



Disponibile online all'indirizzo [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/gie](http://www.elsevier.com/locate/gie)



## FOCUS

# L'otturazione di apici canalari ampi o alterati con MTA

*The filling of wide or altered endodontic apices with MTA*

Mario Lendini <sup>a,\*</sup>, Roberto Fornara <sup>b</sup>, Damiano Pasqualini <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Libero professionista, Torino

<sup>b</sup> Libero professionista, Magenta (MI)

<sup>c</sup> Ricercatore confermato, Dental School, Università di Torino

Ricevuto il 20 luglio 2011; accettato il 25 luglio 2011

Disponibile online il 24 ottobre 2011

### PAROLE CHIAVE

Apicificazione;  
Mineral trioxide  
aggregate;  
Apici ampi;  
Apicificazione in unica  
seduta;  
MTA.

### KEYWORDS

Apexification;  
Mineral trioxide  
aggregate;  
Open apices;  
One visit apexification;  
MTA.

### Riassunto

**Obiettivi:** Il trattamento canalare può incontrare complicanze in presenza di apici molto ampi. È opinione diffusa che sopra i 0,6 mm sia difficile ottenere un adattamento adeguato della guttaperca in apice, con conseguente mancanza di sigillo apicale. Se poi la scelta è quella di una tecnica di otturazione "a caldo" della guttaperca, ottenere una buona conicità della preparazione apicale dove compattare il cono di guttaperca può diventare rischioso per l'eccessivo assottigliamento delle pareti canalari.

**Materiali e metodi:** Se fino a pochi anni or sono, per ottenere una barriera apicale (apicificazione), l'impiego dell'idrossido di calcio rappresentava il metodo di elezione, da qualche anno l'introduzione nei protocolli clinici di cementi di derivazione Portland (MTA) ha permesso di semplificarli, permettendo la formazione di barriere apicali stabili e biocompatibili. Questa tecnica di apicificazione permette la successiva otturazione canalare con le tecniche della guttaperca termoplastificata.

**Risultati e conclusioni:** In questo lavoro saranno presentate le indicazioni cliniche, le caratteristiche generali del materiale e infine saranno descritte le fasi operative con gli strumenti necessari per ottenere una corretta chiusura apicale per via ortograde.

© 2011 Società Italiana di Endodonzia. Pubblicato da Elsevier Srl. Tutti i diritti riservati.

### Summary

**Objectives:** The treatment of wide open apices may lead to complications during root canal therapy. It is assumed that guttapercha, in case of an apical diameter more than 0.60 mm, may not adequately adapt to root canal walls with a subsequent defective apical seal. Furthermore, if a "warm guttapercha" obturation technique is selected, the need to create an optimal tapered shaping for the condensation of the guttapercha point may increase the risk of an excessive dentin removal from the canal walls.

\* Corrispondenza: via Felice Romani 27 – 10131 Torino (Italy).  
E-mail: [mario@drlendini.it](mailto:mario@drlendini.it) (M. Lendini).

**Materials and methods:** Apexification with calcium hydroxide has been considered the gold standard treatment to gain a calcified apical barrier for many years. However, the introduction of Portland cements (MTA) in clinical practice have shown their efficacy in the formation of a stable and biocompatible apical barrier in case of open apices, with a simplification of the clinical procedure. The MTA apical plug technique is usually followed by root canal back-packing with thermoplasticised guttapercha.

**Results and conclusions:** Clinical indications and general characteristics of the material will be presented in this article, as well as the clinical procedures and the related instruments to obtain a correct orthograde apical closure.

© 2011 Società Italiana di Endodonzia. Published by Elsevier Srl. All rights reserved.

## Caratteristiche generali del materiale

Il *mineral trioxide aggregate* (MTA) è stato sviluppato alla Loma Linda University all'inizio degli anni Novanta come materiale da otturazione retrograda da impiegare in endodonzia chirurgica. È stato descritto per la prima volta in letteratura da Lee et al. nel 1993 [1], cui seguì il deposito del brevetto nel maggio del 1995 e l'approvazione da parte della *Food and Drug Administration* nel 1998. Il primo MTA messo in commercio per l'impiego clinico è stato il ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental Products, Tulsa, OK, USA): è costituito per il 50-75% in peso da ossido di calcio e per il 15-25% da diossido di silicio. Questi due componenti insieme costituiscono una percentuale di cemento del 70-95%; dalla loro miscelazione si produce una polvere composta di particelle idrofiliche di silicato tricalcico, alluminato tricalcico, ossido tricalcico e ossido di silicio. Per conferire radiopacità, caratteristica molto importante ai fini di una corretta valutazione clinica, è stato aggiunto ossido di bismuto. L'analisi ai raggi x ha rilevato la presenza di una fase cristallina e di una fase amorfa. La fase cristallina è costituita principalmente di cristalli di ossido di calcio, mentre la fase amorfa è composta dal 33% di calcio, dal 49% di fosfati, dal 2% di carbonio, dal 3% di cloruro e dal 6% di silice [2].

Il brevetto riporta che il MTA è un "cemento di derivazione Portland tipo 1". Inizialmente è stata prodotta una versione di MTA ProRoot "grigia" e nel 2002 è stata introdotta la nuova versione di MTA ProRoot "bianca".

Nella fase di miscelazione, l'idratazione della polvere di MTA porta alla formazione di un gel colloidale di silicato idrato che indurisce in 3-4 ore. Il tempo di indurimento del MTA è maggiore rispetto ad amalgama, Super EBA e IRM; la resistenza alla compressione dopo 24 ore dalla miscelazione è più bassa rispetto agli stessi materiali (40 MPa), mentre a 21 giorni aumenta fino a 67 MPa. La radiopacità del MTA è inferiore all'amalgama, ma superiore al Super EBA e all'IRM; la solubilità dopo l'indurimento del MTA è simile a quella dell'amalgama e del Super EBA [2].

Il suo pH è decisamente basico e varia in funzione del tempo: subito dopo la miscelazione è di 10,2 e aumenta fino a 12,5 dopo 3 ore [3]; a 165 ore dalla miscelazione, il pH rilevato è di 9,5 [2]. Il MTA mantiene il proprio pH alto per lunghi periodi [4] e gli autori attribuiscono questa capacità al costante rilascio di calcio con la formazione di CH.

Le prime pubblicazioni scientifiche sul MTA hanno messo in evidenza con test in vitro le proprietà chimico-fisiche, la biocompatibilità e le proprietà sigillanti del materiale, rilevando risultati estremamente positivi [2,5-9]. Le proprietà antibatteriche e antifungine del MTA sono state ampiamente

studiate con risultati spesso contrastanti [10-13]: infatti, molti studi riportano che il MTA ha effetti antimicrobici limitati e, soprattutto, solo nei confronti di alcune specie batteriche [12-14]. In particolare, uno studio sugli effetti antimicrobici del MTA su batteri anaerobi stretti e facoltativi [13] ha evidenziato come il MTA abbia mostrato effetti antimicrobici solo nei confronti dei batteri anaerobi facoltativi.

In conclusione, il MTA presenta deboli proprietà antibatteriche e solo nei confronti di alcuni ceppi. Probabilmente, il "principio attivo" con cui agisce nei confronti dei batteri è legato all'elevato pH e al rilascio di sostanze in esso contenute. Inoltre, l'abbassamento del rapporto polvere/liquido potrebbe avere effetti negativi sulle sue già ridotte proprietà antimicrobiche e antifungine. I primi studi in vitro sul MTA hanno ampiamente indagato le proprietà sigillanti; impiegato come materiale da otturazione retrograda in endodonzia chirurgica, è stato messo a confronto con i materiali più utilizzati nell'otturazione retrograda [2,15]. In numerosi studi, il MTA ha mostrato un miglior adattamento rispetto a IRM, Super EBA, amalgama [16,17] e cementi vetro-ionomerici [18]. Peters e Peters [19], in un loro studio in vitro, hanno comparato l'adattamento marginale tra MTA e Super EBA impiegati come materiale da otturazione retrograda. I campioni sono stati sottoposti a cicli masticatori simulati e l'adattamento marginale è stato controllato prima e dopo la simulazione di carichi occlusali. Nonostante i materiali non presentassero significative differenze dopo i carichi masticatori, nei campioni con Super EBA la continuità marginale risultava leggermente alterata.

La valutazione dell'adattamento marginale e della resistenza all'infiltrazione, condotta attraverso diversi modelli sperimentali, è stata realizzata mediante tecniche di microscopia ottica ed elettronica [17,20,21]. Tra questi modelli, i più significativi ai fini di una valutazione del microleakage sono il *dye leakage model* [22-30], il *fluid filtration model* [31,32], il *bacterial leakage* [33-36], la *endotoxins penetration* [37] e il *saliva leakage* [38,39]. La maggior parte degli studi ha confermato le ottime proprietà sigillanti del MTA come materiale da otturazione retrograda rispetto ai materiali di più comune impiego (amalgama, Super EBA, IRM, cementi vetro-ionomerici, compositi, ecc.) [40]. Inoltre, una peculiarità che contraddistingue il MTA rispetto a tutti gli altri materiali è la capacità di indurire in ambiente umido; quindi, l'eventuale presenza di sangue non inficia la sua capacità di sigillo [23].

Per meglio comprendere i dati in letteratura, è importante sottolineare come i risultati sulla capacità di sigillo di un materiale, se testati con tecniche di penetrazione con un colorante, possano essere influenzati da numerosi fattori, i

più importanti e studiati dei quali sono lo spessore della parete dentinale [41], il pH del colorante [42], il tipo di colorante impiegato [29,30], il pretrattamento con agenti chelanti [43], l'ambiente di stoccaggio dei campioni prima del loro utilizzo (soluzione salina, formalina) [44] e lo stato di indurimento del MTA prima del suo posizionamento nel colorante [20].

I risultati della maggior parte degli studi indicano che il MTA impiegato come materiale da otturazione retrograda presenta una migliore capacità di sigillo rispetto ad amalgama e Super EBA [22–24,26,27]. Inoltre, non sono state individuate differenze significative per ciò che riguarda l'infiltrazione marginale di MTA impiegato come materiale da otturazione retrograda post-miscelazione e MTA completamente indurito e successivamente resecato [25].

Il MTA è una polvere costituita da fini particelle idrofile che induriscono in presenza di umidità; l'idratazione della polvere produce un gel colloidale con pH 12,5 che in poche ore solidifica in una struttura molto dura. Il rilascio dominante di ioni calcio, con incremento del pH, e la formazione di un precipitato simile all'idrossiapatite, conseguente all'esposizione ai fluidi tissutali a temperatura corporea, sembrano essere i meccanismi grazie ai quali si manifestano le proprietà biologiche del materiale, quindi la sua biocompatibilità. Il successo di questo cemento quindi è dovuto alla sua capacità di sigillo e alla biocompatibilità [8]. Il MTA sembra in grado di stimolare i cementoblasti a deporre nuovo tessuto duro. Di recente è stata studiata la cementogenesi in presenza di MTA valutando l'espressione di osteocalcina, la crescita cellulare e la morfologia dei cementoblasti. L'analisi al SEM indica come i cementoblasti si attaccino e crescano sulla superficie di MTA; inoltre, l'espressione del gene dell'osteocalcina è fortemente aumentata dopo l'applicazione di MTA [45]. È ampiamente documentato come l'impiego clinico del MTA determini irritazione e tossicità pulpare minime, una modesta infiammazione periapicale e un aumento dei livelli di fosfatasi alcalina [45,46] e di osteocalcina. Inoltre, non ha attività mutagenica [5], induce la produzione di interleuchine [8,47] e favorisce l'attaccamento del legamento parodontale, la crescita del cemento e la formazione di ponti dentali [48,49].

Il primo MTA commercializzato nel 1995 nella versione grigia è stato il ProRoot MTA (Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa OK). Successivamente, nel 2002, la versione grigia è stata sostituita da quella bianca (ProRoot MTA white) (fig. 1). Negli anni successivi sono stati commercializzati altre formulazioni: nel 2000, l'Angelus "white and gray" (Angelus, Londrina, PR, Brazil); nel 2005, l'Aureoseal (Ogna, Laboratori Farmaceutici, Muggiò, Milano) solo "gray"; infine, nel 2010 è stato presentato il Tech Biosealer (Isasan, Rovello Porro, Como); commercializzato in quattro formulazioni per i diversi impieghi clinici (capping, root end, apex, endo), presenta spiccate caratteristiche di bioattività mostrando la formazione di sferuliti di apatite già dopo 24 ore di contatto con i fluidi organici (fig. 2). Inoltre, la notevole propensione delle cellule ad aderire e proliferare sulla superficie di questi cementi dimostra, oltre alla capacità osteoconduttiva, anche quella osteoinduttiva [50,51].

Grazie alle sue caratteristiche, il MTA viene impiegato come materiale da otturazione retrograda in endodonzia chirurgica [52], negli incappucciamenti pulpari [53,54], per la riparazione delle perforazioni e la chiusura apicale



Figura 1 Le confezioni commerciali del ProRoot (Dentsply, Tulsa Dental, Tulsa OK, USA) grigio e bianco.

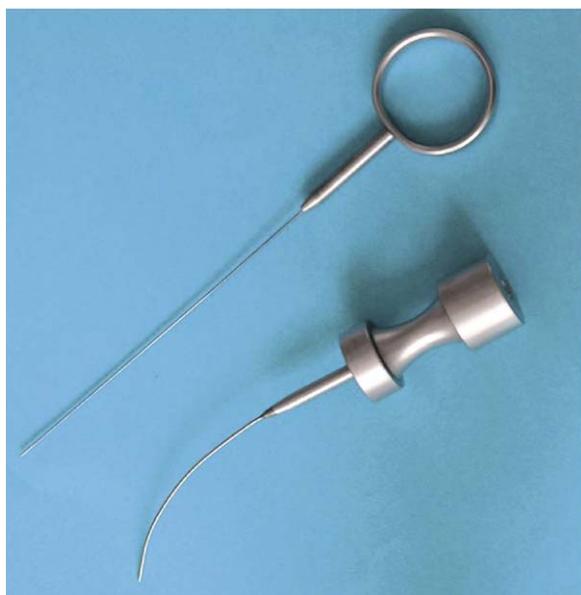


Figura 2 La confezione commerciale del Tech Biosealer Root End (Isasan, Rovello Porro, Como, Italy).

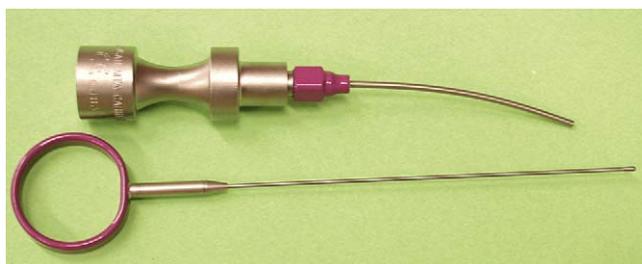
per via ortograde [1,55,56] e come barriera durante i trattamenti di sbiancamento nei denti devitalizzati [57].

### Miscelazione e dispositivi di apporto (carrier)

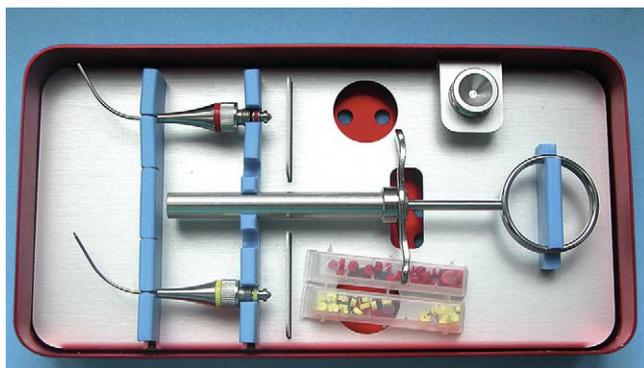
Quando un cemento a base Portland viene miscelato con acqua sterile forma una struttura costituita da micropori, canali capillari e acqua intrappolata in essi. Il rapporto di miscelazione acqua/polvere dovrebbe essere di 1:3 [22]. Il tempo di presa più lungo del MTA "white" rispetto al cemento di Portland è attribuibile a concentrazioni più basse di zolfo e di alluminato tricalcico nel MTA "white" [58].



**Figura 3** Carrier di Dovgan "monoblocco".

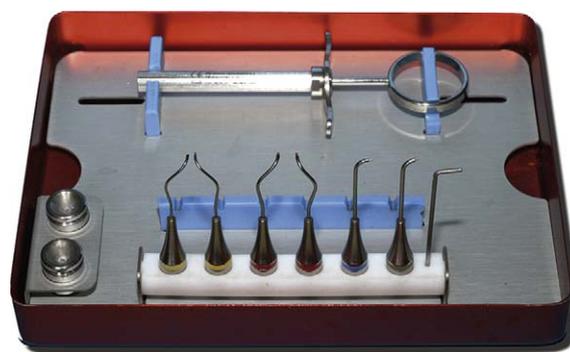


**Figura 4** Carrier di Dovgan con puntali intercambiabili.



**Figura 5** MAP System (Micro Apical Placement Dentsply, Maillefer, Switzerland).

I cementi di derivazione Portland, anche nel caso vengano miscelati rispettando scrupolosamente le indicazioni d'uso, costituiscono sicuramente un materiale di non facile manipolazione. Se poi si pensa ad alcune indicazioni cliniche (endodonzia chirurgica e apical plug per via ortograde), è facilmente intuibile come la manipolazione e la



**Figura 6** MAP nella versione "Surgical kit".



**Figura 7** Radiografia preoperatoria di 2.1 (caso Dr. R. Fornara). Il paziente, di anni 7, mi è stato riferito da un collega in quanto, a distanza di 4 mesi dal trauma e dopo ripetute medicazioni intermedie, continuava a manifestare episodi infettivi acuti con dolore e tumefazione. Si può notare l'inadeguatezza della cavità di accesso. Il 2.2 a 4 mesi dal trauma rispondeva normalmente al test di vitalità.

gestione intraoperatoria di questo cemento siano di non facile interpretazione. Tali considerazioni sono alla base della messa a punto di alcuni dispositivi destinati a consentire e facilitare l'impiego clinico di questi cementi.

Joseph Dovgan, un endodontista americano, ha progettato, e dal 2001 ha messo in commercio, un tipo di

applicatore a siringa per portare i cementi a base Portland nelle profondità del sistema canalare. Il dispositivo è proposto con tre diametri di punta diversi (0,80, 0,99 e 1,6 mm) (fig. 3) per l'utilizzo in canali di diverse dimensioni. Il carrier di Dovgan è stato poi modificato, rendendone la punta rimovibile (fig. 4).

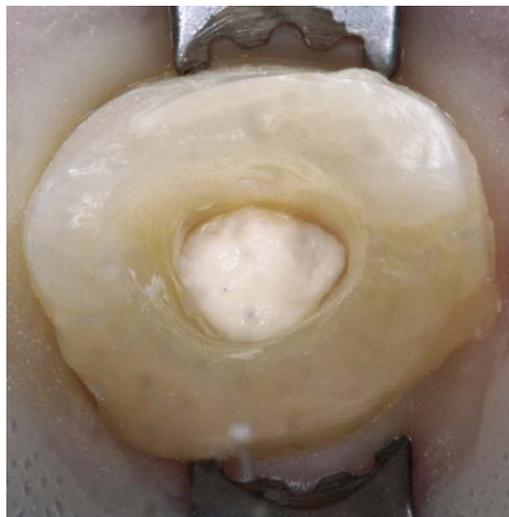
Uno strumento con analoga valenza è il MAP System (Micro Apical Placement Dentsply, Maillefer, Switzerland). Si tratta di una siringa di Messing, con puntali più sottili (0,90 e 1,1 mm di diametro) (fig. 5). Questo apportatore nella versione "Universal kit" permette un'efficace applicazione di cementi a base Portland negli incappucciamenti della polpa e la riparazione per via ortograde di perforazioni e otturazione apicale (apical plug). Il MAP nella versione "Surgical kit" (fig. 6), mediante appositi puntali con diverse curvature, permette l'apporto di MTA per l'otturazione retrograda in sede chirurgica. Infatti, gli "aghi" con angolazione tripla sono stati disegnati per posizionare il MTA nella cavità retrograda durante la fase chirurgica, in quanto consentono di portare il cemento anche nelle regioni anatomiche di più difficile accesso [59]. È bene precisare che questi strumenti sono molto delicati e richiedono attenzione nella manutenzione. Infatti, immediatamente dopo il loro utilizzo clinico, queste siringhe devono essere ripulite per evitare l'intasamento a seguito dell'indurimento del cemento all'interno dell'ago, con la conseguente impossibilità di un loro riutilizzo.

### Trattamento del dente permanente con apici beanti o extralarge con cementi a base Portland

Il sistema endodontico, per le sue peculiarità, risponde a regole ben precise che devono essere prese in considerazione ogniqualvolta si debba affrontare una comunicazione con l'esterno e/o con il parodonto. Sia l'accidentale esposizione pulpale sia l'altrettanto indesiderata perforazione, ad esempio, devono la loro prognosi in proporzione diretta alla precocità del trattamento, alla ridotta colonizzazione batterica e all'attuazione di un rigoroso protocollo clinico.



**Figura 8** Foto preoperatoria con frattura coronale del 2.1; i tessuti molli vestibolari si presentano infiammati e leggermente edematosi.



**Figura 9** Foto intraoperatoria con cavità di accesso di 2.1 e idrossido di calcio in pasta opportunamente posizionato.

L'otturazione di apici ampi con tecniche alternative alla guttaperca non rappresenta di certo una terapia endodontica convenzionale, in quanto prevede un approccio clinico completamente diverso dalle classiche tecniche di sagomatura, detersione e chiusura del canale radicolare. L'otturazione



**Figura 10** Radiografia di 2.1 alla prima visita di controllo del paziente. In prima seduta era stata corretta la cavità di accesso. Dopo una prima detersione e disinfezione, si è proceduto con una medicazione con idrossido di calcio in pasta, che a distanza di 8 giorni, come mostra la radiografia, è stata in parte riassorbita.



**Figura 11** Foto intraoperatoria con cavità di accesso ultimata e ipoclorito di sodio in cavità.



**Figura 12** Controllo a 3 mesi: i tessuti gengivali risultano perfettamente ristabiliti.

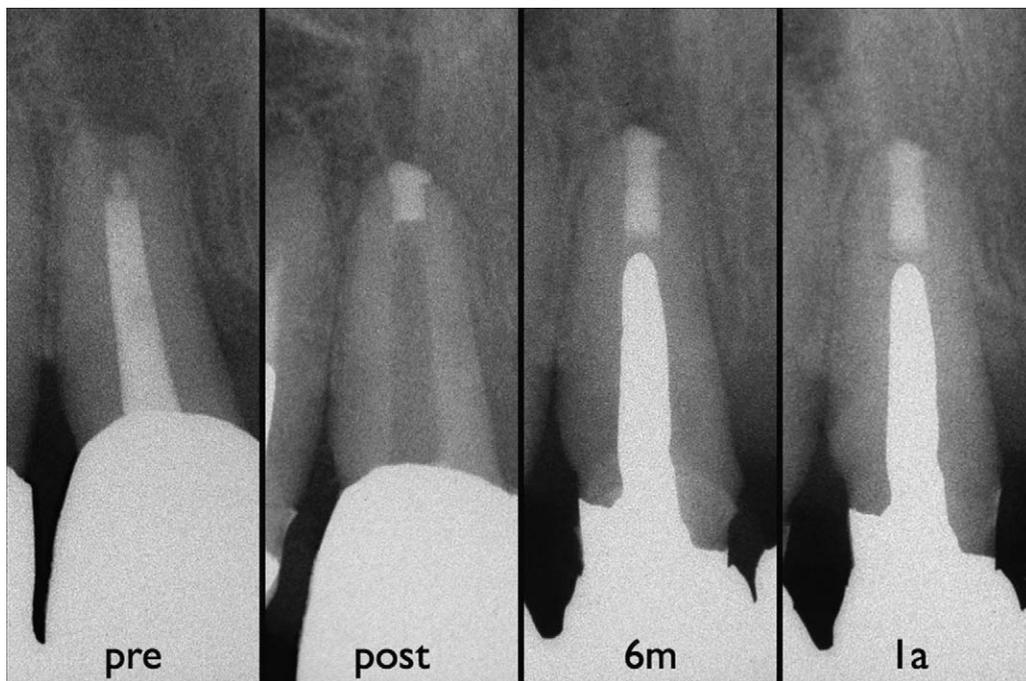


**Figura 13** Foto con ricostruzione in composito ultimata di 2.1.

per via ortograde di apici beanti di denti permanenti mediante MTA (includere anche le situazioni cliniche dovute a motivi patologici, trattamenti endodontici inadeguati con alterazione del diametro apicale, riassorbimenti apicali a seguito di lesioni) rappresenta una realtà clinica di recente applicazione (figg. 7–14). In precedenza, l'apicificazione, cioè la formazione di una barriera di tessuto duro a livello apicale che permette l'otturazione del canale radicolare con le normali tecniche di otturazione, veniva eseguita con idrossido di calcio. Questo tipo di apicificazione tradizionale prevedeva un protocollo che contemplava detersione canalare, sagomatura laddove possibile, rimozione dello smear layer, disinfezione, asciugatura e posizionamento dell'idrossido di calcio in pasta nel canale radicolare per promuovere la formazione di un ponte apicale. Questa tecnica viene spesso definita *Frank technique* [60]. L'idrossido di calcio si impiega in quanto è antibatterico, dissolve il tessuto e crea un "ambiente conduttivo" capace di portare alla formazione di tessuto calcificato. Con questa procedura, l'idrossido di calcio va lasciato in sede e sostituito ogni 2-3 mesi per un periodo medio di circa 12 mesi: infatti, il tempo medio di formazione del tessuto duro apicale negli incisivi superiori è di 34,2 settimane (range 13-67 settimane) [61]. A oggi non sono disponibili dati relativi ai tempi di apicificazione di denti posteriori.



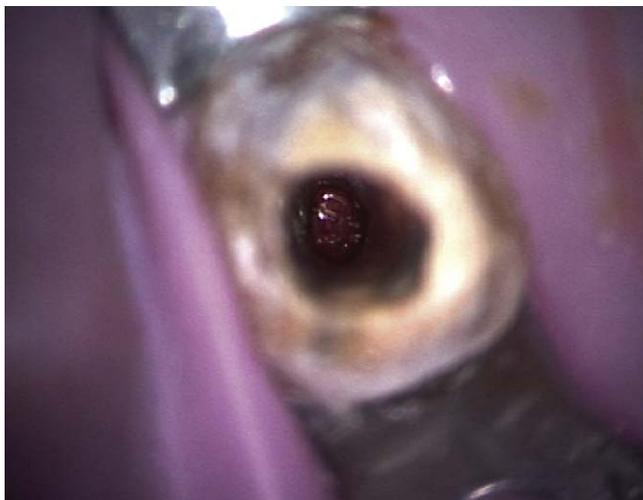
**Figura 14** Radiografia di controllo a un anno. È possibile apprezzare sia la formazione di una barriera calcifica apicale sia la buona guarigione dei tessuti periapicali. Il 2.2 ha mantenuto la vitalità.



**Figura 15** Sequenza immagini radiografiche del caso clinico: 1.1 da ritrattare per parodontite apicale cronica e qualità del trattamento ortograde precedente inadeguata (caso D. Pasqualini).

Nonostante la percentuale di successo di questo trattamento sia elevata [62,63], il protocollo clinico presenta svantaggi assai evidenti. In primo luogo, i tempi di trattamento sono lunghi (3-24 mesi [60] e richiedono compliance da parte del paziente. Inoltre, durante questo periodo il canale radicolare è suscettibile a reinfezioni attraverso il restauro provvisorio, che possono promuovere una

parodontite apicale e/o l'arresto della "riparazione". Il lungo ciclo di cure comprende altri svantaggi per il paziente, tra i quali quelli finanziari e quelli estetici. Infine, Andreasen et al. [4] hanno riferito che la resistenza alla frattura dei denti immaturi può essere ridotta con un trattamento a lungo termine con idrossido di calcio. Alcuni studi hanno dimostrato come l'impiego dell'idrossido di



**Figura 16** La rimozione del materiale da otturazione canalare evidenzia un apice ampio.

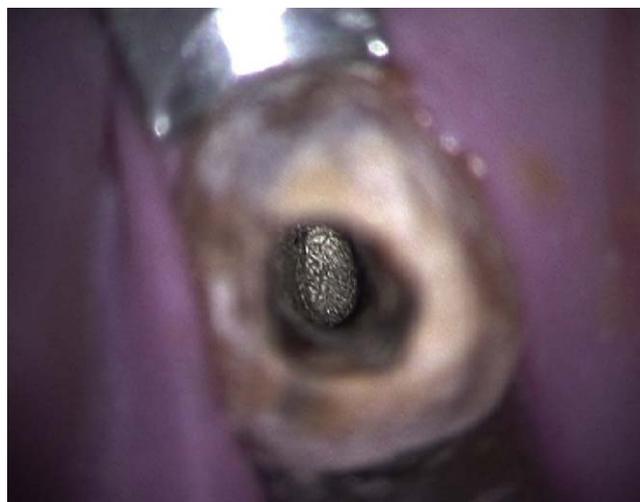


**Figura 17** Dopo un'accurata detersione e disinfezione, viene posizionata oltre apice una matrice riassorbibile contro cui posizionare il MTA.

calcio permetta sì la formazione di una barriera apicale in un periodo che varia da 5 a 24 mesi, ma in tale periodo la frequenza di complicanze, quali fratture corono-radicolari, è molto elevata [4,64].

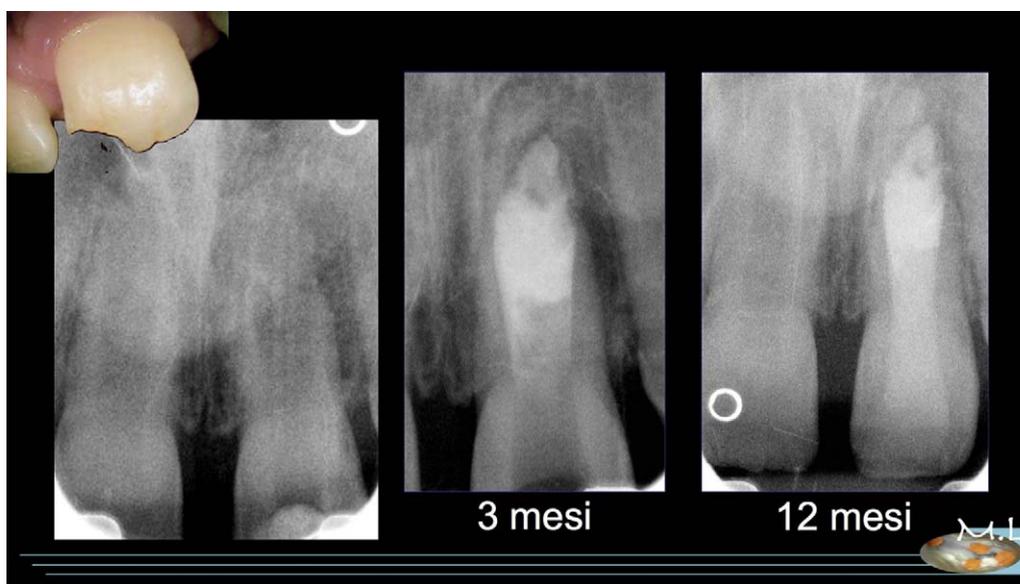
L'introduzione del MTA nei protocolli di apicificazione ha portato numerosi vantaggi, fra i quali la riduzione dei tempi di trattamento, limitando il numero delle sedute con grande risparmio in termini economici e di tempo.

Senza entrare nel merito della patologia o della situazione clinica che ha causato la non maturazione o la deformazione in età adulta dell'apice, il trattamento endodontico per via ortograde di apici ampi deve essere eseguito in condizioni anatomiche "particolari" e necessita di specifiche conoscenze, di un elevato grado di attenzione da parte dell'operatore e, soprattutto, di un appropriato strumentario. Vista la notevole precisione richiesta da questo tipo di trattamento, riteniamo sia molto importante effettuare le varie fasi operative impiegando un sistema ingrandente o meglio il microscopio operatorio (figg. 15–18). La tecnica prevede, dopo adeguato isolamento con diga di gomma, la preparazione di una corretta cavità di accesso. La lunghezza di lavoro deve essere valutata prima sulla radiografia preoperatoria, che deve essere stata scattata tassativamente con centratore di Rinn, e poi subito confermata mediante localizzatore apicale elettronico. La rimozione completa della polpa e/o dei suoi residuati, nonché di eventuali materiali riempitivi precedentemente introdotti, deve essere effettuata nel rispetto della poca dentina canalare rimasta; quindi, il canale deve essere accuratamente deterso e disinfettato. Gli elementi



**Figura 18** Otturazione apicale con MTA completata. Si noti l'adattamento ottimale del materiale alle pareti del canale.

con apici immaturi spesso presentano pareti dentinali molto sottili (figg. 19 e 20), per cui la sagomatura dovrà essere adeguata alla situazione clinica e la strumentazione del canale si proporrà come unico scopo di rimuovere meccanicamente i residui organici e inorganici coadiuvando l'azione delle soluzioni irriganti mediante specifici inserti ultrasonici (figg. 21–28). Una volta terminata la



**Figura 19** Necrosi post-traumatica di 2.1. Procedure di strumentazione minimamente invasive e accurate fasi di disinfezione. Estesa otturazione apicale in MTA eseguita in due appuntamenti successivi: nel primo si è proceduto il sigillo dei 4 mm apicali e nel secondo si è apposto MTA per altri 2 mm. La massa maggiore di MTA, posizionata nel primo appuntamento, traeva l'umidità necessaria all'indurimento del materiale sia dall'area extra-apicale sia da quella canalare, dove era stato inserito un batuffolo di cotone sterile bagnato di soluzione fisiologica; quella minore, inserita nel secondo appuntamento, ovviamente poteva contare solo sull'umidità del cotone intracanalare imbevuto di fisiologica. In terzo appuntamento si è completata l'otturazione del terzo medio con guttaperca e si è eseguita una ricostruzione con tecniche adesive. Controlli a 3 e 12 mesi (caso Dr. M. Lendini).

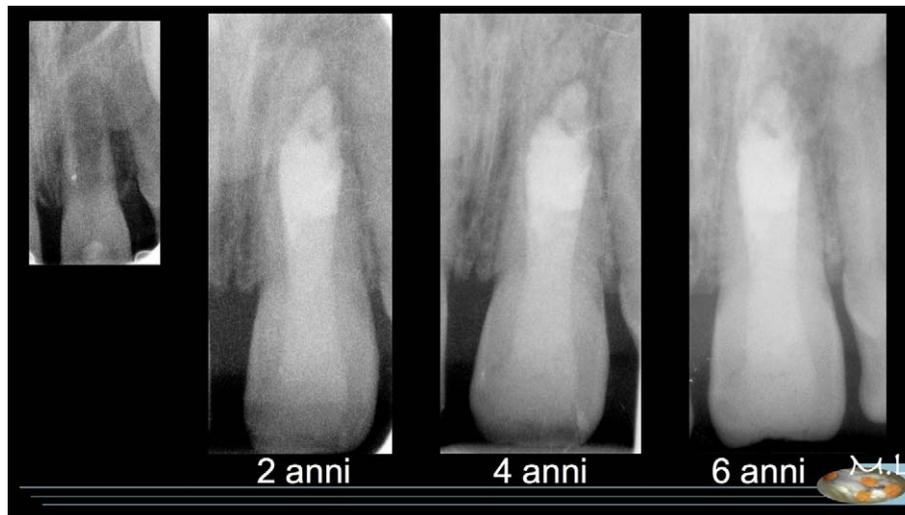


Figura 20 Stesso caso: controlli a 2, 4 e 6 anni.

fase di detersione e disinfezione, si potrà procedere all'asciugatura del canale mediante coni di carta assorbenti sterili. Il trattamento preventivo con idrossido di calcio in pasta una settimana prima del posizionamento del cemento a base Portland a nostro modo di vedere non è necessario, a meno che l'eccessiva presenza di fluidi dal periapice non impedisca un corretto posizionamento del cemento. Questa posizione trova conferme nel lavoro di Felipe et al. [65], che riportano come il MTA impiegato nelle apicificazioni promuova la guarigione periapicale indipendentemente dal pretrattamento con idrossido di

calcio. Anzi, sempre secondo gli autori, nei casi in cui è stato eseguito il pretrattamento del canale con idrossido di calcio si sono verificate estrusioni oltre apice di MTA, con formazione di barriere calcifiche oltre il limite della parete canalare.

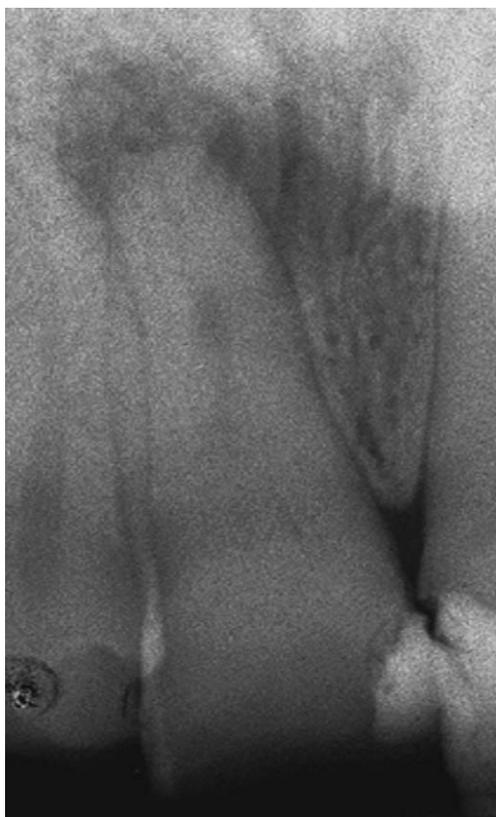
Prima di procedere al posizionamento di cemento MTA in apice è opportuno effettuare un ulteriore controllo della lunghezza di lavoro, misurando contestualmente il diametro apicale, laddove sia possibile. La conferma della lunghezza di lavoro è importante nei casi con apici particolarmente ampi, dove può essere più difficile il controllo apicale del materiale.



Figura 21 Foto preoperatoria di 1.1: visione palatale (caso Dr. R. Fornara).



Figura 22 Foto preoperatoria di 1.1: visione vestibolare.



**Figura 23** Radiografia preoperatoria di 1.1: sono evidenti la parziale calcificazione dell'endodonto e la lesione periapicale.



**Figura 25** Radiografia postoperatoria per valutare il corretto posizionamento apicale del MTA (apical plug).

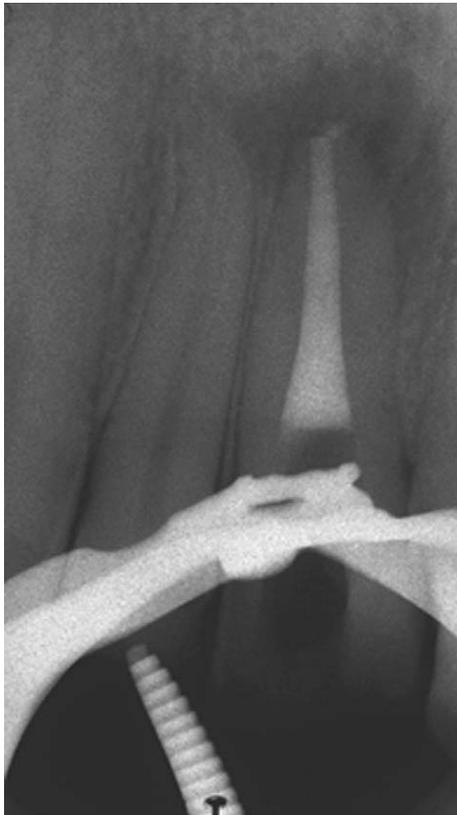


**Figura 24** Foto intraoperatoria. Una volta terminata la sagomatura, l'attivazione degli irriganti mediante inserti ultrasonici consente di ottenere un elevato grado di detersione canalare.

In tali casi, è consigliabile inserire nella zona periapicale delle matrici riassorbibili (classicamente spugna di fibrina compattata) che delimitino il canale dallo spazio periapicale impedendo l'accidentale fuoriuscita di cemento. La matrice deve essere compattata nello spazio extracanalare per

consentire il corretto alloggiamento del cemento e il suo perfetto adattamento marginale impedirà l'estrusione di materiale nella zona periapicale (figg. 29–31). Il cemento viene posizionato con l'ausilio di plugger che devono essere accuratamente selezionati perché il loro diametro deve essere inferiore a quello del canale a 3 millimetri dall'apice. La scelta del carrier per portare nell'area apicale il cemento MTA deve essere tale da permettergli di arrivare a circa 3 millimetri dall'apice senza impegnarsi con le pareti canalari. In casi dubbi, il preciso adattamento del puntale del carrier può essere valutato posizionando quest'ultimo nel canale e scattando un radiogramma. Questo ulteriore parametro permetterà di selezionare correttamente il diametro dei plugger da impiegare e stabilire con la massima precisione la loro lunghezza di lavoro (figg. 32–36).

Il MTA viene miscelato con acqua sterile secondo un rapporto di 3:1, formando una struttura costituita da micropori, canali capillari e acqua intrappolata in essi. La durezza del cemento è influenzata da fattori quali la quantità di acqua impiegata nella fase di miscelazione, la procedura di miscelazione, la pressione usata nella compattazione, l'umidità ambientale e la temperatura. Inoltre, il cemento, una volta indurito, se posto in un ambiente acquoso con una differente concentrazione salina subisce un processo osmotico di rilascio/assorbimento di acqua direttamente proporzionale alla quantità di acqua rimasta



**Figura 26** Radiografia intraoperatoria con otturazione canale con guttaperca e cemento ultimata.



**Figura 27** Radiografia di controllo a 6 mesi con guarigione dei tessuti periapicali.

intrappolata all'interno della struttura cristallina del materiale. Studi in vitro dimostrano come la quantità di acqua utilizzata per la miscelazione dei cementi a base Portland influenzi significativamente la solubilità e la porosità del materiale [66–68]. Infatti, un aumento del rapporto acqua/polvere è correlato a un maggior rilascio di idrossido di calcio. Anche se questo fenomeno potrebbe sembrare vantaggioso, il corretto rispetto dei rapporti di miscelazione consente di ottenere un materiale meno poroso, riducendone la solubilità; infine, non meno importante, rende il cemento molto più lavorabile da parte dell'operatore, soprattutto in sede intraoperatoria.

Un'ulteriore considerazione clinica è rappresentata da un possibile eccesso di idratazione in fase di posizionamento del cemento qualora ci sia la presenza importante di fluidi tissutali (sangue, siero, ecc.). A tal proposito, alcuni operatori consigliano di apportare una dose iniziale di sola polvere sfruttando così i fluidi corporei (sangue, siero) presenti in sede.

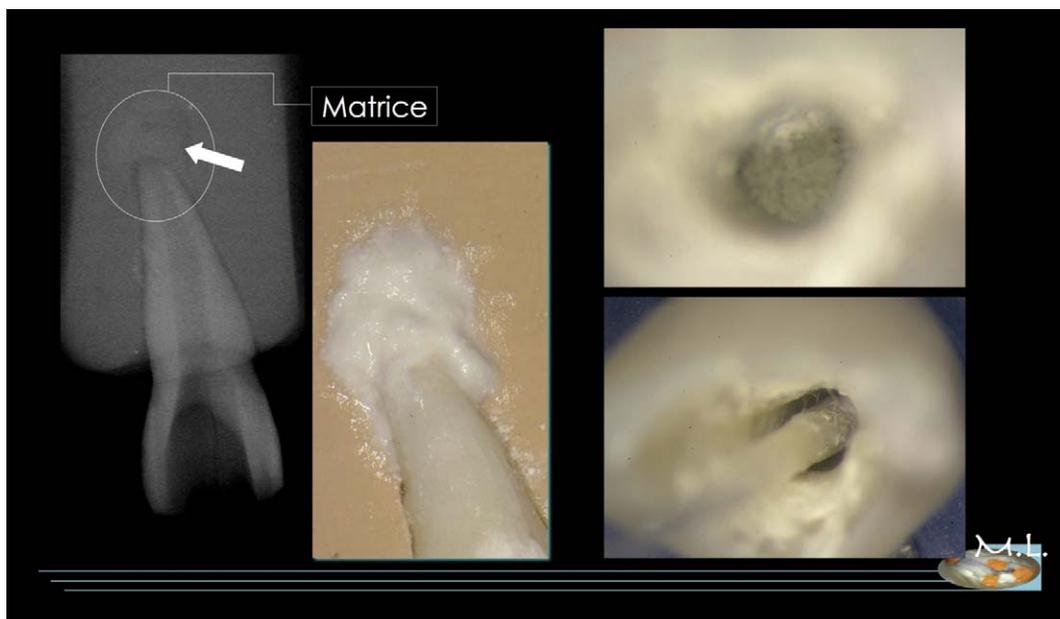
Una volta posizionato il MTA mediante il carrier precedentemente selezionato, il cemento va adattato con leggerissime pressioni portate mediante i plugger o mediante coni di carta sterili. Quest'ultima opzione permette di migliorare la lavorabilità e l'adattamento del materiale, variando il grado di consistenza del MTA; infatti, se si impiegano coni bagnati con soluzione fisiologica si può migliorare l'adattamento del cemento, aumentandone la fluidità; se



**Figura 28** Radiografia di controllo a 24 mesi con mantenimento dello stato di salute periapicale.



**Figura 29** Schema didattico 1: dente estratto con ampio rimaneggiamento apicale inserito in un modello di silicone che simula una lesione periapicale (Dr. M. Canonica, Dr. M. Lendini).

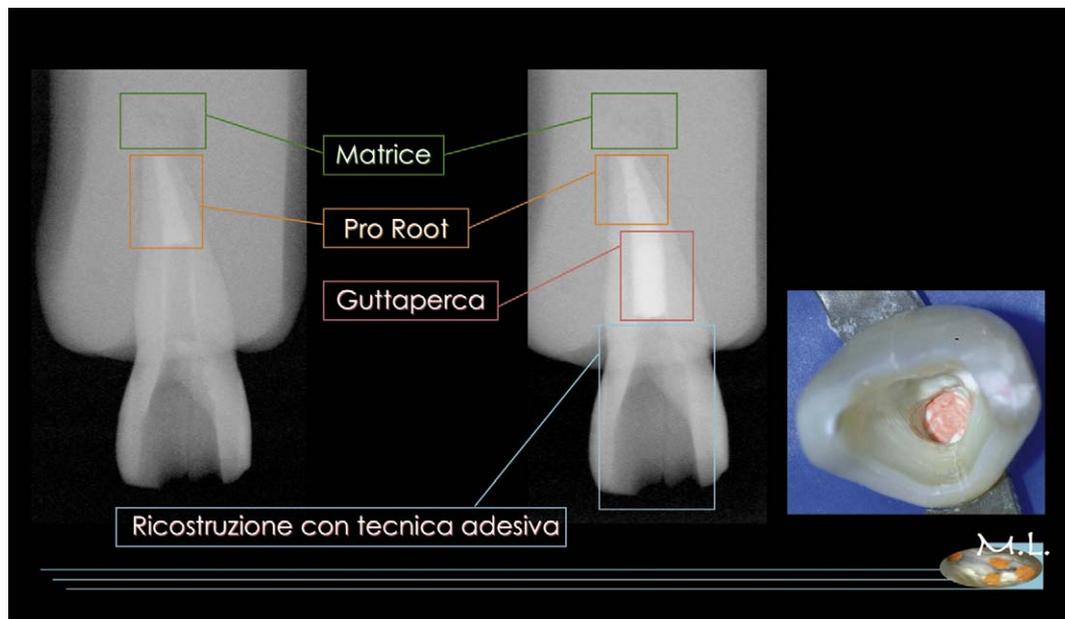


**Figura 30** Schema didattico 2: attraverso il canale viene compattata oltre apice, con plugger di diametro adatto e accuratamente misurati, una matrice di spugna di fibrina che eviterà l'estrusione del MTA successivamente utilizzato per la sigillatura dell'apice (Dr. M. Canonica, Dr. M. Lendini).

si impiegano asciutti, invece, si può ridurre l'idratazione del cemento, rendendolo più compatto.

La quantità di MTA compattata in apice non deve essere superiore a 4-5 millimetri. In questo modo, il cemento è

in grado di indurire completamente assorbendo da una parte i fluidi organici e dall'altra l'umidità derivante dal cono di carta bagnato e posizionato all'interno del canale. La verifica del sigillo apicale viene eseguita mediante una radiografia



**Figura 31** Schema didattico 3: si evidenziano le aree relative alla matrice extra-apicale, all'area apicale sigillata con MTA, al 3° medio canalare successivamente otturato con guttaperca, al 3° coronale del canale e alla cavità di accesso che saranno ricostruiti con tecniche adesive (Dr. M. Canonica, Dr. M. Lendini).



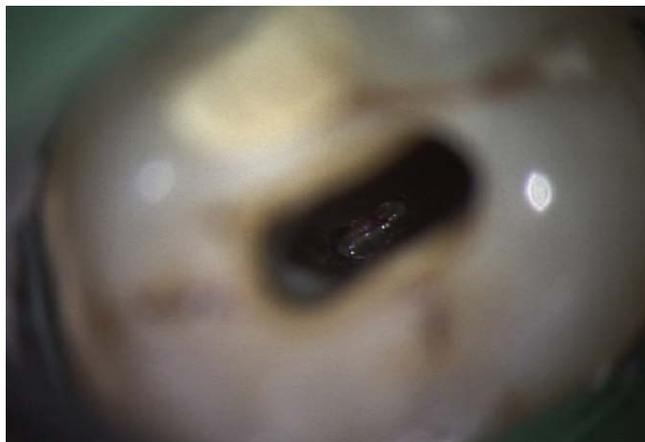
**Figura 32** Rx diagnostica: 1.7 carie, necrosi pulpale e parodontite apicale cronica (caso D. Pasqualini).



**Figura 33** La cavità di accesso evidenzia un unico canale ostruito da un voluminoso calcolo pulpale, che verrà rimosso con ultrasuoni (ingrandimento 5x).

endorale di controllo. In seguito, si posizionano nel canale radicolare prima un cono di carta inumidito con acqua sterile, poi un pellet di cotone e quindi si provvede all'otturazione provvisoria mediante IRM (Caulk Dentsply, Milford, DE, USA). Dopo qualche giorno si procede alla visita di controllo del paziente per la rimozione del sigillo provvisorio e la valutazione dell'integrità del sigillo apicale, che può essere effettuata mediante un file o una

sonda endodontica. Se il cemento è indurito perfettamente si effettua un'ultima disinfezione canalare mediante ipoclorito di sodio per 15-20 minuti, dopo di che si procede all'asciugatura del canale e all'otturazione canalare mediante cemento e guttaperca termoplastificata. Se invece il cemento non avesse fatto presa, l'intera operazione dovrà essere ripetuta per ottenere una corretta chiusura apicale.



**Figura 34** Deterzione canalare completata. La visione al microscopio (10x) evidenzia un unico apice beante. Al centro è ben visibile il parodonto.



**Figura 35** Otturazione apicale mediante tecnica del MTA apical plug.



**Figura 36** Rx di controllo a un anno.

## Conclusioni

A oggi, l'apicificazione in seduta singola con cementi a base Portland (MTA) rappresenta una procedura clinica predicibile e riproducibile. Infatti, la formazione di un apical plug con MTA favorisce sia l'apicificazione sia la guarigione dei tessuti periapicali. Infine, l'iniziale uso di un pretrattamento con idrossido di calcio in pasta, che comportava una seduta in più per il paziente, a oggi non risulta necessario ai fini di una corretta apicificazione.

**Rilevanza clinica:** L'otturazione canalare con gutta-perca, in caso di apici beanti e ampi, può non adattarsi adeguatamente alle pareti canalari, con un conseguente difetto del sigillo apicale. Nonostante l'apicificazione con idrossido di calcio sia stata considerata il gold standard per molti anni, richiede sessioni multiple e la formazione della barriera calcificata apicale non era sempre predicibile. La tecnica dell'otturazione apicale con MTA qui illustrata produce risultati affidabili con una tecnica semplice in una o due sedute.

## Conflitto di interesse

Gli autori dichiarano di non aver nessun conflitto di interessi.

## Finanziamenti allo studio

Gli autori dichiarano di non aver ricevuto finanziamenti istituzionali per il presente studio.

## Bibliografia

1. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. The sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993;19:541–4.
2. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21:349–53.
3. Fridland M, Rosado R. MTA solubility: a long term study. *J Endod* 2005;31:376–9.
4. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dental Traumatol* 2002;18:134–7.
5. Kettering JD, Torabinejad M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995;21:537–42.
6. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kaiyawasam SP. Tissue reaction to implanted Super EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J Endod* 1995;21:569–71.
7. Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res* 1997;37:432–9.
8. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 1998;24:543–7.
9. Mitchell PJ, Pitt Ford TR, Torabinejad M, McDonald F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 1999;20:167–73.

10. Holt DM, Watts JD, Beeson TJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE. The anti-microbial effect against enterococcus faecalis and the compressive strength of two types of mineral trioxide aggregate mixed with sterile water or 2% chlorhexidine liquid. *J Endod* 2007;33:844–7.
11. Stowe TJ, Sedgley CM, Stowe B, Fenno JC. The effects of chlorhexidine gluconate (0.12%) on the antimicrobial properties of tooth-colored ProRoot mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2004;30:429–31.
12. Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pecora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Braz Dent J* 2000;11:3–9.
13. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TR, Kettering JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. *J Endod* 1995; 21:403–6.
14. Miyagak DC, de Carvalho EM, Robazza CR, Chavasco JK, Levorato GL. In vitro evaluation of the antimicrobial activity of endodontic sealers. *Braz Oral Res* 2006;20:303–6.
15. 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 Endod* 1995;21:295–9.
16. Gondim E, Zaia AA, Gomes BP, Ferraz CC, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Investigation of the marginal adaptation of root-end filling materials in root-end cavity prepared with ultrasonic tips. *Int Endod J* 2003;36:491–9.
17. Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endod J* 2004;37:325–36.
18. Camilleri J, Pitt Ford TR. Evaluation of the effect of tracer pH on the sealing ability of glass ionomer cement and mineral trioxide aggregate. *J Mater Sci Mater Med* 2008;19:2941–8.
19. Peters CI, Peters OA. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computed-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J* 2002;35:22–9.
20. Tobón-Arroyave SI, Restrepo-Pérez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velásquez-Restrepo Z, Marín-Botero ML, García-Dorado EC. Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. *Int Endod J* 2007;40:590–602.
21. Gandolfi MG, Sauro S, Mannocci F, et al. New tetrasilicate cements as retrograde filling material: an in vitro study on fluid penetration. *J Endod* 2007;33:742–5.
22. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root-end filling material. *J Endod* 1993;19:591–5.
23. Torabinejad M, Higa RK, McKendry DJ, Pitt Ford TR. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. *J Endod* 1994;20:159–63.
24. Aqrabawi J. Sealing ability of amalgam, Super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J* 2000; 188:266–8.
25. Andelin WE, Browning DF, Hsu GH, Roland DD, Torabinejad M. Microleakage of resected MTA. *J Endod* 2002;28:573–4.
26. Davis JL, Jeansonne BG, Davenport WD, Gardiner D. The effect of irrigation with doxycycline or citric acid on leakage and osseous wound healing. *J Endod* 2003;29:31–5.
27. Pereira CL, Cenci MS, Demarco FF. Sealing ability of MTA, Super EBA, Vitremer and amalgam as root-end filling materials. *Braz Oral Res* 2004;18:317–21.
28. Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M. Sealing ability of a novel endodontic cement as a root-end filling material. *J Biomed Mater Res* 2008;87A:706–9.
29. Tanomaru Filho M, Figueiredo FA, Tanomaru JM. Effect of different dye solutions on the evaluation of the sealing ability of mineral trioxide aggregate. *Braz Oral Res* 2005;19:119–22.
30. Vogt BF, Xavier CB, Demarco FF, Padilha MS. Dentin penetrability evaluation of three different dyes in root-end cavities filled with mineral trioxide aggregate (MTA). *Braz Oral Res* 2006;20:132–6.
31. Yatsushiro JD, Baumgartner JC, Tinkle JS. Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive system. *J Endod* 1998;24:716–9.
32. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Long term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998;24:557–60.
33. Adamo HL, Buruiana R, Schertzer L, Boyan RJ. A comparison of MTA, Super EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int Endod J* 1999;32:197–203.
34. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1995;21:109–12.
35. Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material, and Super EBA as a root-end filling material. *J Endod* 1998;24:176–9.
36. de Leimburg ML, Angeretti A, Ceruti P, Lendini M, Pasqualini D, Berutti E. MTA obturation of pulpless teeth with open apices: bacterial leakage as detected by polymerase chain reaction assay. *J Endod* 2004;30:883–6.
37. Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod* 2002;28:5–7.
38. Zakizadeh P, Marshall SJ, Hoover CI, Peters OA, Noblett WC, Gansky SA, et al. A novel approach in assessment of coronal leakage of intraorifice barriers: a saliva leakage and micro-computed tomographic evaluation. *J Endod* 2008;34:871–5.
39. Al-Hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J Endod* 2005;31:453–6.
40. Fernández-Yáñez Sánchez A, Leco-Berrocá MI, Martínez-González JM. Meta-analysis of filler materials in periapical surgery. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13:E180–5.
41. Abedi HR, Van Mierlo BL, Wilder-Smith P, Torabinejad M. Effects of ultrasonic root-end cavity preparation on the root apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;80:207–13.
42. Roy CO, Jeansonne BG, Gerrets TF. Effect of an acid environment on leakage of root-end filling materials. *J Endod* 2001;27:7–8.
43. Kubo CH, Gomes AP, Mancini MN. In vitro evaluation of apical sealing in root apex treated with demineralization agents and retrofilled with mineral trioxide aggregate through marginal dye leakage. *Braz Dent J* 2005;16:187–91.
44. Pichardo MR, George SW, Bergeron BE, Jeansonne BG, Rutledge R. Apical leakage of root-end placed SuperEBA, MTA, and Geristore restorations in human teeth previously stored in 10% formalin. *J Endod* 2006;32:956–9.
45. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2003;29:407–12.
46. Chen CL, Huang TH, Ding SJ, Shie MY, Kao CT. Comparison of calcium and silicate cement and mineral trioxide aggregate biologic effects and bone markers expression in MG63 cells. *J Endod* 2009;35:682–5.
47. Huang TH, Yang CC, Ding SJ, Yeng M, Kao CT, Chou MY. Inflammatory cytokines reaction elicited by root-end filling materials. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005;73:123–8.
48. Baek SH, Plenck H, Kim S. Periapical tissue responses and cementum regeneration with amalgam, Super EBA and MTA as a root-end filling materials. *J Endod* 2005;31:444–9.
49. Apaydin ES, Shabahang S, Torabinejad M. Hard-tissue healing after application of fresh or set MTA as a root-end-filling material. *J Endod* 2004;30:21–4.
50. Gandolfi MG, Perut F, Ciapetti G, Mongiorgi R, Prati C. New portland cement-based materials for endodontics mixed with

- articaïne solution: a study of cellular response. *J Endod* 2008;34:39–44.
51. Gandolfi MG, Taddei P, Modena E, Van Meerbeek B, Prati C. Environmental scanning electron microscopy connected with energy dispersive X-ray analysis and raman techniques to study ProRoot mineral trioxide aggregate and calcium silicate cements in wet conditions and in real time. *J Endod* 2010;36:851–7.
  52. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 1999;25:197–205.
  53. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Mineral Trioxide Aggregate as a pulp capping material. *J Am dent Assoc* 1996;127:1491–4.
  54. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 2002; 35: 245–54.
  55. Tittle KW, Farley J, Linkhardt T, Torabinejad M. Apical closure induction using bone growth factors and mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1996;22:198.
  56. Pitt Ford TR, Torabinejad M, hong CU, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg* 1995;21:228.
  57. Cummings GR, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate as an isolating barrier for internal bleaching. *J Endod* 1995;21.
  58. Dammaschke T, Gerth HU, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dent Mater* 2005;21: 731–8.
  59. Castellucci A, Papaleoni M. Il MAP (Micro Apical Placement) System: un perfetto carrier per MTA in endodonzia clinica e chirurgica. *Informatore Endod* 2009;12:14–25.
  60. Frank AL. Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J Am Dent Ass* 1966;72:87–93.
  61. Finucane D, Kinirons MJ. Non-vital immature permanent incisors: factors that may influence treatment outcome. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:273–7.
  62. Steiner JC, Dow PR, Cathey GM. Inducing root end closure of non-vital permanent teeth. *J Dent Child* 1968;35:47–54.
  63. Van Hassel HJ, Natkin E. Induction of root end closure. *J Dent Child* 1970;37:57–9.
  64. Rosenberg B, Murray PE, Namerow K. The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. *Dent Taumatol* 2007;23:26–9.
  65. Felipe WT, Felipe MCS, Rocha MJC. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006;39: 2–9.
  66. Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios. *J Endod* 2003;29:814–7.
  67. Namazikhah MS, Nekoofar MH, Sheykhrezae MS, et al. The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2008;41:108–16.
  68. Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, et al. Effect of pH on sealing ability of white mineraltrioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 2008;34:1226–9.