

\* Giuseppe Cantatore  
\*\*\* Arnaldo Castellucci  
\*\*\* Antonella Dell'Agnola  
\*\* Vito Antonio Malagnino

\*Università degli Studi di Verona  
\*\*Università degli Studi di Chieti "G. D'Annunzio"  
Cattedra di Endodonzia  
Titolare: Prof. Vito Antonio Malagnino  
\*\*\* Libero professionista

Corrispondenza:  
Dott. Giuseppe Cantatore  
Via della Luce, 62  
00153 Roma

## Applicazioni cliniche dell'MTA

### Clinical use of MTA

#### RIASSUNTO

L'MTA è un cemento endodontico che si caratterizza per elevata biocompatibilità, insolubilità nei fluidi orali, adesione ai tessuti dentali, capacità di indurre processi di riparazione e di osteogenesi. Tramite l'esame della letteratura vengono illustrate le caratteristiche merceologiche ed il comportamento fisico e biologico del materiale. Vengono quindi esaminati i possibili impieghi clinici dell'MTA, valutando le indicazioni, le modalità d'uso e i limiti. Le particolari caratteristiche dell'MTA fanno sì che questo materiale possa essere preso in considerazione per il trattamento di diverse situazioni di difficile risoluzione clinica come gli incappucciamenti pulpari, le apicificazioni, il trattamento degli apici con gravi riassorbimenti patologici o lacerati in seguito a trattamenti endodontici incongrui, le perforazioni radicolari; viene anche valutato il possibile uso in endodonzia chirurgica.  
**Parole chiave:**  
Endodonzia, MTA.

#### ABSTRACT

##### Introduction

MTA stand out for high biocompatibility, permitting the growth of repairing tissue in contact with the cement itself, for insolubility in the oral fluids, for adhesion with dental tissue, for antibacterial action.

##### Characteristics of MTA

##### Chemical composition and pH

MTA is composed by a powder made of thin idrofile particles and sterile distilled water. After hydration a colloidal gel is formed which sets after 3-4 hours depending on powder-water ratio, on temperature, on ambient humidity and on the amount of air trapped during mixing. During the mixing initial phase MTA has a pH of 10,2, the value after 3 hours rises to 12,5 and then remains constant. The alkalinity of MTA justifies the action of inducing the growth of hard tissues.

##### Method of use

The powder/water mixing ratio 3:1 permits to obtain a mixture that has the consistency of wet sand. The "not easy" manipulability is a weak point of ProRoot MTA. The use of operative microscope makes its employment easier.

The setting of MTA is very slow (about 4 hours) and it is promoted by humidity, therefore it is necessary to apply a moist cotton pellet on the cement and a temporary obturation, putting off the following phases of the therapy.

##### Resistance to compression, solubility and radiopacity

The resistance to compression of MTA after 24 hours is 40Mpa, it reaches 67,3Mpa after 3 weeks. Solubility is comparable to that of other materials which can be used for the same purposes, like amalgam and SuperEBA. MTA presents a radiopacity lower than amalgam, but higher than guttapercha, IRM and SuperEBA.

##### Biocompatibility

MTA is not cytotoxic and it is able to induce the forming of dentinal bridges. Cement and bone can grow in contact with MTA.

##### Antibacterial activity

MTA has an antibacterial activity, but its spectrum of action is limited; if a bacterial contamination is suspected a dressing with calcium hydroxide must precede the application of ProRoot.

##### Marginal adaptation and sealing ability

MTA has a marginal adaptation better than amalgam, IRM and SuperEBA.

##### Resistance to humidity

Humidity and blood have not a negative effect on MTA sealing ability.

##### Clinical use

##### Pulp capping

It is possible to use ProRoot for direct capping and pulpotomy. MTA induces the forming of a reparation dentin layer in a time shorter than calcium hydroxide, while the pulp below it maintains its vitality without inflammation.

The phases of direct pulp capping with MTA consist of:

- hemostasis of the pulp wound;
- application of a layer of MTA of 2-3mm;
- application of a moist cotton pellet;

-temporary obturation.

##### Apexification

The high sealing ability of MTA together with its biocompatibility and its capacity to permit the deposition of hard tissues make it possible an alternative therapeutic approach to the treatment of necrotic teeth with open apex. The traditional treatment based on the repetition of endodontic dressings with calcium hydroxide, needs 6-18 months in order to form a calcified barrier. With MTA it is possible to treat necrotic tooth with open apex with 2-3 close visits. Apexification treatment with MTA:

##### 1<sup>st</sup> visit:

- determination of working length;
- accurate chemiomechanical cleaning of the canal;
- dressing with calcium hydroxide for 1 week.

##### 2<sup>nd</sup> visit:

- removal of calcium hydroxide;
- position and condensation of MTA with a plugger, in the presence of humidity, to obtain the filling of the last 4-5mm of canal;
- X-Ray control;
- application of a moist cotton pellet and temporary obturation;

##### 3<sup>rd</sup> visit:

- reopening of the canal, control of the cement setting, application of a layer of hot gutta-percha and post-endodontic rebuilding.

##### Apical resorptions, apical transportations

MTA can be used for very serious apical resorption when there is a total upsetting of apical anatomy and to repair apical foramen teared by very aggressive and stiff instruments, with the same technique describe for apexification. The limit is represented by a canal curvature.

##### Perforations

MTA's biocompatibility and the ability to induce bone deposition suggest to use this material for the treatment of perforations and stripping.

##### Therapy of perforation with MTA:

- cleaning of the perforated area;
- in presence of bacterial contamination, dressing with calcium hydroxide for 1 week;
- application of a layer of 2-3mm of MTA;
- X-Ray control;
- application of a moist cotton pellet;

- temporary obturation;
- after 24 hours control of MTA setting.

**Endodontic surgery**

The properties of MTA seem to make it the ideal material for retrofilling obturation. Contra-indications are the "not easy" manipulability and a very long time for the setting that doesn't permit the control and the finishing of obturation.

**Endodontic surgical treatment with MTA:**

- drying the retrograde cavity;
- application of MTA;
- finishing with a moist cotton pellet (NO SPRAY);
- X-Ray control;

**Conclusions**

MTA is a versatile material that can be used for different clinical conditions. It has limits that can be improve pursuing the following objectives:

- thinner granular dimension of the powder;
- clearer color;
- better manipulability;
- lower time of setting (ideal 15-20 minutes).

**Key words:**

Endodontics, MTA.

## INTRODUZIONE

Uno degli obiettivi più importanti in endodonzia è individuare un cemento "universale" capace cioè di adattarsi alla varietà ed alla complessità delle situazioni cliniche endodontiche.

Biocompatibilità, insolubilità nei fluidi orali, adesione ai tessuti dentali, azione antisettica, sono solo alcuni dei requisiti richiesti, riscontrabili purtroppo solo incostantemente.

Nei primi anni '90 un nuovo cemento, ideato dal Prof. M. Torabinejad e dai suoi collaboratori dell'Università di Loma Linda, sembrò dare nelle ricerche preliminari risultati eccezionali, consentendo addirittura la crescita dei tessuti di riparazione a diretto contatto con il materiale stesso.

Nella seconda metà del 1999, dopo oltre 50 ricerche tutte confermant i risultati preliminari, l'MTA è stato messo in commercio con il nome di ProRoot (Dentsply-Maillefer) con un'ampia serie di indicazioni cliniche.

### CARATTERISTICHE DELL'MTA

**Composizione chimica e pH**

L'MTA è un cemento costituito da una pol-

vere di fini particelle idrofile e da acqua distillata sterile. In particolare nella polvere sono contenuti (dati Dentsply-Maillefer):

- Silicato tricalcico
- Silicato bicalcico
- Ossido di bismuto
- Alluminato tricalcico
- Ferrito alluminato tetracalcico
- Solfato di calcio biidrato

Dopo la reazione di idratazione della polvere, si ottiene un gel colloidale che solidifica in 3-4 ore a seconda del rapporto polvere-liquido, della temperatura e dell'umidità ambientali e dell'aria intrappolata durante la miscelazione (2,15). Lo studio dell'MTA con uno spettrometro ad energia dispersiva modificato con un software Micro EDS insieme ad un microscopio a scansione (24) ha rivelato la presenza di una fase cristallina e di una fase amorfa granulare. Nella fase iniziale di miscelazione il pH dell'MTA è di circa 10,2, il valore sale dopo tre ore a circa 12,5, per poi rimanere costante (23). L'alcalinità dell'MTA, simile a quella dell'idrossido di calcio, spiegherebbe la sua azione inducente sulla formazione dei tessuti duri (23) e la sua azione antisettica su alcuni ceppi batterici anaerobi facoltativi (24).

### Modalità d'uso

Il ProRoot è disponibile in due confezioni di cui una, più grande, contiene cinque bustine da 1g di MTA e sei fiale in plastica da 0,35g di acqua distillata, mentre la seconda, più piccola, contiene due bustine da 1g e 3 fiale (Fig.1). Il prodotto è molto sensibile all'umidità ambientale, per cui qualora si decida di non adoperare tutta la dose, bisognerà richiudere la bustina ermeticamente, evitando con cura ogni contaminazione.

Il rapporto di miscelazione polvere/acqua raccomandato dalla casa produttrice è di 3:1, necessario ad ottenere un impasto dalla con-



Fig. 1 - Pro Root MTA ® : Bustina da 1g, e fialetta da 0,35 g di acqua distillata  
Fig. 1 - ProRoot MTA®: 1g dose with 0,75 g distilled water dose.

sistenza di sabbia bagnata (23-27) (Fig. 2). In realtà la quantità di acqua da adoperare e la conseguente densità dell'MTA possono variare a seconda delle preferenze dell'operatore, dell'umidità ambientale e dell'uso clinico. Ad esempio, nelle otturazioni retrograde e nelle apicificazioni si preparerà un impasto compatto più facilmente condensabile, mentre nelle perforazioni del pavimento della camera pulpare si preferirà una viscosità inferiore, per consentire al preparato di adagiarsi, quasi autonomamente, nell'area perforata. Poiché il cemento si disidrata ed essicca nel giro di pochi minuti, saranno necessarie aggiunte di acqua, per mantenerlo della consistenza desiderata. La "non facile" manipulabilità rappresenta a tutt'oggi l'unico punto debole del ProRoot MTA, che tendendo a rimanere granuloso ed a sporcare le pareti dentinali, deve essere posizionato con la massima precisione. Allo scopo è possibile usare dei porta amalgama per otturazione retrograda, con l'accortezza di pulirli perfettamente con acqua dopo l'uso, oppure degli aghi per puntura lombare leggermente modificati in punta. L'uso del microscopio operatorio facilita notevolmente l'applicazione del ProRoot mentre, per ottimizzare la sua condensazione evitando la formazione di spazi vuoti, è possibile ricorrere a pluggers montati su manipoli ultrasonici.

La presa dell'MTA è abbastanza lenta (circa 4 ore) e viene favorita dalla presenza di umidità, per cui è consigliabile applicare sul cemento un pellet di cotone umido ed una otturazione provvisoria, rimandando le fasi successive della terapia. Il tempo di presa lento dell'MTA, anche se clinicamente poco pratico, specie se confrontato con quelle del-



Fig. 2 - La consistenza raccomandata per il Pro Root è quella della sabbia bagnata anche se sono possibili variazioni a seconda delle indicazioni cliniche.  
Fig. 2 - The recommended consistence for Pro Root is that of the wet sand even if variations are possible according to different clinical indications.



l'amalgama (4 min), del SuperEBA (9min) e dell'IRM (6 min) secondo Pitt Ford (17), aumenterebbe la stabilità dimensionale del materiale, riducendone la contrazione da indurimento. In uno studio comparativo *in vitro* del 1995, Torabinejad ha addirittura dimostrato una leggera espansione dopo la presa dell'MTA (25). Dopo l'indurimento il ProRoot assume consistenza e colore simili a quelle dell'asfalto; la presenza di un sottile strato superficiale friabile in genere va considerato normale, se al di sotto il cemento si presenta compatto e consistente. Se, al contrario, l'MTA non mostra segni di presa, deve essere rimosso e sostituito. Le ragioni di questo comportamento non sono state completamente chiarite; sicuramente giocano un ruolo importante la mancanza di sufficiente umidità ed il pH acido tipico dei tessuti infiammati. L'uso di un pellet di cotone bagnato ed una medicazione intracanalare alcalinizzante a base di idrossido di calcio aiutano a prevenire questa complicazione grave soprattutto in chirurgia endodontica, dove la presa del cemento non può essere controllata direttamente dall'operatore.

#### **Resistenza alla compressione, solubilità, radiopacità**

La resistenza alla compressione dell'MTA a 24 ore è di circa 40Mpa, il valore si accresce però fino a raggiungere a 3 settimane un massimo di 67,3Mpa (23). La resistenza alla compressione dell'MTA è leggermente superiore a quella dell'IRM (57,4 Mpa), leggermente inferiore a quella del SuperEBA (78,1Mpa), mentre appare molto inferiore rispetto a quella dell'amalgama (311,1Mpa) (23). Questi bassi valori di resistenza meccanica controindicano l'uso del ProRoot come materiale da sottoporre a carichi occlusali (come nelle otturazioni).

Lo studio della solubilità ha dato valori per l'MTA paragonabili a quelli di altri materiali adoperati con gli stessi scopi, come l'amalgama e il cemento SuperEBA. Significativamente peggio si comporta il cemento IRM (23).

L'MTA, grazie al suo contenuto in ossidi minerali, presenta una radiopacità inferiore a quella dell'amalgama, ma superiore a quella della guttaperca, dell'IRM e del SuperEBA. Questa discreta radiopacità consente di distinguere il cemento dai tessuti circostanti controllandone il posizionamento (23).

#### **Biocompatibilità**

La biocompatibilità rappresenta il requisito

più importante per un materiale da adoperare in campo odontoiatrico e più in generale in campo medico. Per essere biocompatibile un materiale deve essere privo di azione tossica, irritante, allergenica, mutagenica, carcinogenica, non deve ostacolare i normali processi di guarigione né ovviamente alterare lo stato di salute generale dell'individuo.

Per valutare la biocompatibilità dell'MTA sono stati effettuati studi *in vitro* su cellule e tessuti ed *in vivo* subcutanei e di impianto osseo. Gli studi di Koh (11,12) e di Pitt Ford (17) hanno dimostrato la mancanza di citotossicità quando l'MTA venga a contatto con culture di fibroblasti e di osteoblasti, nonché la stimolazione alla formazione di ponti di dentina quando venga adoperato negli incapacucciamenti diretti. In particolare questi ponti di dentina apparirebbero più compatti e spessi di quelli ottenibili con idrossido di calcio e privi di inclusioni di tessuto fibroso. La crescita di cemento o di osso a diretto contatto con l'MTA, evidenziata anche nelle perforazioni, nelle otturazioni retrograde (21, 22, 26) e nei rimaneggiamenti apicali (8) dipenderebbe da numerosi fattori come la biocompatibilità, la capacità di sigillo, il pH alcalino e la stimolazione sulla produzione di interleuchine (11, 12). Holland (8) e Seux (19) avevano precedentemente riportato, mettendo in contatto l'idrossido di calcio con tessuto pulpare, la deposizione di cristalli di calcite immersi in una ricca rete extracellulare di fibronectina. Gli stessi cristalli sono stati dimostrati da Holland nel 1999 adoperando l'MTA (8). Questo comportamento dipenderebbe dalla formazione di ossido di calcio e fosfato di calcio durante la reazione dell'MTA con l'acqua; l'ossido di calcio reagendo a sua volta con l'acqua formerebbe l'idrossido di calcio da cui, infine, dipenderebbe la deposizione dei cristalli di calcite (23). In ultima analisi, il ruolo dell'MTA nella formazione di tessuti duri sarebbe da considerarsi di stimolazione attiva e non di inerzia, né di irritazione (9).

#### **Attività antibatterica**

Poiché l'attività antibatterica si accompagna spesso ad elevato potere irritante su cellule e tessuti, si sono attesi con molto interesse i risultati degli studi sull'azione antisettica dell'MTA, di cui era ben noto l'elevato indice di biocompatibilità. In uno studio del 1995, Torabinejad e coll. (24) hanno valutato *in vitro* le capacità antibatteriche dell'MTA su 9 specie di batteri anaerobi facoltativi e 7 specie di anaerobi obbligati, confrontandole poi

con quelle di amalgama, cemento ossido di zinco-eugenolo e SuperEBA; i risultati hanno dimostrato che nessuno dei materiali ha uno spettro di azione ampio e completo su tutte le specie batteriche esaminate, neanche i cementi a base di eugenolo, considerato un buon antisettico. In particolare, l'MTA si presentava attivo su 5 delle 9 specie anaerobie facoltative esaminate, ma su nessuna delle specie anaerobie obbligate; mentre il SuperEBA risultava efficace su 3 specie di anaerobi facoltativi e su 2 specie di anaerobi obbligati e l'amalgama su nessuna specie (24). Queste conclusioni dimostrano che lo spettro di azione dell'MTA è limitato; qualora si sospetti una contaminazione batterica sarà opportuno far precedere l'applicazione del ProRoot da una medicazione a base di idrossido di calcio (24).

#### **Adattamento marginale e capacità di sigillo**

La capacità di un cemento endodontico di adattarsi alle pareti dentinali senza soluzioni di continuità viene in genere valutata su sezioni longitudinali, direttamente o attraverso la realizzazione di repliche in resina, per diminuire il rischio di artefatti. Considerati i limiti di questo tipo di indagini (contrazione da evaporazione dei tessuti e cementi, misurazioni non tridimensionali), i risultati ottenibili hanno più valore in termini comparativi (più materiali esaminati nelle stesse condizioni) che assoluti. Nelle analisi comparative l'MTA ha dimostrato una capacità di adattamento marginale (gap medio di ~2,5µm) significativamente migliore di quella dell'amalgama (gap medio di ~6,5µm), dell'IRM (gap medio di ~11,5µm) e del SuperEBA (gap medio di ~9,5µm) (25). Le capacità di un materiale di sigillare il sistema canalare, rendendolo inaccessibile ai batteri ed alle loro tossine, viene in genere studiata con test di microinfiltrazione di coloranti, di radioisotopi e di sospensione batterica. Tecniche alternative prevedono la filtrazione dei fluidi e la microscopia a scansione associata alla sezione (longitudinale e trasversale) o alla diafanizzazione dei campioni. Adoperato come materiale per le otturazioni retrograde, situazione in cui emergono in massimo grado le capacità sigillanti di un cemento, l'MTA si dimostra significativamente superiore ad amalgama, compositi, SuperEBA ed IRM nel prevenire le microinfiltrazioni (2,5,21,25). Anche gli studi a lungo termine (da 12 settimane fino a 12 mesi) hanno confermato la validità e la stabilità del sigillo apicale ottenuto con l'MTA

(3,28,29)

**Resistenza all'umidità**

Un materiale che viene adoperato nelle otturazioni retrograde, nella riparazione delle perforazioni radicolari e nella chiusura degli apici immaturi viene frequentemente in contatto, nonostante tutte le precauzioni, con sangue o altri fluidi. Allo scopo di valutare gli effetti della contaminazione ematica su vari materiali adoperati in chirurgia endodontica, Torabinejad e coll. (22) hanno esaminato *in vitro* 90 denti estratti, divisi in 8 gruppi, apicetomizzati ed otturati retrogradamente con 4 materiali (amalgama, MTA, SuperEBA e IRM) in assenza ed in presenza di sangue. Tutti i campioni sono stati poi sottoposti a test di infiltrazione con blue di metilene all'1%. I risultati dimostrano che il SuperEBA soffre la contaminazione con il sangue con un conseguente significativo incremento della infiltrazione di colorante (22). La presenza di sangue sembra non avere invece alcun effetto sull'IRM, mentre porterebbe addirittura ad un aumento dell'ermeticità adoperando amalgama o MTA. I valori di infiltrazione di amalgama, SuperEBA ed IRM sono stati inoltre significativamente superiori rispetto a quelli dell'MTA, sia in presenza che in assenza di sangue (22).

**APPLICAZIONI CLINICHE****Incappucciamenti**

Sembra essere possibile adoperare il ProRoot negli incappucciamenti diretti. La sua elevata biocompatibilità favorisce infatti la deposizione, in tempi più brevi di quelli riportati per l'idrossido di calcio, di uno strato di dentina di riparazione, mentre il sottostante tessuto pulpare si mantiene perfettamente vitale e senza segni di flogosi (11,12,17,18,27). Ovviamente i risultati positivi richiedono un'attenta selezione dei casi clinici ed una scrupolosa sequenza operativa; se sussiste il rischio di contaminazione batterica anche parziale, sarà preferibile tentare una pulpotomia (4,7). Possiamo così riassumere le fasi di un incappucciamento diretto con MTA:

- emostasi della ferita pulpare;
- applicazione dell'MTA sull'area di esposizione pulpare e sul fondo della cavità, fino a raggiungere uno spessore di almeno 2-3 mm;
- applicazione di un pellet di cotone umido;
- otturazione provvisoria.

A distanza di 1 o 2 giorni si rimuove l'otturazione provvisoria, si controlla la presa del-

l'MTA e si passa al restauro definitivo.

Ricordiamo infine che il paziente dovrà essere ricontrollato ogni 3 mesi per 1,5-2 anni (4,7), per evidenziare la formazione del ponte di dentina al di sotto dell'MTA e l'assenza di segni di sofferenza pulpare (calcificazioni, riassorbimenti...) (Fig.3 A-D)

**Apicificazioni**

L'apicificazione mira alla formazione di una matrice apicale calcificata in un dente a polpa necrotica e ad apice immaturo, in modo da consentirne l'otturazione canalare. Il canale radicolare non si presenta rastremato, ma divergente in direzione corono-apicale con nicchie ed anfrattuosità difficili da detergere. I problemi da affrontare in questi casi sono numerosi: stabilire una corretta lunghezza di lavoro, eseguire una disinfezione adeguata e chiudere ermeticamente il canale evitando grossolani eccessi di riempimento. Il trattamento di apicificazione si è basato per decenni su medicazioni endocanalari, ripetute e prolungate, a base di idrossido di calcio (4,6,7). L'alcalinità dell'idrossido di calcio stimola la deposizione

apicale di una barriera calcificata con caratteristiche istologiche miste tra osso, cemento e dentina. La formazione di questa barriera richiede un tempo variabile fra 6 e 18 mesi; una volta ottenuta è possibile l'otturazione canalare. L'elevata capacità di sigillo dell'MTA, insieme alla sua biocompatibilità ed alla tendenza a favorire la deposizione di tessuti calcificati, permette un approccio terapeutico alternativo e radicalmente diverso nei denti immaturi a polpa necrotica. In uno studio del 1999, Shabhang (20) ha confermato la validità dell'MTA nelle apicificazioni confrontandolo con una proteina osteogenica (OP-1) e con l'idrossido di calcio. Rispetto ad OP-1 ed idrossido di calcio, l'MTA riesce a produrre barriere calcificate apicali in un numero più elevato di casi; inoltre, la quantità di tessuto depositato è maggiore, mentre i segni locali di flogosi significativamente minori. Con l'uso dell'MTA si può eseguire la terapia del dente immaturo necrotico in 2 o 3 sedute ravvicinate. Il trattamento di apicificazione con MTA si può schematizzare come segue (27):



Fig. 3 - A. Carie penetrante in paziente di 6 anni con cuspidi distali non completamente erotte ed apici fortemente immaturi. B. Rimozione del tessuto carioso ed incappucciamento diretto della polpa esposta con MTA; al di sopra è stata posizionato un pellet di cotone umido e del Cavit. I controlli a 15 mesi (C) e a 2 anni (D) dall'otturazione definitiva dimostrano una normale formazione degli apici radicolari.

Fig. 3 - A. Deep penetrating caries in a lower molar of a 6 years old patient with open apices. B. Removal of caried tissue and direct pulp capping of the exposed pulp with MTA. A wet cotton pellet and a Cavit temporary filling were placed above the MTA. Radiographies at 15 months (C) and at 2 years (D) show a normal growth of the root apices.



## I° seduta:

- determinazione della lunghezza di lavoro;
- detersione chemiomeccanica accurata del canale;
- medicazione singola di idrossido di calcio per 1 settimana.

## II° seduta:

- rimozione dell'idrossido di calcio e scelta di 2 pluggers con impegno a 2 e a 5 mm dall'apice;
- a canale leggermente umido, posizionamento dell'MTA con un piccolo porta amalgama per retrograde a circa 5mm dalla lunghezza di lavoro ed inizio della condensazione con il plugger più grosso;
- controllo radiografico;
- ulteriore condensazione con il plugger più

sottile, confermando la progressione apicale dell'MTA con ulteriori radiografie. Se il cemento tende ad essiccarsi ammorbidirlo, con poca acqua;

- quando gli ultimi 4-5mm del canale appaiono radiograficamente ben otturati, applicazione di un pellet di cotone umido ed otturazione provvisoria.

## III° seduta

- alla seduta successiva (anche il giorno dopo), riapertura del canale, controllo dell'indurimento del cemento, applicazione di uno strato isolante a base di guttaperca calda e ricostruzione post-endodontica.

L'uso del microscopio operatorio facilita enormemente tutte le fasi e permette di controllare direttamente la detersione del canale, il

posizionamento e la condensazione dell'MTA e, dopo il suo indurimento anche la qualità del sigillo apicale.

È importante sottolineare che con la metodica descritta è a volte difficile evitare la fuoriuscita oltre apice del cemento, anche se in quantità limitata, fuoriuscita che per altro non sembra avere effetto sui processi riparativi (8,12,15,24,27). È comunque possibile controllare i sovrariempimenti creando, sotto microscopio, una barriera apicale artificiale con del collagene, come il CollaCote, o dell'osso sintetico. Questi materiali, entrambi riassorbibili, vanno spinti oltre apice e, se presente, nel difetto osseo, fino ad ottenere una barriera su cui si potrà condensare il ProRoot (Figg. 4-5).

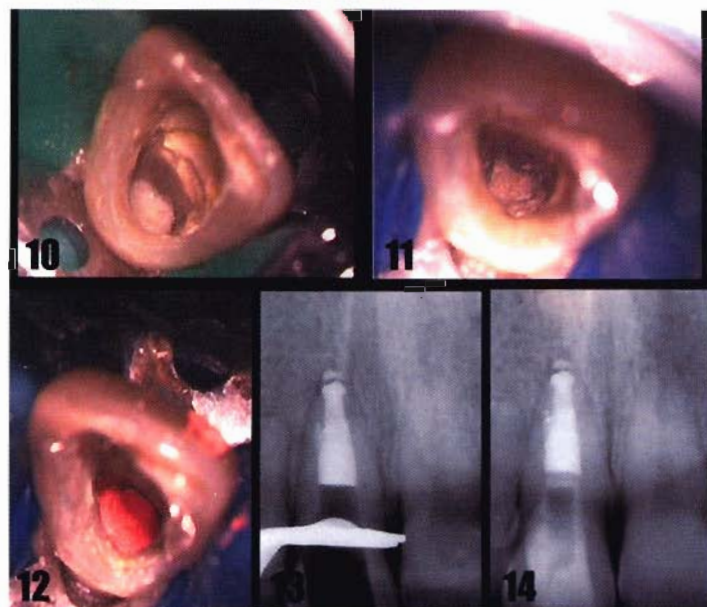
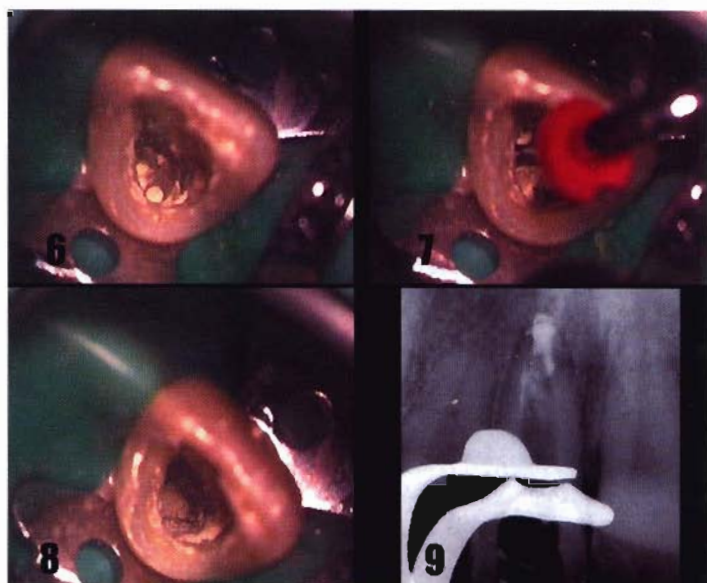
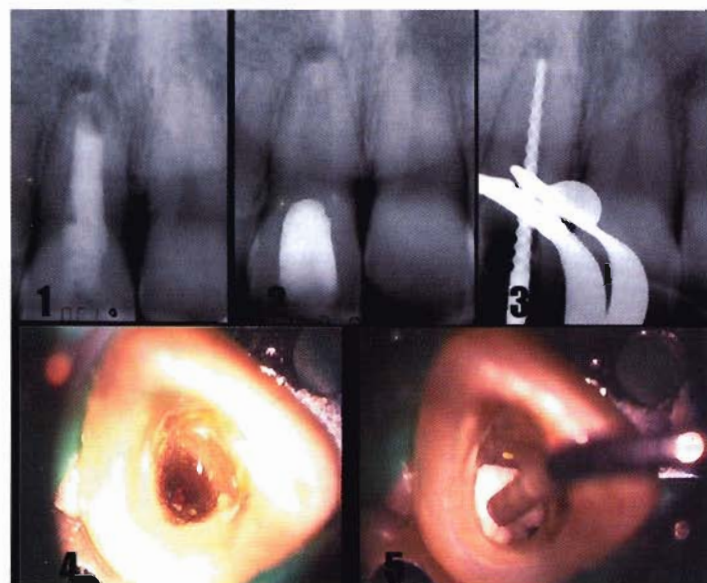


Fig. 4 - Trattamento con MTA di un 1.1 ad apice aperto in un paziente adulto (1). Rimozione del materiale da otturazione e medicazione con idrossido di calcio (2); determinazione della lunghezza di lavoro (3); controllo al microscopio operatorio della detersione del canale (notare in fondo il forame apicale) (4); creazione di una barriera apicale con feltro di collagene (5). Posizionamento nel canale dell'MTA bianco (6); condensazione dell'MTA con grossi pluggers (7) fino a creare un plug di almeno 3 mm (8) e controllo radiografico (9). Applicazione di un pellet di cotone umido a contatto con l'MTA (10). All'appuntamento successivo controllo della presa dell'MTA (11), completamento del riempimento canalare con la siringa Obtura (12) e radiografia di controllo (13). Controllo radiografico a 15 mesi dalla ricostruzione in composito e perno in fibra di quarzo (14).

Fig. 4 - Treatment with MTA of a 1.1 with open apex in an adult patient (1). Removal of the old filling material and intra canal medication with calcium hydroxide (2); working length determination X-ray (3); operating microscope control of root canal cleanliness (4); making of an apical barrier with collagen felt (5). Intra canal placing of white MTA (6); MTA condensation with large pluggers (7) until an at least 3 mm barrier was created (8) (9). Placing of a wet cotton pellet in direct contact with MTA (10). At the following appointment, control of the MTA setting (11), completing of the canal obturation with the Obtura gun (12) and post-operative X-ray (13). Radiographic control 15 months after the post-endodontic restoration with a quartz-fiber post and composite resin (14).





Fig. 5 - Trattamento di apacificazione in un 1.1 di un paziente di 18 anni che aveva subito un trauma circa 12 anni prima. La Rx diagnostica metteva in evidenza una vasta lesione estesa fino all'1.2 che però era rimasto vitale (1); era inoltre presente una fistola vestibolare (2). Determinazione della lunghezza di lavoro e medicazione con idrossido di calcio (3). Alla seduta successiva prova di un plugger per condensare l'MTA (4) e applicazione dell'MTA (5). Il controllo a 2 anni dimostra il completamento della formazione dell'apice radicolare ed una buona rigenerazione ossea (6).

Fig. 5 - Apexification treatment in a 1.1 tooth of a 18 years old patient who suffered a trauma approx 12 years before. The diagnostic X-ray reveals a large periapical lesion extending up to the 1.2 that however maintained its vitality (1); a buccal fistula was also present (2). Working length determination X-ray and intra canal medication with calcium hydroxide (3). At the following appointment testing of a plugger for the MTA condensation (4) and placing of the MTA (5). The 2 years control X-ray reveals an apical deposit of hard tissue and a good bone healing (6).

#### Rimaneggiamenti, lacerazioni e trasporti apicali

Le lesioni periapicali croniche, sia di tipo granulomatoso che cistico, possono essere responsabili di riassorbimenti apicali le cui cause sono numerose ed interagenti: dalle variazioni del pH locale, all'azione diretta delle tossine batteriche, all'attivazione di cellule clastiche e così via...

I rimaneggiamenti apicali si accompagnano quasi sempre a riassorbimenti ossei; non è dimostrabile però una diretta e costante proporzione tra la perdita di osso periapicale ed il riassorbimento dell'apice radicolare; esistono casi con vaste lesioni ossee ed apici perfetti ed altri con lesioni modeste ed amputazioni della radice fino al terzo medio. I rimaneggiamenti possono essere considerati leggeri o moderati, quando è possibile conferire al canale una rastrematura continua consentendone l'otturazione con tecniche convenzionali, oppure gravi quando vi è un completo sovvertimento dell'anatomia apicale. La situazione in questi casi è assimilabile a quella degli apici immaturi, per cui si potrà eseguire la deposizione di un plug apicale di 3-4mm in MTA, mentre la parte restante del canale sarà otturata in gutta-perca calda. Il limite in questi casi potrà essere rappresentato da una eventuale curvatura del canale. Allo stesso modo l'MTA, potrà essere adoperato per riparare forami apicali lacerati da strumenti troppo aggressivi o rigidi. In questi casi, il risultato dipenderà dalla possibilità di posizionare ed adattare correttamente il ProRoot alla complessa anatomia apicale (Figg. 6-7).

#### Perforazioni radicolari

Esistono molte classificazioni per le perforazioni radicolari più o meno complesse e basate su criteri diversi (14). La più semplice

ce è una divisione topografica in perforazioni del pavimento della camera pulpare e perforazioni radicolari in senso stretto. Le perforazioni del pavimento camerale sono



Fig. 6 - Il paziente di circa 12 anni aveva subito un trattamento per carie penetrante a carico del 4.6 circa 5 anni prima. Il dente era rimasto silente fino a sviluppare una sintomatologia ascessuale (1). La Rx per determinare la lunghezza di lavoro dimostra apici fortemente aperti ed un'ampia lesione periapicale nella radice mesiale (2). L'otturazione apicale è completata con MTA in entrambe le radici (3). Il controllo a 15 mesi dimostra una buona guarigione ossea (4) e la deposizione apicale di tessuto calcificato.

Fig. 6 - This 4.6 of a 12 years patient had a first root canal treatment 5 years earlier. After several years without pain, the tooth became abruptly symptomatic (1). In the length determination X-ray, the tooth showed open apices and a large periapical lesion in the mesial root (2). The apical obturation was carried out with MTA in both roots (3). The 15 months control reveals a good bone healing and the apical deposit of calcified tissue (4).

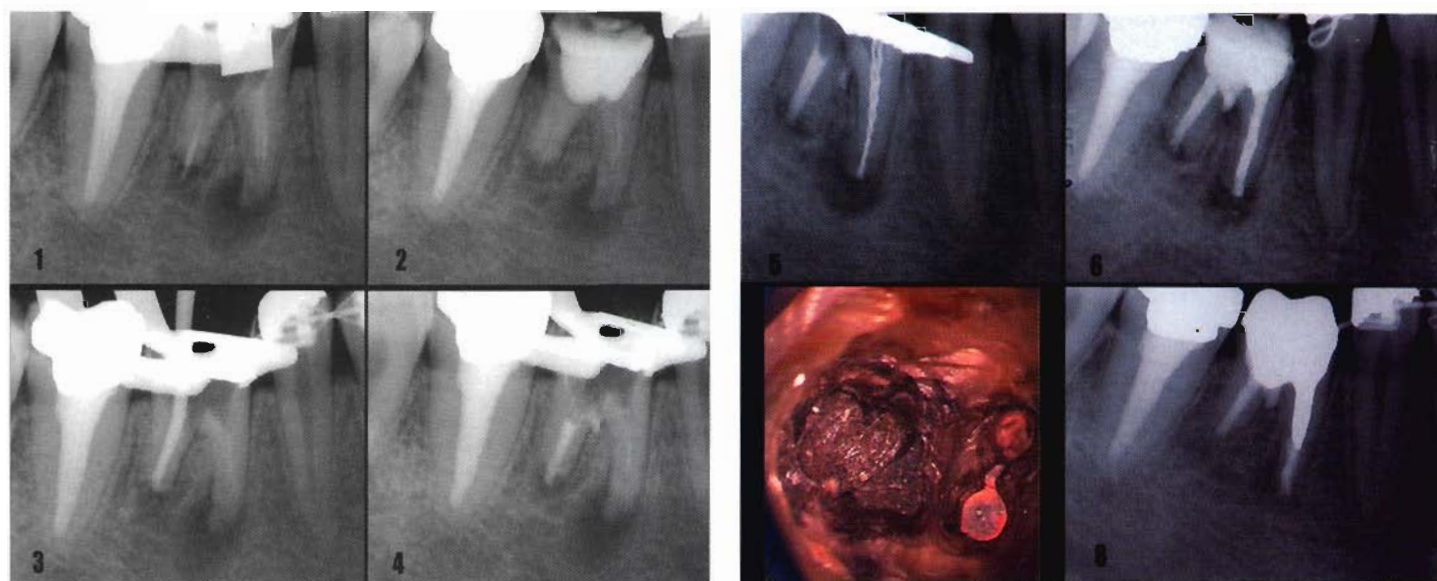


Fig. 7 - Paziente di 23 anni con un 4.6 gravemente compromesso per la contemporanea presenza di una ampia perforazione del pavimento della camera pulpare e di un grave riassorbimento infiammatorio della radice distale. Anche la radice mesiale presentava un rimuneggiamento apicale con un'ampia area radiotrasparente (1). Rimozione della vecchia otturazione canalare e medicazione con idrossido di calcio (2), prova del plugger nel canale distale (3) ed otturazione completa in MTA del canale distale (4). All'appuntamento successivo preparazione dei canali mesiali (5), ed otturazione dei canali mesiali con System B e della perforazione con MTA (6). Al terzo appuntamento controllo della presa dell'MTA nel canale distale e sul pavimento camerale (7). Il controllo radiografico a 2 anni conferma una buona rigenerazione ossea (8).

Fig. 7 - This 4.6 of a 23 years old patient showed a large perforation of the pulp chamber floor and a severe reabsorption of the distal root. Large periapical lesions were also present around both roots (1). Removal of the old filling material and intra canal medication with calcium hydroxide (2), testing of plugger in the distal root (3) and MTA obturation of the distal root (4). At the following appointment preparation of the mesial canals (5) and obturation with System B of the mesial canals and with MTA of the perforation (6). At the third appointment MTA setting control (7). The 2 years after X-ray control confirms a good bone healing (8).

pressoché tutte iatrogene e secondarie ad errori dell'operatore durante la preparazione della cavità d'accesso e la ricerca di orifici canalari. Esse vanno a loro volta divise in perforazioni camerali con patologia parodontale associata (forcazioni passanti, tasche...) e perforazioni senza patologia parodontale associata. Le perforazioni radicolari in senso stretto sono divisibili in perforazioni patologiche (in genere legate a riassorbimenti interni od esterni perforanti) e perforazioni iatrogene. Queste ultime, a loro volta, sono divisibili in perforazioni da uso non corretto di strumenti taglienti in punta e perforazioni da stripping. Le prime sono in genere accompagnate da una falsa strada e sono più frequenti nei canali calcificati o curvi. Gli stripping sono causati da strumenti troppo aggressivi o grandi in aree del canale con pareti sottili per ragioni anatomiche o patologiche. Lo strumento consuma completamente lo spessore della radice mettendo in comunicazione il lume canalare con il parodonto profondo. Rispetto alle perforazioni, gli stripping presentano un aspetto più irregolare e sono più difficili da

trattare; la loro prognosi dipende da molti fattori come la posizione lungo la radice, le condizioni del canale (già otturato o no) la contaminazione batterica...

L'introduzione di un materiale osteoinducibile e biocompatibile, come l'MTA, ha logicamente spinto molti ricercatori a valutare un suo possibile utilizzo nella terapia di perforazioni e stripping radicolari. Pitt Ford ha adoperato sperimentalmente l'MTA *in vivo* per riparare le perforazioni della forcazione in denti di cane, riportando in tutti i casi, se veniva evitata la contaminazione batterica, una risposta tissutale favorevole con formazione di nuovo cemento, senza segni di infiammazione (16). I risultati positivi di Pitt Ford sono stati confermati da Holland (9) e da Lee (13), in studi *in vivo* su denti di scimmie e da Arens (1), Schwartz (18) e Torabinejad (27) in studi clinici su pazienti. Il trattamento riparativo per una perforazione radicolare o della forcazione può essere riassunto come segue (27):

- isolamento del campo operatorio;
- detersione dell'area perforata;
- in caso di contaminazione batterica, me-

dicazione con idrossido di calcio per una settimana;

- applicazione dell'MTA morbido fino ad ottenere uno spessore di circa 2-3mm;
- controllo radiografico del posizionamento;
- applicazione di un pellet di cotone inumidito;
- otturazione provvisoria;
- dopo un minimo di 24 ore rientro operatorio, controllo dell'indurimento dell'MTA e completamento della terapia.

Quanto alla otturazione canalare, nelle perforazioni del pavimento può essere eseguita prima di applicare il ProRoot; in alcuni casi si potranno anche sfruttare gli orifici canalare per aumentare spessore e stabilità dello strato di MTA. Nel caso delle perforazioni radicolari si sceglierà caso per caso (Figg. 8-12).

#### Chirurgia endodontica

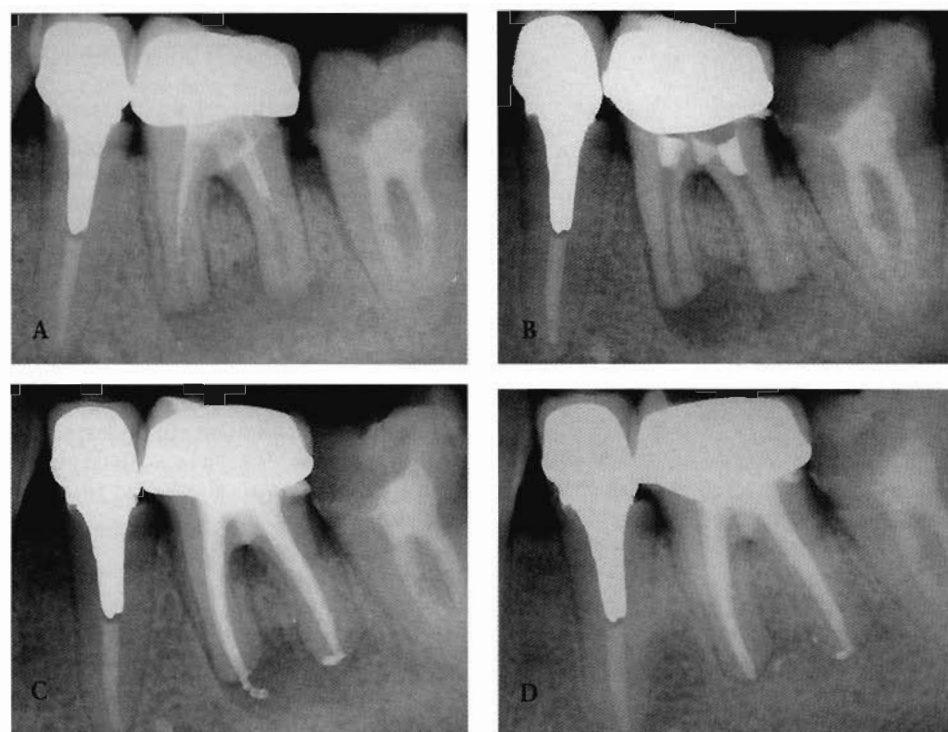
Le proprietà di biocompatibilità, adattamento marginale e capacità sigillante, nonché il buon comportamento in presenza di sangue, rendono teoricamente l'MTA il materiale ideale da adoperare nelle ottura-





**Fig 8 - A.** Radiografia preoperatoria del secondo molare inferiore di sinistra. È presente una perforazione della radice mesiale, causata da un perno introdotto nei tessuti parodontali a livello del canale mesio-vestibolare. **B.** Dopo la rimozione della corona e del perno, la perforazione è stata sigillata con MTA prima di eseguire il ritrattamento ortograde. **C.** Radiografia postoperatoria eseguita dopo il ritrattamento. **D.** Radiografia di controllo dopo due anni che conferma l'avvenuta guarigione ossea.

**Fig. 8 - A.** Pre-operative X-ray of a second left lower molar with a perforation in the mesial root caused by a post inserted directly into the periodontal tissues through the mesio-buccal canal. **B.** After removing the crown and the post the perforation has been sealed with MTA before the orthograde retreatment. **C.** Immediate post-operative X-ray. **D.** 2 years after control X-ray confirming the healing of the lesion.



**Fig. 9 - A.** Radiografia preoperatoria del primo molare inferiore di sinistra. È presente una perforazione a livello del pavimento della camera pulpare. **B.** Dopo aver protetto gli imbocchi canalari con gutta-percha termoplastica, è stata sigillata la perforazione con MTA. **C.** Radiografia di controllo postoperatoria. **D.** Radiografia di controllo dopo due anni.

**Fig. 9 - A.** Diagnostic X-ray of a first left lower molar with a perforation in the pulp chamber floor. **B.** After protecting the root canal orifices with warm gutta-percha, the perforation has been sealed with MTA. **C.** Post-operative X-ray. **D.** 2 years control X-ray.



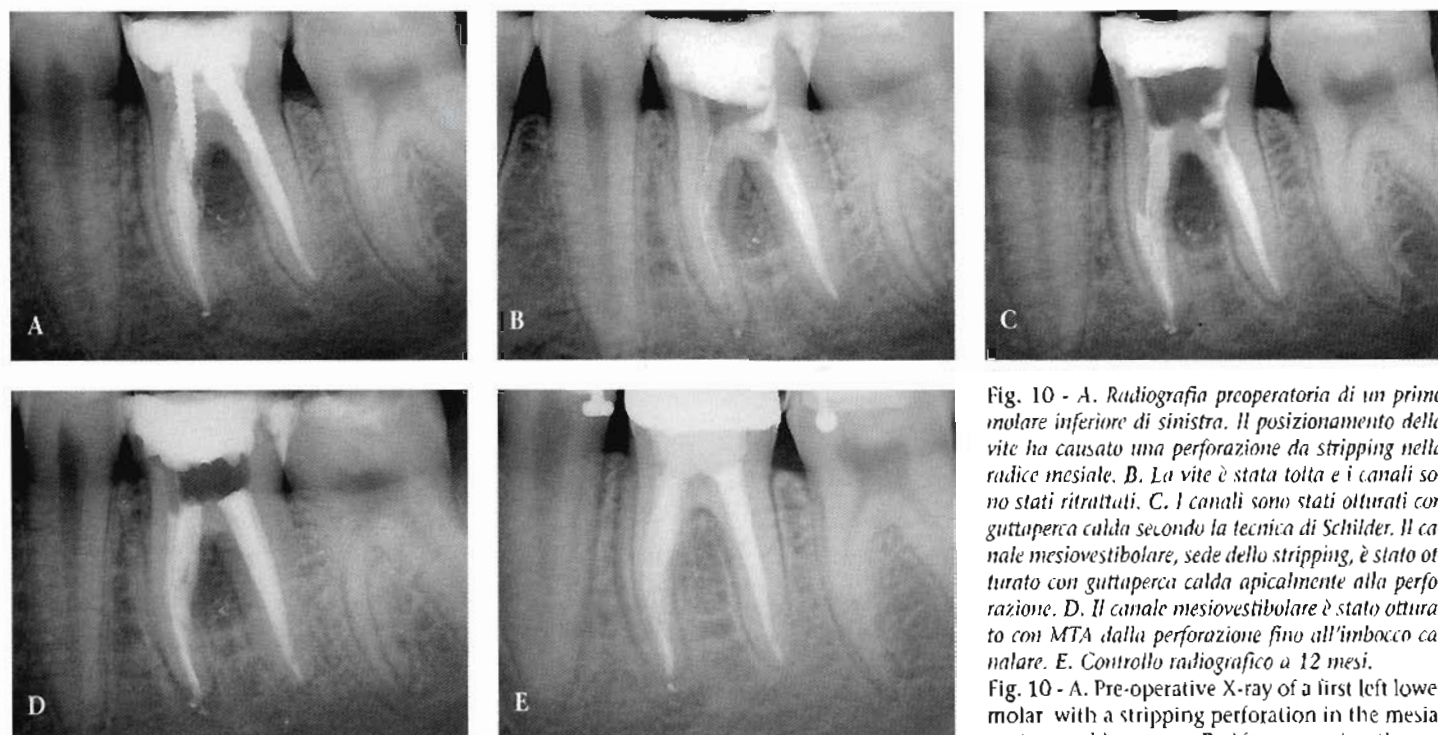


Fig. 10 - A. Radiografia precoperatoria di un primo molare inferiore di sinistra. Il posizionamento della vite ha causato una perforazione da stripping nella radice mesiale. B. La vite è stata tolta e i canali sono stati ritrattati. C. I canali sono stati obturati con gutta-perca calda secondo la tecnica di Schilder. Il canale mesiovestibolare, sede dello stripping, è stato obturato con gutta-perca calda apicalmente alla perforazione. D. Il canale mesiovestibolare è stato obturato con MTA dalla perforazione fino all'imbocco canalare. E. Controllo radiografico a 12 mesi.

Fig. 10 - A. Pre-operative X-ray of a first left lower molar with a stripping perforation in the mesial root caused by a post. B. After removing the post,

the root canals have been retreated and obtured with warm gutta-percha vertically condensed according to Schilder technique. C. The mesio-buccal canal, where the stripping was located, has been filled with warm gutta-percha below the perforation point D. The coronal part of the same canal and the perforation were filled with MTA until the canal orifice. E. 12 months control X-ray.

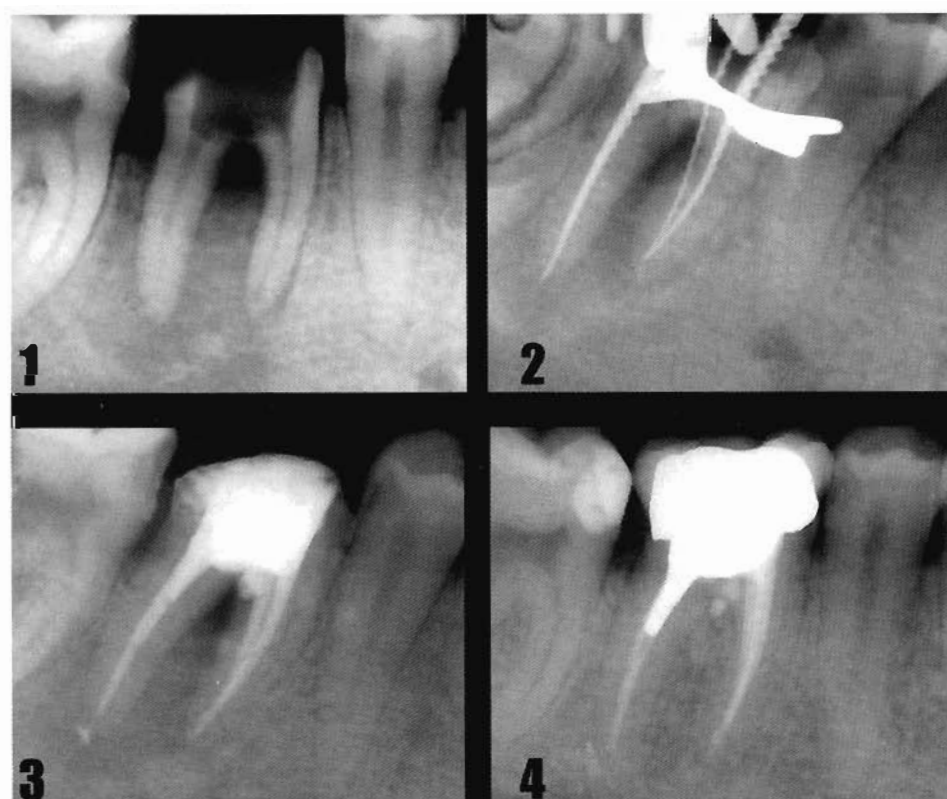


Fig. 11 - Compromissione endo-parodontale di un 4.6 che presentava un'ampia perforazione del pavimento della camera pulpare (1). Preparazione dei canali (2) e loro obturazione con gutta-perca condensata verticalmente mentre la perforazione veniva obturata con ProRoot MTA (3). Il controllo radiografico ad oltre 2 anni dimostra la guarigione del caso (4).

Fig. 11 - Endo-perio lesion in a 4.6 caused by a large perforation in the pulp chamber floor (1). Root canal preparation (2) and obturation with warm gutta-percha vertically condensed while the perforation was obtured with MTA (3). The 2 years X-ray control shows a good healing of the lesion (4).

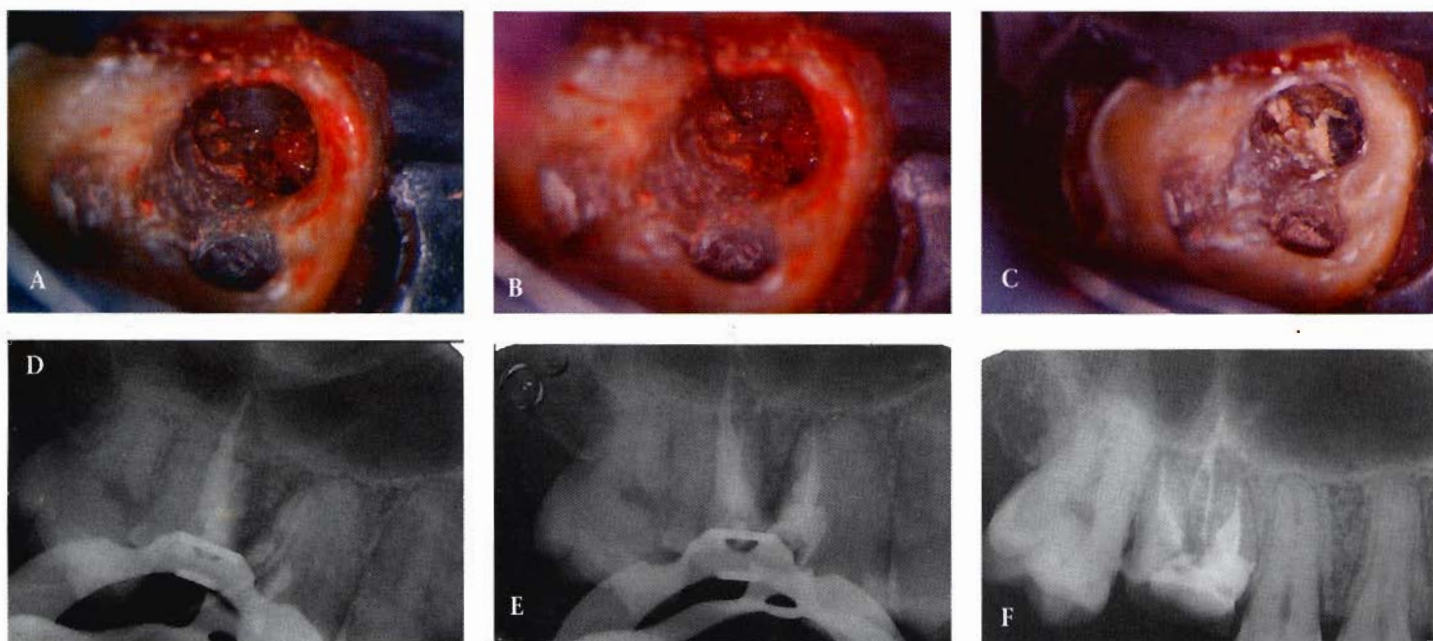


Fig. 12 - A carico di un 16 si osserva la presenza di una estesa perforazione intorno all'imbocco del canale MV. B. Viene identificato l'imbocco del canale MV. C. La perforazione viene medicata con idrossido di calcio. D - E La perforazione viene otturata con MTA e nella seduta successiva si procede al completamento del trattamento endodontico. F. Controllo a 8 mesi.

Fig. 12 - A. Note a large perforation close to the coronal entrance of the mesio-buccal canal of a 1.6. B. The mesio-buccal canal is identify. C. The perforation is dressed with calcium hydroxide. D - E The perforation has been obturated with MTA and in the next visit the endodontic treatment is completed. F. X-ray control at 8 months.

zioni retrograde dopo apicectomia. In effetti, alcune ricerche *in vivo* (2, 3, 10, 21, 22, 24, 25, 26, 29) dimostrano la superiorità dell'MTA nei confronti di altri materiali comunemente adoperati come l'amalgama, l'IRM ed il SuperEBA. Tuttavia l'MTA presenta alcune difficoltà: la non facile manipolabilità, che ne rende problematica l'applicazione nelle microcavità retrograde, ed il lungo tempo di indurimento, che lo rende piuttosto labile intraoperatoriamente e non permette di controllare e rifinire l'otturazione. La sequenza operativa consigliata è la seguente:

- sollevamento del lembo chirurgico;
- controllo del sanguinamento;
- esposizione dell'apice radicolare ed api-

nectomia;

- preparazione della cavità retrograda con micropunte ad ultrasuoni;
- asciugatura della cavità;
- applicazione dell'MTA;
- rifinitura con un pellet di cotone umido (evitare spray di acqua);
- controllo radiografico;
- sutura.

## CONCLUSIONI

L'MTA è un materiale dalle caratteristiche interessanti che può essere usato in diverse condizioni cliniche.

A nostro parere ha dei limiti che possono essere migliorati perseguendo i seguenti obiettivi:

- granulometria più fine;
- colore chiaro (già in preparazione);
- migliore manipolabilità con possibilità di ottenere un impasto denso, compatto e non friabile;
- tempi di indurimento inferiori (ideali 15-20 minuti).

Pensiamo che non sarà difficile ottenere presto un MTA di seconda generazione con le caratteristiche suddette.

Ci piacerebbe infine disporre di applicatori in grado di posizionare il cemento anche nelle parti più profonde e piccole del canale.



## BIBLIOGRAFIA

1. Arens DE, Torabinejad M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. *Oral Surg* 1996; 82(1): 84-8.
2. Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boylan RJ. A comparison of MTA, SuperEBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endodon J* 1999; 32 (3): 197-203.
3. Bates CF, Carnes DL, del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endodon* 1996; 22(11): 575-8.
4. Camp JH. Pediatric endodontic treatment In Cohen-Burn "Pathway of the Pulp - Seventh Edition" 1998 by Mosby Inc Pag. 718.
5. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material and SuperEBA as a root-end filling material. *J Endodon* 1998; 24(3): 176-9.
6. Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *JADA* 1966; 72:87-93.
7. Goracci G, Cantatore G. L'idrossido di calcio in terapia endodontica. Dental Cadmos Dossier 1989; 14: 17.
8. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan Junior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J Endodon* 1999; 25 (3): 161-6a.
9. Holland R et al. Mineral Trioxide Aggregate repair of lateral root perforations. *J Endodon* 2001; 27(4): 281-284.
10. Johnson BR. Considerations in the selection of a root-end filling material. *Oral Surgery Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 1999; 87(4): 398-404.
11. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J Endodon* 1998; 24(8): 543-7.
12. Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res* 1997; 37 (3): 432-9.
13. Lee S J, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a Mineral Trioxide Aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endodon* 1993; 19(11): 541-44.
14. Malagnino VA, Passariello P, Perfetti G. Le perforazioni iatrogene: etiologia, diagnosi e trattamento ortograde con varie tecniche di utilizzo della guttaperca. *G It Endo* 1998; 3:150-71.
15. Mitchell PJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 1999; 20 (2): 167-73.
16. Pitt Ford TR et al. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg* 1995; 79:756-62.
17. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J.A.D.A.* 1996; 127 (10): 1491-4.
18. Schwartz RS et al. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J Am Dent Assoc* 1999; 130: 967-75.
19. Seux D et Al. Odontoblast - like cytodifferentiation of human dental pulp cells in vitro in the presence of a calcium hydroxide containing cement. *Arch Oral Biol* 1991; 36:117-28.
20. Shabahang S, Torabinejad M, Boyne P, Abedi H, McMillan P. A comparative study of root end induction using osteogenic protein OP-1, calcium hydroxide and MTA in dogs. *J Endodon* 1999; 25(1): 1-6.
21. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root-end filling material. *J Endodon* 1993; 19(12): 591-5.
22. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endodon* 1994; 20:159.
23. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endodon* 1995; 21 (7): 349-53.
24. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root-end filling materials. *J Endodon* 1995; 21(8): 403-6.
25. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endodon* 1995; 21 (6): 295-9.
26. Torabinejad M, Pitt Ford TR, McKendry DJ, Abedi HR. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as root-end filling material in monkeys. *J Endodon* 1997; 23 (4): 225-8.
27. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endodon* 1999; 25(3): 197-205.
28. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *J Dent* 1998; 26 (7): 585-9.
29. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long term seal provided by some root-end filling materials. *J Endodon* 1998; 24(8): 557-60.