

Incappucciamento diretto con MTA. Caso clinico

Arnaldo Castellucci, MD, DDS

Fig. 1.

Esempio di riassorbimento interno della camera pulpare a carico di un molare che aveva subito un incappucciamento diretto con idrossido di calcio. A. Radiografia di controllo dopo 13 anni dall'incappucciamento. La paziente lamentava frequenti episodi di emicrania dallo stesso lato del dente. B. Radiografia di controllo 15 anni dopo l'incappucciamento: la paziente ora lamenta dolore nella masticazione "come se masticasse sulla polpa dentale"! Si può notare una netta radiotrasparenza al di sotto del materiale incappucciante. C. Aspetto della superficie oclusale: è visibile il tessuto pulpare adiacente alla vecchia amalgama. D. Rimossa l'otturazione, un grosso "polipo" pulpare emerge da sotto il restauro.

Cosa sapevamo prima dell'MTA?

Su nessun altro argomento odontoiatrico è stato scritto e discusso tanto quanto sul mantenimento della vitalità di una polpa esposta, sulla quale è stato provato di tutto, compreso lo sterco di passero inglese.⁸

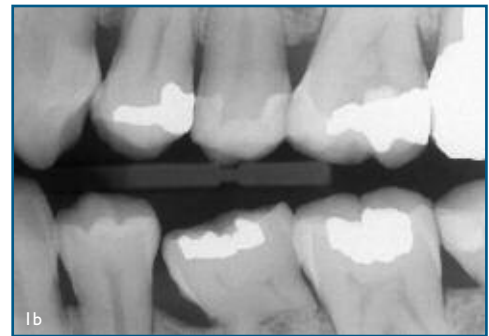
Agli inizi del secolo era giustificato mettere in pratica qualsiasi tentativo di mantenimento della vitalità pur di non estirpare la polpa, in quanto non si possedevano i mezzi per eseguire una terapia endodontica corretta e prevedibile e si ottenevano più alte percentuali di successo dopo incappucciamento anziché dopo pulpectomia e trattamento canalare.

Oggi però, alla luce delle numerosissime ricerche che sono state eseguite, tale atteggiamento non è più corretto ed il cornetto pulpare esposto non deve più esercitare quel terrore che esercitava cinquant'anni fa.

Herman⁵ per primo introdusse l'uso dell'idrossido di calcio in tali casi e Teuscher e Zander²⁷ per primi descrissero la formazione del ponte dentinale al di sotto del medicamento. Pisanti e Sciaky,¹⁹ usando calcio radioattivo, dimostrarono come l'idrossido di calcio non partecipa attivamente alla formazione del ponte dentinale, che viene invece costruito a spese del calcio ematico.

Via³⁶ notò che dopo 24 mesi il 68,9% dei casi da lui trattati con idrossido di calcio erano diventati degli insuccessi, soprattutto per la presenza di riassorbimenti interni (Fig. 1).

Ostrom e Lyon¹⁷ e Quigley²² hanno



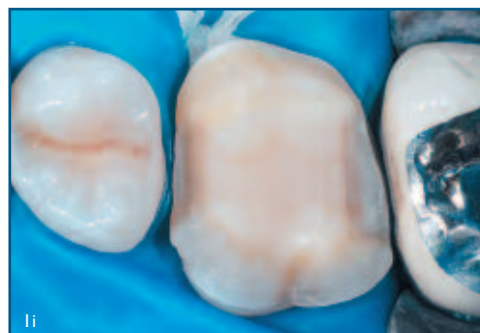
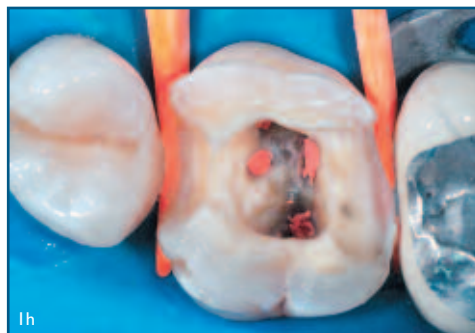
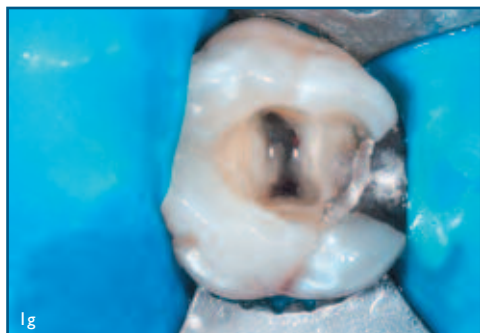
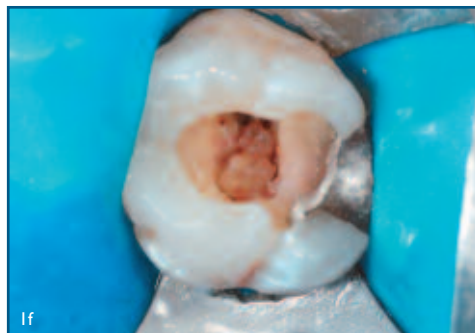
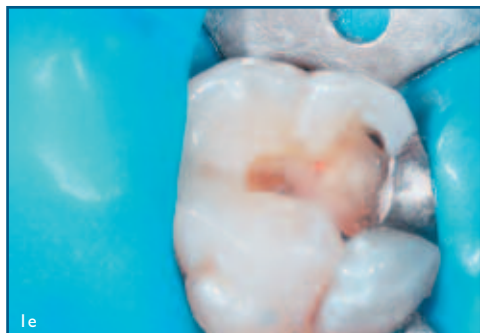


Fig. 1.

E. Si noti le piccole dimensioni dell'esposizione pulpare attraverso la quale è cresciuto il polipo pulpare che successivamente ha riassorbito la struttura dentale coronale. F. All'interno della camera pulpare è presente una enorme calcificazione. G. Aspetto della cavità d'accesso. H. Il dente è ora pronto per il restauro post-endodontico. I. Sono stati eseguiti il build-up e la preparazione. L. Il restauro estetico in ceramica integrale. M. Il restauro è stato cementato sotto diga. N. Aspetto occlusale dell'overlay.

Il Dr. Castellucci si è laureato in Medicina e Chirurgia presso l'Università di Firenze nel 1973 e si è specializzato in Odontoiatria e Protesi Dentaria presso la stessa Università nel 1977. Dal 1978 al 1980 ha frequentato i corsi della Continuing Education in Endodonzia presso la Boston University School of Graduate Dentistry con il Prof. Herbert Schilder. Da allora esercita l'attività a Firenze limitatamente alla sola Endodonzia. E' Past President della Società Italiana di Endodonzia S.I.E., Past President della International Federation of Endodontic Associations I.F.E.A., Active Member

Fig. 1.
O. Aspetto vestibolare del medesimo ad una seduta di controllo. La paziente riferisce di non aver più sofferto di emicrania. P. Radiografia di controllo. (Caso clinico del Dr. Riccardo Becciani. Terapia endodontica del Dr. Arnaldo Castellucci).



anch'essi riportato percentuali elevate di fallimenti, oltre all'osservazione di zone di degenerazione pulpare al di sotto dei ponti dentali.

Mitchell e Shankwalker¹⁴ hanno descritto l'intensa calcificazione cui va incontro il tessuto pulpare in seguito a tale trattamento, fenomeno osservato e descritto anche da Baume.³ La qualità e la quantità della dentina neoformata è imprevedibile.²¹ Altri Autori^{1,18} infine hanno dimostrato che la zona radiopaca osservata sotto la sede dell'esposizione non può essere sempre messa in relazione con la barriera calcifica. Tziafas e Beltes³⁵ infatti hanno anch'essi dimostrato che molte zone radiopache sono in realtà zone di necrosi di solito presenti al di sotto del materiale incappucciante. La radiopacità di queste zone può essere

attribuita alla forte impregnazione di sali di calcio, derivante almeno in parte dagli agenti incappuccianti.^{7,26}

Da queste e da altre ricerche simili emerge il fatto che, indipendentemente dalla vastità dell'esposizione, l'incappucciamento pulpare, dettato dal disperato tentativo di mantenere viva una polpa condannata, è un procedimento non solo imprevedibile e con prognosi quindi incerta, ma addirittura pericoloso, in quanto può determinare l'insorgere di riassorbimenti interni o di degenerazioni pulpari calcifiche o di entrambe le patologie, che possono rendere difficile, se non impossibile, la terapia endodontica ortograde che molto facilmente si renderà necessaria a più o meno breve scadenza.¹³

Weine³⁷ afferma infatti che se la terapia di incappucciamento diretto con idrossido di calcio (che almeno fino a poco tempo fa pareva essere il materiale di elezione) fallisce e il dente diventa sintomatico, può essere difficile se non impossibile trattarlo con la tradizionale endodonzia a causa delle severe calcificazioni presenti nel canale, associate ai frequenti fenomeni di riassorbimento interno descritti anche da altri Autori.

Seltzer e Bender,²⁵ in accordo con Weine, affermano che talvolta, nonostante la formazione del ponte dentinale, la restante polpa rimane cronicamente infiammata e può andare in necrosi. In almeno il 33% dei denti trattati con pulpotomia e idrossido di calcio sono stati trovati fenomeni di riassorbimento interno. In altri, invece, si è vista la completa mineralizzazione

della European Society of Endodontology E.S.E., Active Member della American Association of Endodontists A.A.E.. Attualmente è Professore a Contratto presso il Corso di Laurea in Odontoiatria dell'Università di Firenze. E' Direttore responsabile del Giornale Italiano di Endodonzia, Direttore Responsabile e Direttore Scientifico dell'Informatore Endodontico, Editor in Chief di Endo Tribune, Fondatore e Presidente del Warm Gutta-Percha Study Club e del Centro Insegnamento Micro-Endodonzia. Relatore internazionale, è autore di numerosi articoli scientifici pubblicati sulle più importanti riviste del settore e autore del testo Endodonzia, ora tradotto anche in lingua Inglese.

con scomparsa del rimanente tessuto pulpare. Tale mineralizzazione può ostruire il canale a tal punto da rendere difficile la sua strumentazione se in futuro si rende necessario un trattamento endodontico.

Ciò che rende pericolosa la terapia di incappucciamento o la pulpotomia con idrossido di calcio sembra essere il fatto che il tessuto pulpare viene in qualche modo stimolato ad isolarsi dalla comunicazione con l'esterno e quindi fabbrica il ponte dentinale, ma non sa quando cessare queste deposizioni calcifiche e quindi continuano fenomeni di apposizione (calcificazioni) che sappiamo essere sempre associati a fenomeni di rimozione (riassorbimento).

Schultz e coll.²⁴ affermano che "un'esposizione del tessuto pulpare che si verifichi durante la preparazione della cavità richiede una decisione, e cioè se sia meglio tentare un incappucciamento della polpa oppure trattare il dente endodonticamente".

Mullaney,¹⁵ nella valutazione istologica del successo delle terapie della polpa vitale, sottolinea l'importanza di esaminare sezioni seriate in quanto spesso il ponte dentinale non è completo e sono presenti aree di necrosi. L'Autore fa anche notare la fallacia dell'esame radiografico se usato come unico metodo nella valutazione del successo, in quanto non si possono avere sufficienti informazioni circa la completezza del ponte dentinale.

Tronstad e Mjor³⁴ affermano anch'essi che, sebbene la formazione del ponte dentinale sia stata usata come uno dei criteri di successo degli incappuc-

menti, essa può avvenire anche in denti affetti da infiammazione irreversibile.

Nel caso tuttavia che si decida di intraprendere tale terapia³⁷

- per la scarsa manualità endodontica dell'operatore
- per le difficoltà anatomiche presentate dal dente e l'incapacità dell'operatore a superarle
- per motivi economici del paziente si dovranno attentamente valutare i seguenti parametri:

- a) il dente non deve avere sensibilità al caldo e al freddo, né dolore spontaneo
- b) non ci deve essere dolore alla palpazione o alla percussione
- c) non devono essere presenti alterazioni radiografiche periapicali
- d) si deve agire in assenza di un marcato restringimento della camera pulpare o del canale
- e) la camera pulpare deve essere esente da calcificazioni
- f) non ci deve essere il minimo sospetto di infezione batterica, in quanto l'assenza di batteri è il fattore più importante della guarigione pulpare dopo esposizione.⁹

Da tutto ciò emerge come le indicazioni per l'esecuzione dell'incappucciamento diretto si riducano drasticamente:

- a) paziente giovane e soprattutto molto motivato, affinché torni ai controlli clinici e radiografici necessari
- b) esposizione in dentina sana e non al di sotto di carie e pertanto non in dentina infetta
- c) mantenimento dell'assoluta sterilità intra-operatoria
- d) camera pulpare esente da calcifica-

Incappucciamento diretto con MTA. Caso clinico

zioni, che, per così dire, rubano spazio ed apporto sanguigno al tessuto pulpare che deve guarire. Infine Langeland¹² si dichiara decisamente contrario anche all'incappucciamento indiretto che l'Autore definisce come un procedimento inaccettabile. I motivi del suo apparente successo (come dell'incappucciamento diretto o della pulpotomia) sono dovuti alla rimozione della maggior parte del tessuto disintegrato, ma è una tecnica destinata a fallire per la presenza di batteri e talvolta di una piccola zona di necrosi pulpare che viene lasciata a contatto con l'agente incappucciante. Il successo di qualsiasi terapia, invece, dipende dalla rimozione totale di tutto il tessuto disintegrato.

In conclusione, i nostri sforzi per mantenere viva una polpa che abbia subito un'esposizione sono non solo giustificati ma anzi obbligatori nei denti ad apice immaturo, soprattutto se l'esposizione è da trauma ed è recente. Il trattamento di elezione in questi casi è senz'altro la pulpotomia, da preferirsi all'incappucciamento diretto, e tale terapia deve comunque essere considerata una terapia provvisoria, in attesa della maturazione dell'apice e della radice. Quella polpa deve rimanere viva perché deve ancora finire di svolgere la sua funzione primaria, la funzione formativa. Una volta completato lo sviluppo della radice, in accordo con quanto affermano anche Seltzer e Bender,²⁵ quella polpa non ha alcun motivo di restare lì e siccome rappresenta solo un pericolo per le calcificazioni e i fenomeni di riassorbimento interno

che si possono sviluppare, deve essere rimossa e il dente deve essere trattato endodonticamente. Chi dice infatti alla polpa che dopo aver costruito il ponte dentinale e completato lo sviluppo dell'apice deve rimanere nel canale viva, vitale ed inerte?

D'altra parte, l'esposizione pulpare in un dente ad apice maturo deve essere considerata un'indicazione al trattamento endodontico, in quanto, come diceva Rebel²³ nel lontano 1922, "una polpa esposta è un organo perso".

Cosa sappiamo oggi?

Recentemente, il Dr. Mahmoud Torabinejad³⁰ dell'Università di Loma Linda, California, ha messo a punto un nuovo materiale, il Mineral Trioxide Aggregate (MTA; ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental) (Figg. 2, 3), che sembra avere tutte le caratteristiche richieste al materiale ideale per sigillare le vie di comunicazione esistenti tra polpa e cavità orale (esposizioni pulpari



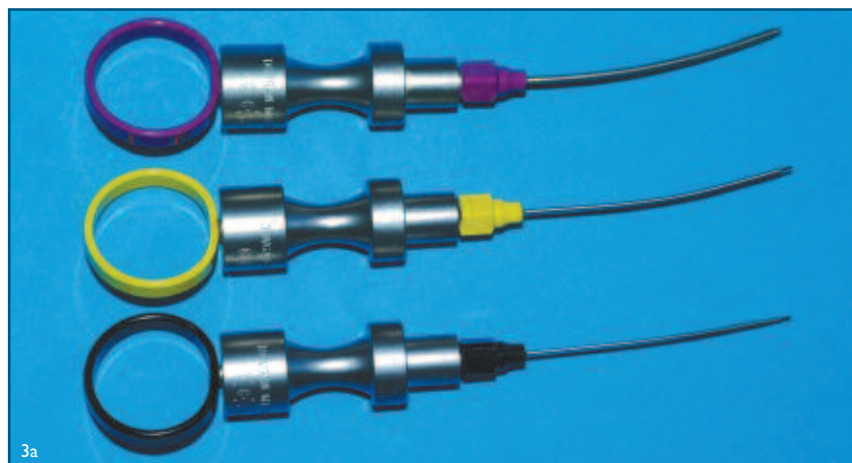
Fig. 2
Il ProRoot MTA (Dentsply Tulsa Dental).

accidentali o da carie) o tra endodonto e parodonto (perforazioni iatrogene, apici immaturi, apici riassorbiti, cavità retrograde).

L'MTA è un cemento endodontico estremamente biocompatibile, capace di stimolare la guarigione e l'osteogenesi ed è idrofilo. Il cemento si presenta sotto forma di polvere fatta di fini triossidi (Ossido tricalcico, Ossido di silicio, Ossido di bismuto) e altre particelle idrofile (Silicato tricalcico, Alluminato tricalcico, responsabili delle proprietà chimiche e fisiche del materiale) che induriscono in presenza di umidità. L'idratazione della polvere infatti dà luogo alla formazione di un gel colloidale con pH 12,5 che solidifica in un tempo di circa 4 ore.³⁰ Questo cemento è diverso dagli altri materiali attualmente in uso grazie alla sua biocompatibilità, alle sue proprietà antibatteriche, alle sue capacità di adattamento marginale e di sigillo e alla sua natura idrofila.³⁰

In termini di biocompatibilità, Koh e coll.^{10,11} e Pitt Ford e coll.¹⁹ hanno dimostrato l'assenza di citotossicità quando l'MTA viene in contatto con fibroblasti ed osteoblasti, e la formazione di ponti dentinali quando il materiale viene usato per gli incappucciamenti pulpari diretti.

Numerosi studi^{2,16,29,31-33} condotti sia in vitro che in vivo hanno dimostrato che l'MTA possiede una capacità sigillante ed una biocompatibilità superiore a quella dell'amalgama, dell'IRM e del Super-EBA; studi condotti sull'infiltrazione batterica e con coloranti hanno confermato le capacità sigillanti dell'MTA; la sua citotossicità



è apparsa essere inferiore rispetto a quella dell'IRM e del Super-EBA.

La caratteristica che distingue l'MTA dagli altri materiali usati fino ad oggi in endodonzia è la sua idrofilia. I materiali usati per riparare le perforazioni, per sigillare le cavità retrograde in endodonzia chirurgica, per sigillare gli apici immaturi o per proteggere la polpa negli incappucciamenti diretti, inevitabilmente vengono a contatto con il sangue e con i vari fluidi tissutali. L'umidità può essere un fattore molto

Fig. 3

Le siringhe di Dovgan (A) (Quality Aspiratore, Duncanville, Texas) e il MAP System (RoydentDental Products) (B) specificatamente studiati per posizionare l'MTA rispettivamente in ortograde e in chirurgia.

Incappucciamento diretto con MTA. Caso clinico



Fig. 4
Aspetto istologico di un incappucciamento diretto eseguito con ProRoot MTA. Il tessuto vitale pulpare è circondato da dentina normale. Tra la polpa ed il ProRoot è visibile il ponte dentinale, formatosi dopo il posizionamento del Mineral Trioxide Aggregate sulla polpa esposta (Per gentile concessione del Dr. M. Torabinejad).

importante per i suoi potenziali effetti sulle proprietà fisiche e sigillanti dei materiali da restauro.²⁹ Come hanno dimostrato Torabinejad e coll.²⁹ l'MTA è l'unico materiale che non è influenzato dalla presenza di umidità o dalla contaminazione con sangue: la presenza o l'assenza di sangue, infatti, sembra non influenzare le capacità sigillanti del mineral trioxide aggregate. Al contrario, l'MTA indurisce solo in presenza di umidità.³⁰

Il cemento MTA è stato studiato anche come materiale per incappucciamento diretto della polpa²⁰ (Fig. 4) e oggi possiamo dire che a tale scopo è senz'altro il materiale di elezione.

Pertanto, premesso che l'incappucciamento diretto è oggi indicato solo nei denti con apice immaturo ed esposizione pulpare in assenza di segni

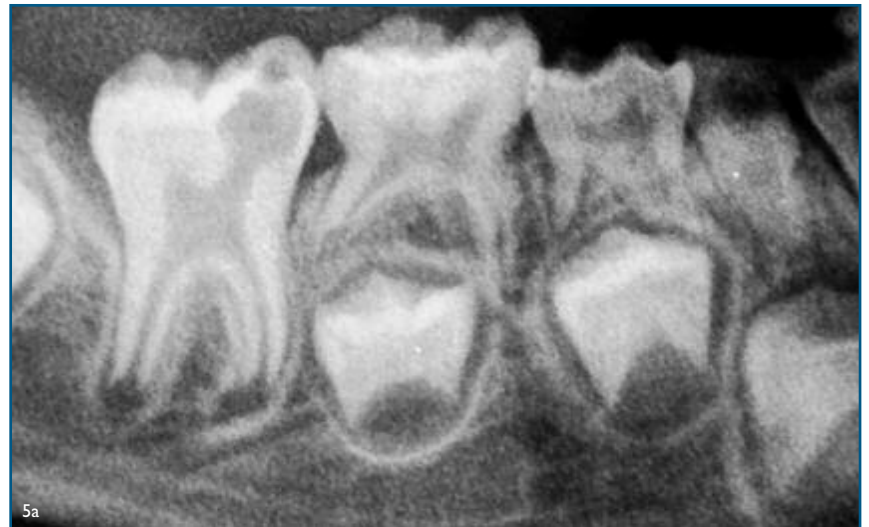
e sintomi di pulpite irreversibile,²⁸ in questi casi in cui è richiesto il mantenimento della vitalità pulpare l'MTA è senz'altro da preferirsi all'idrossido di calcio. Studi recenti hanno dimostrato che l'MTA stimola la formazione del ponte dentinale da parte della polpa esposta. La dentinogenesi può essere dovuta alle sue capacità sigillanti, alla sua alcalinità, alla sua biocompatibilità.²⁰

Faraco e Holland⁴ hanno dimostrato che nei denti trattati con MTA tutti i ponti dentinali erano di struttura tubulare e in alcuni casi nelle zone più superficiali di tali ponti era visibile un sottile strato di tessuto pulpare necrotico. Ciò fa pensare che questo materiale, così come fa l'idrossido di calcio, a contatto con il tessuto connettivo pulpare, inizialmente provoca una necrosi coagulativa a causa della sua elevata alcalinità: durante la manipolazione, infatti, il suo pH è 10,2 e dopo 3 ore è 12,5.³⁰ In un precedente articolo Holland e coll.⁶ hanno dimostrato la presenza di cristalli di calcite a contatto con l'MTA impiantato nel tessuto sottocutaneo del ratto. Questi cristalli di calcite attraggono la fibronectina, responsabile dell'adesione cellulare e della differenziazione. Pertanto possiamo ritenere che il meccanismo di azione sia simile a quello dell'idrossido di calcio, con in più un sigillo antibatterico nettamente superiore.⁴

Caso clinico

Una bambina di sei anni è stata indirizzata al mio studio per una profonda carie a carico del primo molare inferiore di destra. Il dente era eretto solo parzialmente (con le sue cuspidi mesiali) mentre le cuspidi distali erano ancora sotto gengiva. La cuspidata mesio-vestibolare presentava una profonda carie che coinvolgeva il tessuto pulpare sottostante. Il dente era completamente asintomatico e rispondeva a tutti i test di vitalità pulpare. La radiografia mostrava la profonda carie e gli apici immaturi (Fig. 5a).

Dopo aver somministrato l'anestesia, il dente è stato isolato con la diga di gomma dopo aver mordenzato lo smalto vestibolare e linguale delle cuspidi mesiali e dopo aver fatto aderire due piccole porzioni di composito per stabilizzare l'uncino della diga. La rimozione della dentina cariata ha comportato una grande esposizione pulpare. La polpa così esposta è stata irrigata con ipoclorito di sodio al 5% per controllare il suo leggero sanguinamento. È stata quindi miscelata la polvere di MTA con soluzione fisiologica sterile e il cemento così preparato è stato appoggiato a contatto dell'esposizione pulpare con l'utilizzo della siringa di Dovgan. Il cemento è stato quindi condensato delicatamente contro il tessuto pulpare con l'utilizzo di una pallina di cotone bagnata. Sopra il cemento MTA è stata quindi appoggiata un'altra pallina di cotone bagnata e la cavità è stata sigillata con



un cemento per otturazione provvisoria (Fig. 5b).

Dopo circa 4 ore la giovane paziente è stata vista nuovamente, è stata riposizionata la diga di gomma, è stato rimosso il cemento provvisorio con la pallina di cotone sottostante ed è stato controllato l'avvenuto indurimento del materiale. Il dente è stato quindi ottu-

Fig. 5a-b

A. Particolare della radiografia panoramica della paziente di anni 6: il primo molare inferiore di destra è eretto solo parzialmente con le sue cuspidi mesiali e già presenta una carie destrutturante con interessamento pulpare. Il dente è completamente asintomatico e risponde positivamente ai vari test di vitalità pulpare. B. Radiografia post-operatoria: pulita la carie, è stato messo MTA sulla polpa esposta e al di sopra una pallina di cotone bagnata e Cavit.

Incappucciamento diretto con MTA. Caso clinico

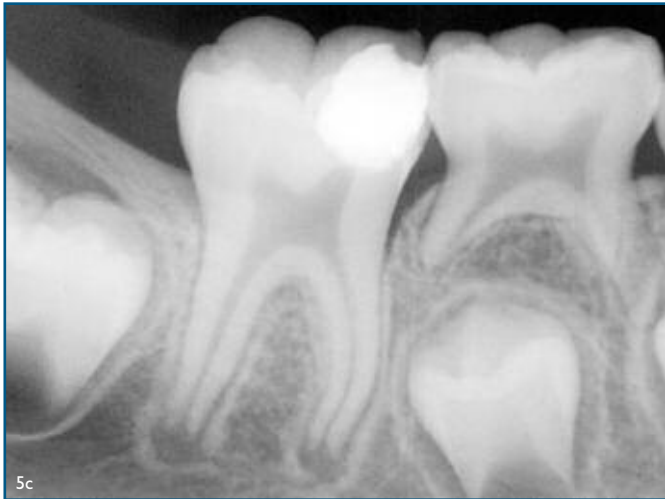


Fig. 5c-f

Radiografie di controllo rispettivamente dopo 7, 22, 40 e 53 mesi: si noti la maturazione degli apici e la mancanza di segni di calcificazioni pulpari. La polpa continua a rispondere positivamente ai test di vitalità pulpare.

rato in amalgama e la paziente è stata monitorata per controlli clinici e radiografici ogni 6 mesi negli successivi (Figg. 5c-f).

Dopo 7 anni la giovane paziente è stata rivista per il restauro definitivo estetico del molare. All'esame radiografico il dente mostrava la completa formazione degli apici radicolari e l'assoluta assenza di calcificazioni in camera pulpare. Il cornetto pulpare al di sotto del materiale incappucciante era rimasto

intatto e il dente rispondeva a tutti i test di vitalità pulpare (Figg. 5g-i).

Conclusione

Sicuramente per la terapia della polpa vitale il Mineral Trioxide Aggregate è da preferirsi all'idrossido di calcio ed è da considerarsi il materiale di elezione quando esiste l'indicazione per eseguire

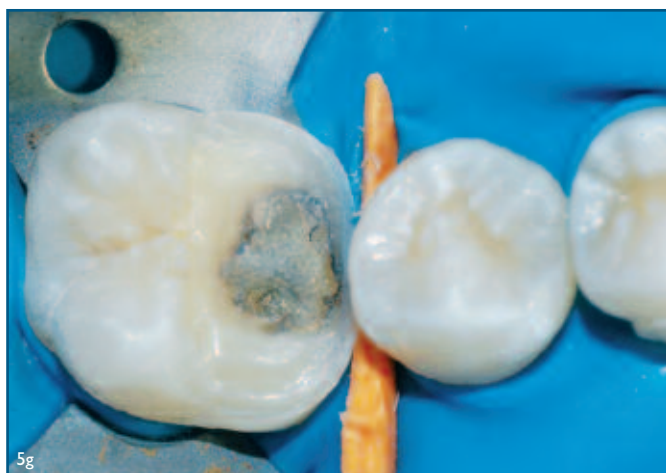


Fig. 5g-i

Dopo 7 anni è stata rimossa l'otturazione in amalgama, sotto la quale è ora visibile l'MTA posizionato 7 anni prima. H. Il dente è stato ricostruito con un onlay in composito (G, H: Dr. Riccardo Becciani). I. Radiografia di controllo dopo la cementazione del restauro.

un incappucciamento diretto.

Ciononostante, si deve tenere presente che l'MTA è stato introdotto sul mercato solo recentemente e a tutt'oggi non esistono studi o pubblicazioni sulla sua efficacia a lungo termine. Per questo motivo è necessario richiamare regolarmente i pazienti per controllare radiograficamente e clinicamente che la terapia si andata incontro a successo.

Traduzione dell'articolo originale:

Direct pulp capping with MTA: A case report

Roots

The international magazine of Endodontics
Vol. 4;(3):36-42, 2008

Incappucciamento diretto con MTA. Caso clinico

BIBLIOGRAFIA

- 1)** ADAMO, H.L., BURUIANA, R., SCHERTZER, L., BOYLAN, R.J.: A comparison of MTA, SuperEBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. *Int. Endod. J.* 32:197, 1999.
- 2)** AL-HEZAIMI, K., NAGHSHBANDI, J., OGLESBY, S., SIMON, J.S.H., ROTSTEIN, I.: Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J. Endod.* 31:453, 2005.
- 3)** AL-KAHTANI, A., SHOSTAD, S., SCHIFFERLE, R., BHAMBHANI, S.: In-vitro evaluation of microleakage of an orthograde apical plug of mineral trioxide aggregate in permanent teeth with simulated immature apices. *J. Endod.* 31:117, 2005.
- 4)** BAEK, S., PLENK, H., KIM, S.: Periapical tissue responses and cementum regeneration with amalgam, SuperEBA, and MTA as root-end filling materials. *J. Endod.* 31:444, 2005.
- 5)** BARGHOLZ, C.: Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int. Endod. J.* 38:59, 2005.
- 6)** BATES, C.F., CARNES D.L., DEL RIO C.E.: Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J. Endod.* 22:575, 1996.
- 7)** BEAVERS, R.A., BERGENHOLTZ, G., COX, C.F.: Periodontal wound healing following intentional root perforations in permanent teeth of *Macaca Mulatta*. *Int. Endod. J.* 19:36, 1986.
- 8)** BENENATI, F.W., RTOANE, J.B., BIGGS, J.T., SIMON, J.H.: Recall evaluation of iatrogenic root perforations repaired with amalgam and gutta-percha. *J. Endod.* 12:161, 1986.
- 9)** CAMILLERI, J., MONTESIN, F.E., PAPAIOANNOU, S., McDONALD, F., PITT FORD T.R.: Biocompatibility of two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *Int. Endod. J.* 37:699, 2004.
- 10)** CANTATORE, G., CASTELLUCCI, A., DEL-L'AGNOLA, A., MALAGNINO, V.A.: Applicazioni cliniche dell'MTA. *G. It. Endod.* 16:29, 2002.
- 11)** DE-DEUS, G., PETRUCCCELLI, V., GURGEL-FILHO, E., COUTINHO-FILHO, T.: MTA versus Portland cement as repair material for furcal perforations: a laboratory study using a polymicrobial leakage model. *Int. Endod. J.* 39:293, 2006.
- 12)** ELDEEB, M.E., ELDEEB, M., TABIBI, A., JENSEN, J.R.: An evaluation of the use of amalgam, Cavit, and calcium hydroxide in the repair of fourcation perforations. *J. Endod.* 8:460, 1982.
- 13)** FISHER, E.J., ARENS, D.E., MILLER, C.H.: Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material and SuperEBA as a root-end filling material. *J. Endod.* 24:176, 1998.
- 14)** FRANK, A.L., WEINE, F.S.: Nonsurgical therapy for the perforative defect of internal resorption. *J. Am. Dent. Assoc.* 87:863, 1973.
- 15)** HARRIS, W.E.: A simplified method of treatment for endodontic perforations. *J. Endod.* 2:126, 1976.
- 16)** HIMEL, V.T., BRADY, J.Jr., WEIR, J.Jr.: Evaluation of repair of mechanical perforations of the pulp chamber floor using biodegradable tricalcium phosphate or calcium hydroxide. *J. Endod.* 11:161, 1985.
- 17)** HOLLAND, R., DE SOUZA, V., NERY, M.J., OTOBONI FILHO, J.A., BERNABE, P.F., DEZAN JUNIOR E.: Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J. Endod.* 25:161, 1999.
- 18)** JEW, R.C.K., WEINE, F.S., KEENE, J.Jr., SMULSON, M.H.: A histologic evaluation of periodontal tissues adjacent to root perforations filled with Cavit. *Oral Surg.* 54:124, 1982.
- 19)** KARABUCAK, B., LIM, J., IQBAL, M.: Vital pulp therapy with mineral trioxide aggregate. *Dent. Traumatol.* 21:240, 2005.
- 20)** KOH, E.T., MCDONALD, F., PITT FORD, T.R., TORABINEJAD, M.: Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J. Endod.* 24:543, 1998.
- 21)** KOH, E.T., TORABINEJAD, M., PITT FORD T.R., BRADY, K.: Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J. Biomed. Mater. Res.* 37:432, 1997.

- 22)** LANGELAND, K., RODRIGUES, H., DOWDEN, W.: Periodontal disease, bacteria, and pulpal histopathology. *Oral Surg.* 37:257, 1974.
- 23)** LANTZ, B., PERSSON, P.: Periodontal tissue reactions after surgical treatment of root perforations in dog's teeth: a histologic study. *Odont. Revy.* 21:51, 1970.
- 24)** MAIN, C., MIRZAYAN, N., SHABAHANG, S., TORABINEJAD, M.: Repair of root perforations using Mineral Trioxide Aggregate: a long-term study. *J. Endod.* 30:80, 2004.
- 25)** MARTIN, L.R., GILBERT, B., DICKERSON, A.W.: Management of endodontic perforations. *Oral Surg.* 54:668, 1982.
- 26)** PITT FORD, T.R., TORABINEJAD, M., ABEDI, H.R., BAKLAND, L.K., KARIYAWASAM, S.P.: Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J. Am. Dent. Assoc.* 127:1491, 1996.
- 27)** RIBEIRO, D.A., HUNGARO DUARTE, M.A., MATSUMOTO, M.A., ALENCAR MARQUES, M.E., FAVERO SALVADORI, D.M.: Biocompatibility in vitro of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements. *J. Endod.* 31:605, 2005.
- 28)** RIBEIRO, D.A., MATSUMOTO, M.A., HUNGARO DUARTE, M.A., ALENCAR MARQUES, M.E., FAVERO SALVADORI, D.M.: Ex vivo biocompatibility tests of regular and white forms of mineral trioxide aggregate. *Int. Endod. J.* 39:26, 2006.
- 29)** RUDDLE C.J.: Endodontic perforation repair: using the surgical operating microscope. *Dentistry Today*, 13:48, 1994.
- 30)** RUDDLE C.J.: Microendodontic nonsurgical retreatment. In *Microscopes in Endodontics*, Dental Clin. North Am. WB Saunders, Philadelphia, 41(3):429, July 1997.
- 31)** RUDDLE, C.J.: Retreatment of root canal systems. *J. Calif. Dent Assoc.* 25:11, 1997.
- 32)** SARKAR, N.K., CAICEDO, R., RITWIK, P., MOISEYEVA, R., KAWASHIMA, I.: Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J. Endod.* 31:97, 2005.
- 33)** SELTZER, S., SINAI, I., AUGUST, D.: Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures. *J. Dent. Res.* 49:333, 1970.
- 34)** SIPERT, C.R., HUSSNE, R.P., NISHIYAMA, C.K., TORRES, S.A.: In vitro antimicrobial activity of fill canal, Sealapex, Mineral Trioxide Aggregate, Portland cement and EndoRez. *Int. Endod. J.* 38:539, 2005.
- 35)** STROMBERG, T., HASSELGRAN, G., BERGSTEDT, H.: Endodontic treatment of traumatic root perforations in man: a clinical and roentgenological follow-up study. *Sven. Tandlak. Tidskr.* 65:457, 1972.
- 36)** THOMSON, T.S., BERRY, J.E., SOMERMAN, M.J., KIRKWOOD, K.L.: Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of Mineral Trioxide Aggregate. *J. Endod.* 29:407, 2003.
- 37)** TORABINEJAD, M., WATSON, T.F., PITT FORD, T.R.: Sealing ability of mineral trioxide aggregate when used as a root-end filling material. *J. Endod.* 19:591, 1993.
- 38)** TORABINEJAD, M., HIGA, R.K., MCKENDRY, D.J., PITT FORD T.R.: Dye leakage of four root-end filling materials: effects of blood contamination. *J. Endod.* 20:159, 1994.
- 39)** TORABINEJAD, M., HONG C.U., MCDONALD, F., PITT FORD, T.R.: Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J. Endod.* 21:349, 1995.
- 40)** TORABINEJAD, M., HONG, C.U., PITT FORD, T.R., KETTERING J.D.: Antibacterial effects of some root-end filling materials. *J. Endod.* 21:403, 1995.
- 41)** TORABINEJAD, M., SMITH, P.W., KETTERING, J.D., PITT FORD, T.R.: Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J. Endod.* 21:295, 1995.
- 42)** TORABINEJAD, M., PITT FORD, T.R., MCKENDRY, D.J., ABEDI, H.R.: Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as root-end filling material in monkeys. *J. Endod.* 23:225, 1997.
- 43)** WU, M.K., KONTAKIOTIS, E.G., WESSELINK, P.R.: Long term seal provided by some root-end filling materials. *J. Endod.* 24:557, 1998.
- 44)** YILDIRIM, T., GENCOGLU, N., FIRAT, I., PERK, C., GUZEL, O.: Histologic study of furcation perforations treated with MTA or SuperEBA in dogs' teeth. *Oral Surg.* 100:120, 2005.