Nei campioni sottoposti a diafanizzazione è stato possibile osservare un buon adattamento del materiale di obturazione alle pareti canalari.

L'esperienza clinica ha dimostrato che la tecnica di obturazione canalare Microseal permette di realizzare un'obturazione tridimensionale ad opera della guttaperca, anche in presenza di anatomie canalari complesse, con il vantaggio, rispetto alle altre tecniche che fanno uso di guttaperca fluida, di necessitare di una preparazione meno invasiva e di permettere un buon controllo verticale.

CONCLUSIONI

Questo studio ha permesso di mettere in evidenza che la tecnica Microseal permette un buon controllo apicale dell'obturazione, senza che questo si associ ad una riduzione della capacità di riempimento delle irregolarità dello spazio endodontico, in conformità con quanto evidenziato dalla più recente letteratura (30).

Lo studio sperimentale su denti estratti ha evidenziato che questa tecnica consente di

BIBLIOGRAFIA

1. Dow RP, Ingle JJ. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1955; 8: 1100-4
2. Seltzer S. Endodontology. McGraw-Hill Inc New York USA 1971: 313-26
3. Naidorf JJ. Clinical microbiology in endodontics. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 239-44
4. Nguyen NT. In: Cohen S, Burns RC *Pathways of the Pulp*. CV Mosby Co, 4th edn. St Louis MO USA 1987: 1832
5. Schilder H. Filling root canals in three dimension. *Dent Clin North Am* 1967; 11: 723-44
6. Diaz AM, Wilcox LR. Restoration of endodontically treated anterior teeth: an evaluation of coronal microleakage of glass ionomer and composite resin materials. *J Prosthet Dent* 1990; 64: 643-6
7. Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol* 1994; 10: 105-8
8. Trope MM, Chow E, Nissan R. In vitro endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1995; 11: 90-4
9. Yee FS, Marlin J, Krakow AA, Gron P. Three dimensional obturation of the root canal using injection molded, thermoplasticized dental guttapercha. *J Endodon* 1977; 3: 168-74
10. McSpadden JT. Self Instruction Manual. London UK: Ash Dentsply 1980: 6-13
11. McSpadden JT. L'obturation canalare par la technique de la compactage thermomécanique de la gutta-percha. In Laurichesse JM, Maestroni F, Breillant J. *Endodontie clinique*. Éditions cdp Paris 1986: 451-60
12. McSpadden JT. Multiphase guttapercha obturation technique. *Dent Econom* 1993; 9: 95-7
13. Johnson B. A new guttapercha technique. *J Endodon* 1978; 4: 184
14. Lares C, Eldeeb M. The sealing ability of the thermafil obturation technique. *J Endodon* 1990; 16: 474-7
15. Malagnino VA, Passariello P, Gallotini L. Analisi della tecnica di obturazione canalare con guttaperca Multi Phase secondo McSpadden. *G It Endo* 1997; 1: 23-31
16. Harris GZ, Dickey DJ, Lemon RL et al. Apical seal: McSpadden vs lateral condensation. *J Endodon* 1982; 8: 273-6
17. Kerekes K, Rowe AHR. Thermomechanical compaction of guttapercha root filling. *Int Endod J* 1982; 15: 27-35
18. O'Neil KJ, Pittis DL, Harrington GW. Evaluation of the apical seal produced by the McSpadden Compactor and by lateral condensation with a chloroform-softened primary cone. *J Endodon* 1983; 9: 242-5
19. Benner MD, Peters DD, Growner M et al. Evaluation of a new thermoplastic gutta-percha obturation technique using 45Ca. *J Endodon* 1981; 7: 500-8
20. Chaisrisookumporn S, Rabinowitz JL. Evaluation of ionic leakage of lateral condensation and McSpadden method by autoradiography. *J Endodon* 1982; 8: 493-6
21. Tagger M, Tamse A, Katz A et al. Evaluation of the apical seal produced by a hybrid root canal filling method, combining lateral condensation and thermatic compaction. *J Endodon* 1984; 10: 299-303
22. Fuss Z, Rickoff BD, Santos Mazza L et al. Comparative sealing quality of guttapercha following the use of the McSpadden Compactor and the Engine Plugger. *J Endodon* 1985; 11: 117-21
23. Malagnino VA, Passariello P, Gallotini L. Condensazione verticale termomeccanica della guttaperca. *Dental Cadmos* 1999; 9: 27-45
24. Leeper HM, Schlezinger W. Gutta II, interconversion of alpha and beta forms. *J Poly Soc* 1953; 2: 307-23
25. Schilder H, Goodman A, Aldrich W. The Thermomechanical properties of guttapercha. Part III: determination of phases transition temperatures of guttapercha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 38: 109-14
26. Cantatore G, Malagnino VA, Lupoli G. Résonance magnétique nucléaire (1 H-RMN et 13 C-RMN) de différents types de gutta-percha. *Rev Fr Endod* 1993; 12: 9-13
27. Malagnino VA, Cantatore G, Lupoli G. Analyse chimique quantitative, point de fusion et temps de plasticisation de différents types de guttapercha. *Rev Fr Endod* 1994; 13: 39-43
28. Joyce AP, Loushine RJ, West LA, Runyan DA, Cameron SM. Photoelastic comparison of stress induced by stainless steel versus nickel-titanium spreaders *in vitro*. *J Endodon* 1998; 11: 714-15
29. Davalou S, Gutmann JL, Nunn MH. Assessment of apical and coronal root canal seals using contemporary endodontic obturation and restorative materials and techniques. *Int Endod J* 1999; 32 (5): 388-96
30. Berry KA, Loushine RJ, Primack PD, Ruyan DA. Nickel-Titanium versus stainless-steel spreaders in curved canals. *J Endodon* 1998; 11: 752-54