

La tecnica della barriera apicale in un caso di “Dens in Dente”

DR. ARNALDO CASTELLUCCI



La tecnica della barriera apicale in un caso di “Dens in Dente”

Dr. Arnaldo Castellucci

Il successo della terapia endodontica dipende essenzialmente dalla possibilità di ottenere il sigillo del/dei forami apicali, attraverso l'introduzione nel canale radicolare di un materiale da otturazione che possa esservi ben compattato. È altresì ben noto come il primo requisito che il canale radicolare deve avere per consentire un'otturazione adeguata è rappresentato dalla forma conica o tronco conica con diametri via via decrescenti in senso corono-apicale. Questo è facilmente ottenibile nei denti permanenti maturi nei quali esiste di natura una costrizione apicale ed il canale tende ad essere più ampio coronalmente di quanto non lo sia apicalmente.

Al contrario, nei denti ad apice immaturo manca la costrizione apicale e l'apice è molto largo. Le pareti del canale possono essere parallele o addirittura divergenti in direzione corono-apicale, a seconda dello stadio di maturità. In questo secondo caso, il canale è detto “a trombone” e l'apice è addirittura più largo della porzione più larga del canale, per cui presenta una forma esattamente opposta a quella richiesta.

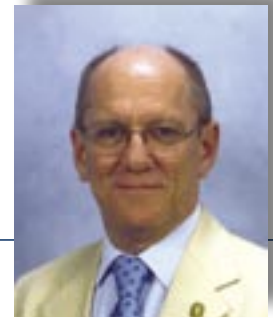
È ovvio che di fronte ad un'anatomia endodontica del genere è impossibile compattare qualsiasi materiale da otturazione canale senza avere dei grossolani eccessi di materiale oltre apice: sarebbe come pretendere di eseguire un'otturazione in una cavità di seconda classe senza l'aiuto delle matrici!

Pertanto, quando in seguito a carie o a trauma si rende necessaria la terapia endodontica di un dente ad apice immaturo, sarà necessario fare qualcosa prima di intraprendere la terapia routinaria, allo scopo di stimolare la maturazione dell'apice o comunque la formazione di una “matrice” contro la quale poter compattare nella maniera tradizionale il materiale da otturazione.

Nel caso di denti ad apice immaturo e polpa necrotica, il trattamento si chiama “apacificazione” ed ha lo scopo di indurre la formazione di una barriera calcifica a livello dell'apice aperto, in maniera da consentire l'ottenimento di uno stop apicale contro il quale condensare i tradizionali materiali da otturazione, senza avere dei sovrariempimenti.²⁶

La tecnica è stata per la prima volta descritta da Frank¹³ nel 1966 e raccomandava di ridurre il più possibile gli agenti contaminanti presenti all'interno del canale radicolare con un'accurata strumentazione e lavaggi canalari e di riempire temporaneamente lo spazio endodontico con l'uso di una pasta riassorbibile, tipo l'idrossido di calcio. Una volta formatasi la barriera apicale, il canale poteva essere otturato con le tecniche convenzionali.

Sebbene la tecnica di apacificazione con idrossido di calcio abbia avuto un grande successo da quando è stata descritta fino ad oggi, è innegabile che essa presenta anche degli svantaggi.¹⁷ Non si ha sempre lo stesso tipo di chiusura apicale e il tipo che si formerà non è prevedibile. Il tempo richiesto per ottenere la maturazione dell'apice è talvolta molto lungo. Uno studio recente ha dimostrato che in media il tempo necessario affinché si formi la barriera calcifica apicale può variare da 2 a 54 mesi,⁴⁶ mentre secondo un altro studio la formazione della barriera apicale può richiedere fino a 24 mesi.⁴⁴ Inoltre, se si sta trattando un paziente adulto questa chiusura può anche non verificarsi mai. Sono richieste più sedute per cambiare o comunque controllare la medicazione ed ogni seduta dista almeno tre mesi dalla precedente, con la possibilità che venga perduto il sigillo coronale e che si abbia quindi una contaminazione del canale con con-



seguinte esposizione ai batteri dei tessuti, riacutizzazione e ritardo nella guarigione.¹³ Per questi motivi si è sentita da alcuni anni l'esigenza di poter otturare i canali dei denti ad apice immaturo senza dover prima stimolare la formazione di una barriera apicale naturale. L'idea di otturare i denti con apice immaturo senza l'ottenimento della barriera naturale, in effetti, non è una novità: numerosi investigatori^{11,14,22,30} avevano da tempo indicato che si poteva ottenere il successo anche senza dover ricorrere alle numerose medicazioni con idrossido di calcio per indurre la formazione della barriera apicale. D'altra parte, utilizzando la tecnica tradizionale descritta precedentemente, non è possibile prevedere quale sarà il tempo necessario per portare a termine la terapia.^{9,25}

L'apice deve essere visto come una struttura dinamica, capace di autoriparazione.^{22,47} La crescita radicolare e la maturazione apicale che talvolta si osservano in presenza di una radiotrasparenza apicale si spiegano con la presenza di residui tissutali ancora vitali.⁵ Una tecnica che richiede numerosi appuntamenti e che comporta frequenti rinnovi del medicamento e della strumentazione può causare un insulto a quel tessuto, anziché portare a guarigione. Il tessuto rimasto all'interno della barriera calcifica o coronale ad essa sembra destinato a soccombere sotto l'irritazione causata da questi rinnovi della medicazione o dall'otturazione finale.^{42,43}

Pertanto, tenendo conto di tutto ciò e delle precedenti esperienze di Koenigs¹⁹ e di Roberts e coll.²⁵ del 1974, Coviello e Brilliant¹⁰ nel 1979 hanno suggerito una tecnica per otturare in una sola visita i denti permanenti con polpa necrotica ed apice immaturo: essi suggerivano l'uso di fosfato tricalcico da utilizzare come barriera apicale contro

cui poter condensare immediatamente la guttaperca. Nei casi da loro trattati notarono la stessa percentuale di successi rispetto alla terapia tradizionale, con la differenza che non ebbero mai sovra-riempimenti, la metodica era estremamente più rapida, comportava un minore numero di radiografie, minore disagio per i pazienti e dava risultati sempre prevedibili.¹⁰

Buchanan⁶ in un suo articolo del 1996 suggeriva l'uso di osso liofilizzato demineralizzato da condensare al termine di un canale radicolare immaturo, per creare in un'unica visita una matrice apicale biocompatibile. In questi casi l'uso del microscopio operatorio era di estremo aiuto, se non addirittura indispensabile, per vedere letteralmente all'interno del canale i tessuti periapicali e controllare il posizionamento della matrice fatta dall'innesto osseo.

Più recentemente un nuovo materiale (Fig. 1) è stato indicato come materiale ideale per eseguire in un'unica seduta la formazione di una barriera apicale: il Mineral Trioxide Aggregate (ProRoot MTA, Dentsply Tulsa Dental).³² Secondo recenti ricerche, esso infatti paragonato all'idrossido di calcio e alla proteina osteogenica (OP-1) produce la stessa quantità apicale di tessuto duro calcifico senza la minima infiammazione.²⁸ E' stata inoltre dimostrata la neoformazione di osso, cemento e legamento paro-



Figura 1
Il ProRoot MTA bianco (Dentsply
Tulsa Dental).

PROFILO DELL'AUTORE. Il Dr. Arnaldo Castellucci dal 1979 esercita la professione limitatamente all'Endodonzia. Attualmente è Professore a Contratto di Endodonzia Clinica presso il Corso di Laurea in Odontoiatria e Protesi dell'Università di Firenze. Past President dell' IFEA e della SIE, è anche Active Member della American Association of Endodontists (AAE) e della European Society of Endodontology

dontale privo di infiammazione a diretto contatto con l'MTA.^{33,38} Pertanto, viste le sue buone capacità di sigillo (superiori a quelle dell'amalgama, dell'IRM e del SuperEBA),^{1,4,12,24,31,33,39-41,45} le sue capacità antibatteriche,³⁶ la sua elevata biocompatibilità^{18,20,21,34-38} e soprattutto la sua idrofilia, visti i numerosi casi clinici già riportati in letteratura,^{7,8,15,27,32,44} per tutti questi motivi l'MTA è da considerarsi oggi senza ombra di dubbio il materiale di elezione per la tecnica della barriera apicale nella terapia degli apici immaturi con polpa necrotica.

Procedura clinica

Dopo aver applicato la diga di gomma ed aver eseguito una corretta cavità d'accesso, si deterge il canale radicolare con lavaggi di ipoclorito di sodio, meglio se attivato dall'azione degli ultrasuoni.^{2,16} Questi canali richiedono infatti una strumentazione minima e date le loro dimensioni e lo spessore delle pareti dentinali, devono essere detersi più che sagomati, per non indebolirli ulteriormente. Per migliorare la loro disinfezione, Torabinejad³² suggerisce anche una medicazione con idrossido di calcio per una settimana. Dopo aver rimosso l'idrossido con lavaggi di ipoclorito ed aver asciugato il canale con coni di carta sterile, si miscela la polvere di MTA con soluzione fisiologica o acqua steri-

le e si posiziona nella zona apicale con gli appositi carrier di Dovgan (Quality Aspirators, Duncanville, Texas) precedentemente tarati allo scopo (Fig. 2). Il posizionamento dell'MTA deve avvenire esattamente al forame apicale, in quanto il materiale deve venire a contatto con i tessuti periapicali, senza debordare. In genere la resistenza opposta dai tessuti stessi è sufficiente a prevenire l'estrusione, ma se si teme ciò, non c'è alcuna controindicazione all'uso di una matrice di materiale riassorbibile (Collacote, Calcitek) contro cui condensare l'MTA. La sua condensazione può essere eseguita con i tradizionali plugger di Schilder (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) o con dei coni di carta e lo spessore del materiale posizionato deve raggiungere i 3-4 mm. Per evitare l'incorporamento di bolle d'aria, si consiglia di appoggiare una punta da ultrasuoni al plugger mentre questo sta delicatamente condensando l'MTA in direzione apicale. Si esegue quindi una radiografia per controllare l'esattezza della profondità e dello spessore raggiunti. Se la barriera apicale da noi costruita non appare soddisfacente al nostro primo tentativo, si rimuove l'MTA con un semplice lavaggio fatto con soluzione fisiologica e si ripetono i vari passaggi. Quando l'aspetto radiografico è soddisfacente, si posiziona a contatto con l'MTA un cono di carta bagnato e si sigilla la cavità d'accesso con un cemento provvisorio, affinché il materiale indurisca nelle successive 3-4 ore. All'appuntamento successivo (il giorno seguente o la settimana seguente) si rimette la diga, si rimuove il cemento provvisorio e il cono di carta, si controlla l'avvenuto indurimento del materiale prima con un cono di carta e successivamente con una sonda endodontica e quindi si può procedere al completamento della terapia, otturando



Figura 2

I carrier di Dovgan, appositamente disegnati per posizionare l'MTA (Quality Aspirators, Duncanville, Texas).

(ESE). Relatore di fama internazionale, è autore del testo "Endodonzia", è direttore responsabile del *Giornale Italiano di Endodonzia*, è Direttore Responsabile e Scientifico della rivista "L'Informatore Endodontico", è fondatore del Centro per l'Insegnamento della Micro-Endodonzia, con sede in Firenze, dove insegna e tiene corsi teorico-pratici di Endodonzia Clinica e Chirurgica al microscopio.

il resto del canale con guttaperca calda secondo le metodiche tradizionali.

Nel caso di pareti canalari particolarmente sottili e fragili, alcuni autori suggeriscono di riempire il resto del canale anziché con guttaperca, con una resina composita adesiva, allo scopo di rinforzare la radice,¹⁷ o con il nuovo materiale adesivo Resilon (Resilon Research LLC).^{3,23,29}

Come già accennato in precedenza, per una corretta esecuzione di questa terapia il microscopio operatorio è, secondo il parere dell'autore, indispensabile. Per facilitare il posizionamento del materiale, inoltre, secondo l'esperienza dell'autore, è preferibile posizionare solo la polvere e non il materiale già miscelato, per poi andarlo a toccare con un cono di carta bagnato: per capillarità l'MTA assorbirà l'umidità che gli è necessaria.

La terapia della barriera apicale con MTA è sicuramente indicata nei denti ad apice immaturo di pazienti adulti, nei quali la terapia con idrossido di calcio rappresenterebbe solo una perdita di tempo, in quanto dopo i 15-18 anni non si forma alcuna barriera calcifica apicale. Tali pazienti hanno spesso anche problemi di tempo e giuste richieste estetiche, per cui la terapia tradizionale con idrossido di calcio sarebbe ancora di più controindicata.

Caso clinico

Una giovane paziente di 9 anni fu invitata alla mia attenzione con in atto un ascesso alveolare acuto a carico dell'incisivo centrale superiore di destra. La paziente presentava una notevole tumefazione nella zona periapicale e l'ispezione clinica rivelava la presenza di un'anatomia insolita della corona dentale (Fig. 3). All'esame radiografico il dente mostrava essere un "dens in dente" con un apice immaturo e la polpa necrotica (Fig. 4).

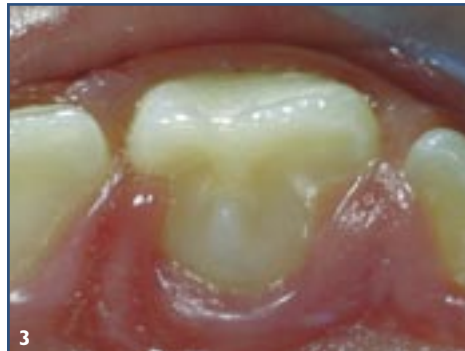


Figura 3
Aspetto clinico della corona dell'incisivo centrale superiore di destra.

Nel corso della prima visita il canale principale del dente veniva aperto e veniva preparata una corretta cavità d'accesso. Il dente veniva quindi lasciato aperto per motivi di drenaggio.

Dopo tre giorni i sintomi e la tumefazione erano scomparsi e il dente veniva medicato provvisoriamente con idrossido di calcio (Fig. 5). Dopo una settimana l'idrossido veniva rimosso e veniva fatto un tentativo di detergere e sagomare i sottili canali mesiale e distale, a lato del canale principale. Dando per scontato che la polpa fosse completamente necrotica, la ricerca di tali canali veniva eseguita senza l'utilizzo di alcuna anestesia.

Figura 4
Radiografia preoperatoria. Si noti la radiotrasparenza periapicale, la bizzarra anatomia e l'apice immaturo.

Figura 5
Il canale principale al centro è stato medicato con idrossido di calcio.



La tecnica della barriera apicale in un caso di “Dens in Dente”

Veniva così esposto l'orifizio del canale distale e la giovane paziente avvertiva dolore mentre diventava visibile un leggerissimo sanguinamento: la fresa aveva creato un'esposizione della polpa vitale. Dopo irrigazione con soluzione fisiologica il sanguinamento si arrestava e l'esposizione pulpare veniva trattata con incappucciamento diretto eseguito mediante un sottile strato di MTA (Fig. 6), come suggerito da Torabinejad e Chivian.³²

Nel corso della medesima visita venivano posizionati 3 mm di MTA al forame apicale (Figg. 7-9) con l'utilizzo dei carrier di Dovgan precedentemente tarati, e successivamente veniva sigillato all'interno del canale un frammento di cono di carta bagnato (Figg. 10, 11).

Due giorni dopo il cono di carta bagnato veniva rimosso e veniva controllato l'avvenuto indurimento del materiale, prima con un cono di carta asciutto e successivamente con una

sonda endodontica (Figg. 12, 13). Le pareti canalari venivano quindi spalmate con un sottile strato di cemento endodontico Kerr Pulp Canal Sealer EWT (Fig. 14) e il canale veniva poi otturato con la guttaperca termoplastica della siringa Obtura II (Figg. 15, 16).

Al controllo dopo due anni (Fig. 17) la radiografia mostrava la perfetta guarigione: la lesione era scomparsa completamente, l'apice immaturo era ora circondato dalla lamina dura e la polpa dei canali mesiale e distale era rimasta vitale. Il dente rispondeva normalmente ai test termici ed elettrico.

Conclusioni

L'uso dell'MTA può essere oggi considerato il trattamento di elezione sia per l'incappucciamento pulpare diretto che per la terapia dei denti ad apice immaturo con polpa necrotica. I risultati sono predicibili²⁸ e l'intera terapia può essere portata a termine in due sole visi-



Figura 6

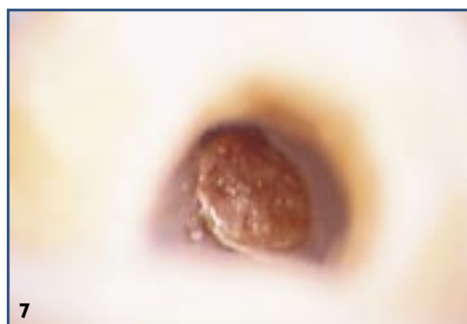
L'idrossido di calcio è stato rimosso ed è stato posizionato un sottile strato di MTA per l'incappucciamento diretto dell'esposizione pulpare del canale distale.

Figura 7

Il forame apicale come appare attraverso il microscopio operatorio (20x).

Figura 8

Tre millimetri di MTA sono stati posizionati nel terzo apicale.



7



8

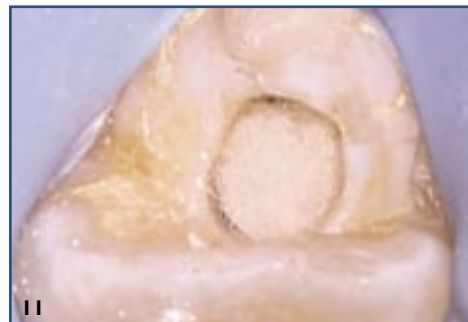


Figura 9
Radiografia intraoperatoria. Si noti lo spessore dell'MTA e la mancanza di sovraotturazione.

Figura 10
Un frammento di cono di carta bagnato è stato posizionato a contatto con l'MTA.

Figura 11
Una pallina di cotone bagnata viene posizionata in camera pulpare prima di sigillare la cavità d'accesso con Cavit.

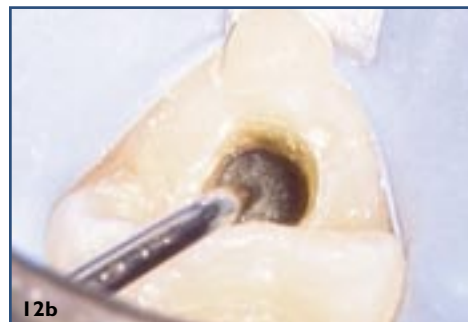
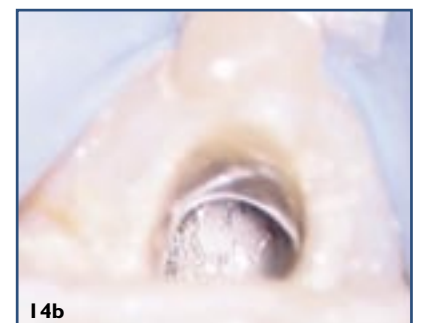
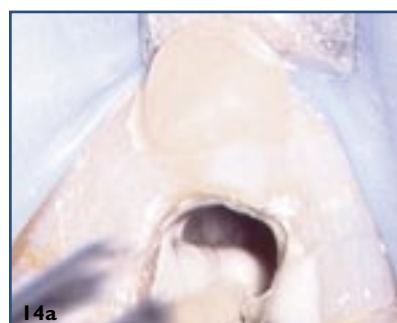
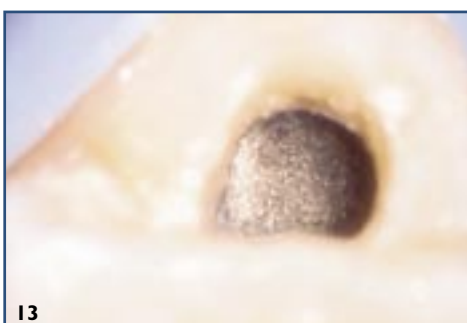


Figura 12
Al successivo appuntamento si controlla l'indurimento dell'MTA con un cono di carta (a) e con una sonda endodontica (b).

Figura 13
L'aspetto dell'MTA dopo il suo indurimento (20x).

Figura 14 a, b
Le pareti canalari vengono spalmate di cemento Kerr Pulp Canal Sealer EVT con l'aiuto di un cono di carta sterile.



La tecnica della barriera apicale in un caso di “Dens in Dente”

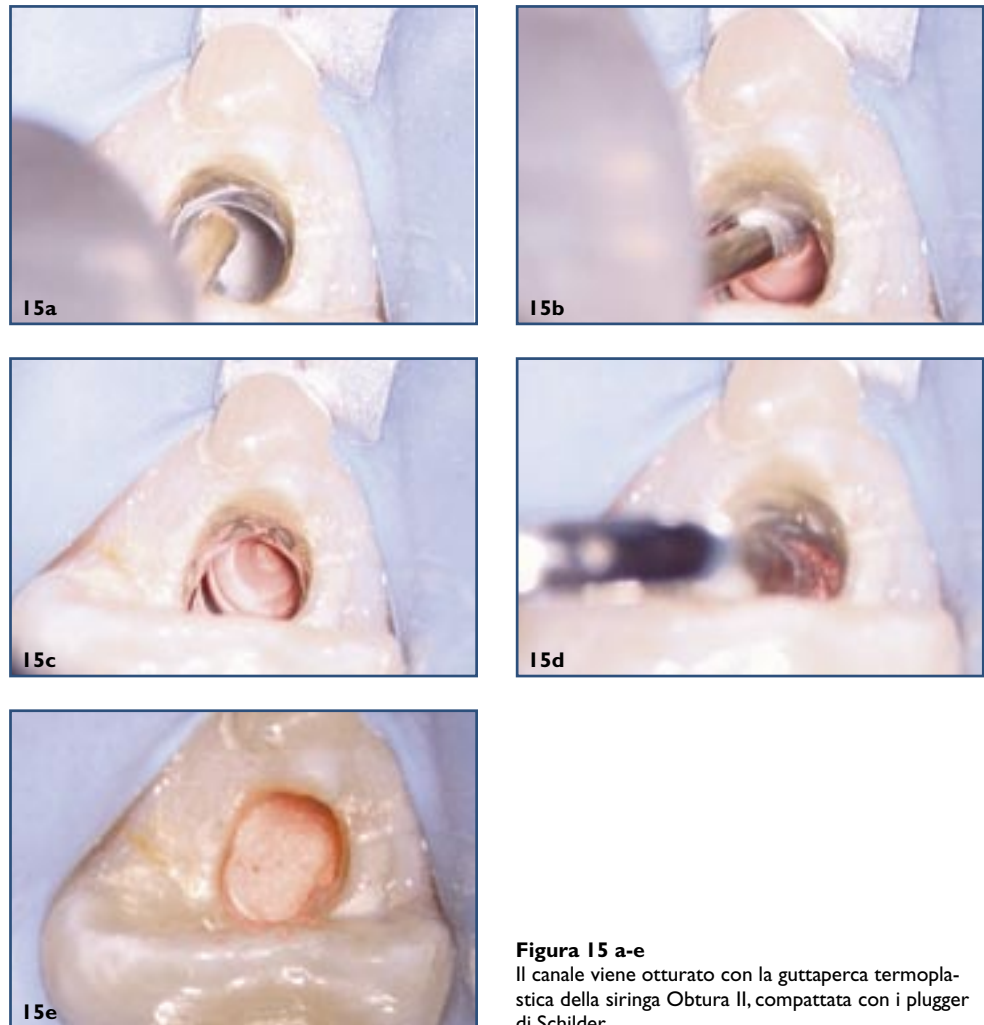


Figura 15 a-e
Il canale viene otturato con la gutta-perca termoplastica della siringa Obtura II, compattata con i plugger di Schilder.

te. L'utilizzo del microscopio operatorio rende la procedura molto più facile e precisa, dal momento che l'operatore ha

costantemente il perfetto controllo del suo operato.

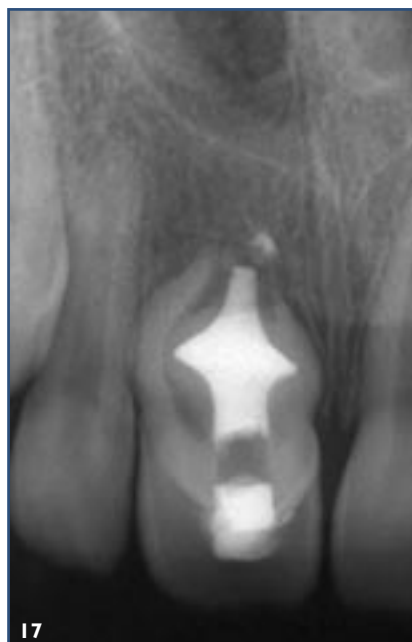


Figura 16
Radiografia postoperatoria.

Figura 17
Radiografia di controllo
dopo due anni.

*Traduzione dell'articolo originale:
The apical barrier technique in a "Dens in Dente"
Literature review and endodontic case report
Dentistry Today 24(9):48-52, 2005
Copyright © Dentistry Today Inc.*

BIBLIOGRAFIA

- 1) - Adamo, H.L., Buruiana, R., Rosenberg, P.A., Schertzer, L., Kahn, F.F., Boylan, R.: Bacterial assai of coronali microleakage: MTA, SuperEBA, composite, amalgam retrofillings (abstract 33). J. Endod. 22:196, 1996.
- 2) - Archer, R., Reader, A., Nist, R., Beck, M., Meyers, W.J.: An in vivo evaluation of the efficacy of ultrasound after step-back preparation in mandibular molars. J. Endod. 18:549, 1992.
- 3) - Barnett, F., Trope, M.: Adhesive endodontics: combining technologies for enhanced success. Dentaltown, 34-38, August 2004.
- 4) - 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.
- 5) - Bayirli, G.S.: Traumatized maxillary central incisor. J. Endod. 1:35, 1975.
- 6) - Buchanan, L.S.: One-visit endodontics: a new model of reality. Dentistry Today. Vol. 15, 5:36, 1996.
- 7) - Cantatore, G., Castellucci, A., Dell'agnola, A., Malagnino, V.A.: Applicazioni cliniche del-

La tecnica della barriera apicale in un caso di “Dens in Dente”

l'MTA. *Int. Endod.* 16:29, 2002.

8) - Castellucci, A.: The use of Mineral Trioxide Aggregate in clinical and surgical endodontics. *Dentistry Today*, 22(3):74, 2003.

9) - Corpron, R.E., Dowson, J.: Pulpal therapy for the traumatized immature anterior tooth. *J. Mich. Dent. Assoc.* 52: 224, 1970.

10) - Coviello, J., Brilliant, J.D.: A preliminary clinical study on the use of tricalcium phosphate as an apical barrier. *J. Endod.* 5:6, 1979.

11) - Duell, R.C.: Conservative endodontic treatment of the open apex in three dimensions. *Dent. Clin. North Am.* 17:125, 1973.

12) - Fisher, E.J., Arens, D.E., Miller, C.H.: Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared to zinc-free amalgam, Intermediate Restorative Material and SuperEBA as root-end filling material. *J. Endod.* 24:176, 1998.

13) - Frank, A.L.: Therapy for the divergent pulpless tooth by continued apical formation. *J. Am. Dent. Assoc.* 72:87, 1966.

14) - Friend, L.A.: The treatment of immature teeth with non-vital pulps. *J. Br. Endodont. Soc.* 1:28, 1967.

15) - Germain, L.P.: Il trattamento delle perforazioni. Nuove speranze per il successo a lungo termine con l'uso del mineral trioxide aggregate. *L'Inform. Endod.* 2(3): 30, 1998.

16) - Goodman, A., Reader, A., Beck, M., Melfi, R., Meyers, W.: An in vivo comparison of the efficacy of the step-back technique versus a step-back/ultrasonic technique in human mandibular molars. *J. Endod.* 11:249, 1985.

17) - Hachmeister, D.R., Schindler, W.G., Walker III, W.A., Thomas, D.D.: The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. *J. Endod.* 28:386, 2002.

18) - Kettering, J.D., Torabinejad, M.: Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J. Endod.* 21:537, 1995.

19) - Koenigs, J.F., Heller, A.L., Brilliant, J.D., Melfi, R.C., Driskell, T.D.: Induced apical closure of permanent teeth in adult primates using a resorbable form of tricalcium phosphate ceramic. *J. Endod.* 1:102, 1975.

20) - Koh, E.T., Pitt Ford, T.R., Torabinejad, M., McDonald, F.: Mineral trioxide aggregate stimulates cytokine production in human osteo-

blasts. *J. Bone Min. Res.* 10:406, 1995.

21) - Koh, E.T., McDonald, F., Pitt Ford, T.R., Torabinejad, M.: Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J. Endod.* 24:543, 1998.

22) - Moodnik, R.M.: Clinical correlations of the development of the root apex and surrounding structures. *Oral Surg.* 16:600, 1963.

23) - Mounce, R., Glassman, G.: Bonded endodontic obturation: another quantum leap forward for endodontics. *Oral Health*, 6:13-22, 2004.

24) - Nakata, T., Bea, K.S., Baumgartner, J.C.: Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. *J. Endod.* 24:184, 1998.

25) - Roberts, S.C. Jr., Brilliant, J.D.: Tricalcium phosphate as an adjunct to apical closure in pulpless permanent teeth. *J. Endod.* 1:263, 1975.

26) - Saad, A.Y.: Calcium hydroxide and apexogenesis. *Oral Surg.* 66:499, 1988.

27) - Schwartz, R.S., Mauger, M., Clement, D.J., Walker III, W.A.: Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. *J. Am. Dent. Assoc.* 30:967, 1999.

28) - Shabahang, S., Torabinejad, M., Boyne, P.P., Abedi, H., Mcmillan, P.: A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. *J. Endod.* 25:1, 1999.

29) - Shipper, G., Orstavik, O., Teateira, F.B., Trope, M.: An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer based root canal filling material (Resilon). *J. Endod.* 30:342-7, 2004.

30) - Stewart, D.: Root canal therapy in incisor teeth with open apices. *Br. Dent. J.* 114:249, 1963.

31) - Tang, H.M., Morrow, S.G., Kettering, J.D., Torabinejad, M.: Endotoxin leakage of four root-end filling materials (abstract 42). *J. Endod.* 23:259, 1997.

32) - Torabinejad, M., Chivian, N.: Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J. Endod.* 25:197, 1999.

33) - 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.

34) - Torabinejad, M., Hong, C.U., Lee, S.J., Monsef, M., Pitt Ford, T.R.: Investigation of

mineral trioxide aggregate for root end filling in dogs. *J. Endod.* 21:603, 1995.

35) - Torabinejad, M., Hong, C.U., Pitt Ford, T.R., Kariyawasam, S.P.: Tissue reaction to implanted SuperEBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. *J. Endod.* 21:569, 1995.

36) - 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.

37) - Torabinejad, M., Pitt Ford T.R., Abedi, H.R., Tang, H.M.: Tibia and mandible reaction to implanted root-end filling materials (abstract 56). *J. Endod.* 223:263, 1997.

38) - Torabinejad, M., Pitt Ford T.R., McKendry, D.J., Abedi, H.R., Miller, D.A., Kariyawasam, S.P.: Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J. Endod.* 23:225, 1997.

39) - Torabinejad, M., Rastegar, A.F., Kettering, J.D., Pitt Ford, T.R.: Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J. Endod.* 21:109, 1995

40) - 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.

41) - Torabinejad, M., Watson, T.F., Pitt Ford, T.R.: Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root-end filling material. *J. Endo.* 19:591, 1993.

42) - Torneck, C.D., Smith, J.S., Grindall, P.: Biologic effects of endodontic procedures on developing incisor teeth. 3. *Oral Surg.* 35:532, 1973.

43) - Torneck, C.D., Smith, J.S., Grindall, P.: Biologic effects of endodontic procedures on developing incisor teeth. IV. *Oral Surg.* 35:541, 1973.

44) - Witherspoon, D.E., Ham, K.: One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. *Pract. Proced. Aesthet. Dent.* 13:455, 2001.

45) - Wu, M.K., Kontakiotis, E.G., Wesselink, P.R.: Long term seal provided by some root-end filling materials. *J. Endod.* 24:557, 1998.

46) - Yates, J.A.: Barrier formation time in non-vital teeth with open apices. *Int. Endod. J.* 21:313, 1988.

47) - Zeldow, L.L.: Endodontic treatment of vital and non-vital immature teeth. *N.Y. State Dent. J.* 33:327, 1967.