

\* Emanuele Ambu  
\*\* Vito Rizzi  
\*\* Simona Tozzi

Università degli Studi di Modena-  
Reggio Emilia  
Corso di Laurea di Odontoiatria  
e Protesi Dentaria  
Presidente Prof. Ugo Consolo  
\* Insegnamento di Endodonzia  
Prof. a contratto Dott. Emanuele Ambu  
\*\* Insegnamento di Conservativa  
Prof. a contratto Dott. Pio Bertani

Corrispondenza:  
Dott. Emanuele Ambu  
Via del Greto 2/4  
40132 Bologna  
Tel. 051566716  
Tel fax: 0543442045  
E-mail: leleambu@fastwebnet.it

## L'utilizzo dell'MTA nel trattamento dell'elemento con polpa vitale esposta. Esperienza clinica

MTA in pulp capping treatment. Clinic experience

### RIASSUNTO

Scopo del lavoro è quello di verificare clinicamente, in un periodo compreso tra 1 e 3 anni, l'efficacia del *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA) nell'incappucciamento diretto della polpa dentale.

Sono stati trattati con MTA 17 elementi asintomatici con esposizione della polpa avvenuta durante le manovre di curettage della cavità cariosa. Isolati gli elementi con diga di gomma ed eseguita la revisione della cavità cariosa, si è provveduto a detergere la superficie con pellets di cotone imbevuti di ipoclorito di sodio al 5,25%. Quindi si è isolata la polpa esposta con uno strato di MTA, cotone umido e materiale per otturazione provvisoria. Successivamente, gli elementi sono stati ricostruiti con amalgama d'argento o resine composite. Si sono predisposti controlli clinici e radiografici, che si sono sviluppati da un minimo di 12 mesi ad un massimo di 35 mesi. Al termine del periodo di controllo, dei 17 casi trattati solo 2 hanno richiesto la terapia endodontica mentre in 1 caso si è assistito alla apicegenesì. In tutti i casi con esito positivo della terapia non si è evidenziata, nel tempo, alcuna complicanza, quali calcificazioni o riassorbimenti.

Alla luce di quanto evidente in letteratura e dalla nostra esperienza, ci sembra possibile considerare l'incappucciamento diretto di polpa con MTA la terapia di scelta nei casi di esposizione della polpa nell'elemento asintomatico.

**Parole chiave:**

**Incappucciamento di polpa, MTA.**

### ABSTRACT

The aim of this study was to clinically evaluate the Mineral Trioxide Aggregate (MTA) performance in pulp capping.

Seventeen asymptomatic elements, with exposed pulp due to curettage in the decay cavity, were treated with MTA. After isolating the element with rubber dam and cleaning the decay cavity, the surface was cleaned with cotton pellets dipped in sodium hypochlorite. The exposed pulp was then isolated with an MTA layer, wet cotton and temporary material. The elements were restored with silver amalgam or resins. Clinic and radiographic controls were planned for a period of 12 to 35 months.

Afterwards, 2 of the 17 cases treated required endodontic treatment and apexogenesis occurred in one case. In all successful cases, no calcification or resorption occurred. According to literature and our experience, we believe that pulp capping with MTA can be considered the best therapy in cases of pulp capping in asymptomatic teeth.

**Key words:**  
**Dental pulp capping, MTA.**

### INTRODUZIONE

Sotto il termine di "trattamento della polpa vitale esposta" si inquadrano diverse metodiche ben standardizzate nelle quali la polpa esposta viene ricoperta con materiali idonei a proteggerla da ulteriori insulti, creando le condizioni favorevoli per indurre la guarigione e la riparazione della lesione (1). Secondo queste linee guida, l'incappucciamento di polpa può essere eseguito nei denti in fase di sviluppo o maturi quando l'esposizione della polpa sia dovuta a traumi fisici o meccanici, mentre la pulpotomia può essere estesa a denti in fase di sviluppo nei quali l'esposizione della polpa sia dovuta a carie. Il trattamento della polpa vitale prevede diverse metodiche, quali l'incappucciamento diretto di polpa, la pulpotomia

parziale (o pulpotomia di Cvek) e la pulpotomia coronale (o totale).

L'incappucciamento diretto è un trattamento che dovrebbe essere istituito in tempi brevi (< 24 ore) dopo l'esposizione traumatica della polpa o dopo esposizione meccanica (non cariosa) della stessa durante la revisione della cavità cariosa in odontoiatria conservatrice. Questa procedura dovrebbe essere evitata in elementi che richiedano la protesizzazione o in denti maturi che presentino polpa infiammata (2). In condizioni ideali, con polpa non infiammata e un ottimo sigillo coronale, questa terapia può raggiungere una percentuale di successo dell'80% (3).

La pulpotomia parziale presenta le stesse indicazioni dell'incappucciamento diretto della polpa, soprattutto laddove ci si attende una maggior estensione dell'infiammazione pulpare, come nelle esposizioni pulpari post-traumatiche avvenute precedentemente alle 24 ore e nelle esposizioni meccaniche in carie molto profonde. Questa metodica trova anche indicazione come alternativa all'estrazione dell'elemento nei pazienti che rifiutano, per svariati motivi, la terapia endodontica e le successive manovre ricostruttive (4). La percentuale di successo negli elementi che mostrano l'esposizione traumatica della polpa è attorno al 95%, mentre non ci sono dati per ciò che riguarda l'esposizione cariosa.

La pulpotomia totale prevede la rimozione di tutta la polpa camerale sino agli orifizi. L'indicazione è la stessa della pulpotomia parziale, laddove sia maggiormente estesa l'infiammazione della polpa. La percentuale di successo di questa metodica è del 90% a 6 mesi, percentuale che, tuttavia, precipita al 78% a 12 mesi dal trattamento. Tutte le percentuali sino ad ora elencate sono riferite a trattamenti effettuati con l'idrossido di calcio.

Secondo alcuni, almeno in passato quando il materiale di scelta per l'incappucciamento diretto di polpa era l'idrossido di calcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , il trattamento della polpa vitale esposta trovava indicazione solo in rare e ben definite

condizioni, sostanzialmente limitate all'esposizione in seguito a trauma. Anche in questo caso, il trattamento doveva essere la pulpotomia e doveva essere considerato come "terapia provvisoria" finalizzata a favorire la completa formazione dell'apice e l'ispessimento delle pareti nel dente immaturo. Questa terapia viene definita "apicegenesi", anche se di recente è stato proposto il termine di "maturrogenesi", che estende il concetto di formazione non solo della zona apicale ma anche delle altre parti della radice (5). Anche oggi gli operatori che seguono questo orientamento ritengono che, ottenuta la formazione della radice, l'elemento debba essere sottoposto a terapia endodontica (6). Altri Autori, al contrario, prevedono un approccio diverso preferendo, dopo l'avvenuta apicegenesi, il mantenimento della vitalità della polpa qualora ve ne siano le condizioni cliniche (7).

In tutte le situazioni nelle quali l'esposizione della polpa sia avvenuta in elementi a polpa matura, l'incappucciamento diretto è stato spesso considerato come una vera e propria *malpractice*, almeno per ciò che riguarda alcune scuole di pensiero (8). Questa procedura viene ritenuta negativa soprattutto se l'esposizione è conseguente a carie, anche se è stato evidenziato che non esistono differenze significative nelle percentuali di successo tra gli incappucciamenti conseguenti a piccole esposizioni traumatiche della polpa durante la preparazione della cavità e quelle conseguenti ad esposizione cariosa (9).

Diversi Autori si sono invece confrontati con le possibilità di mantenimento della polpa vitale. Seltzer e Bender hanno evidenziato quali siano i diversi fattori che possono influenzare la prognosi nel trattamento degli elementi con polpa esposta, quali la rimozione delle cause, il controllo dell'infezione, la citotossicità e le proprietà biologiche dei materiali utilizzati (10). L'obiettivo è quello di sfruttare il potenziale dentinogenetico delle cellule pulpari, che può essere indotto da effetti specifici del materiale utilizzato o indirettamente attraverso una catena di meccanismi che volgono alla riparazione, catena nella quale il materiale usato per l'incappucciamento si inserisce con un ruolo ben definito. Diversi studi hanno dimostrato, infatti, che le cellule pulpari di un dente maturo (cellule mesenchimali indifferenziate) possiedono la capacità di differenziarsi in specifiche linee cellulari, azione, questa, mirata a formare dentina tubulare in assenza di normali condizioni di sviluppo. Questo fenomeno è legato alla capacità della polpa di difendersi da aggressioni fisiche e batteriche, quali i traumi e la carie (11, 12). L'at-

tività dentinogenica, inoltre, è stata ben documentata da diversi studi (13, 14), nei quali all'esposizione pulpale provocata ha fatto seguito un processo di riparazione senza che fosse stata eseguita alcuna apposizione di materiale a scopo riparativo. Secondo quanto suggerito da altri studi (15, 16), il processo di guarigione della polpa esposta è legato ad un meccanismo d'induzione nella matrice extracellulare del tessuto che porta all'espressione di un fenotipo cellulare simil-odontoblastico. L'aspetto morfologico caratteristico di queste cellule (incremento del rapporto citoplasma/nucleo e delle componenti citoplasmatiche, con numerosi mitocondri, ribosomi liberi sparsi, apparato di Golgi e reticolo endoplasmatico ruvido ben rappresentati) ne consente l'identificazione al microscopio ed è significativo di una elevata attività cellulare.

Schroeder ha evidenziato come le cellule limitrofe alla lesione iniziano a proliferare, differenziandosi, migrando e producendo una nuova matrice collagene al di sotto della zona necrotica indotta dal materiale di incappucciamento (17). L'area di necrosi e la matrice collagene richiamano sali dall'organismo. Studi sperimentali hanno dimostrato la provenienza "endogena" del calcio (18). Questa matrice calcificata, detta fibrodentina, in associazione con uno strato di cellule simil-odontoblastiche, dà il via alla formazione di dentina riparativa. È stato rilevato come la riparazione avvenga anche in presenza di altri materiali, diversi dall'idrossido di calcio, quali ad esempio resine, composite, IRM e fattori di crescita, o addirittura in assenza di qualsiasi materiale "da riparazione" (14). Dunque, se da una parte non è possibile escludere una attività dentinogenetica dei materiali utilizzati per l'incappucciamento (condizione che comunque appare evidentemente non essere di primaria importanza), dall'altra alcune caratteristiche, quali la possibilità di evitare l'infiltrazione batterica e la capacità di controllo dell'infezione, devono essere considerate positivamente nel favorire i processi di guarigione. Sembrano infatti queste caratteristiche - la prevenzione della microinfiltrazione e l'alta biocompatibilità - a consentire il mantenimento della vitalità della polpa e a favorirne i processi riparativi.

La predicibilità del successo dell'incappucciamento della polpa dipende da diversi fattori, quali la presenza di una polpa non infiammata, un adeguato controllo intraoperatorio dell'emorragia, l'impermeabilità del sigillo ai batteri e l'utilizzo di un materiale ben tollerato dalla polpa. L'idrossido di calcio è stato sicuramente il materiale più utilizzato per que-

sto tipo di terapia, grazie alla sua capacità, evidenziata in molteplici studi sia su animali che sull'uomo (19-22), di favorire la riparazione dentinale. L'azione antibatterica legata al pH basico sembra essere una delle condizioni favorevoli all'azione riparativa. Purtroppo l'azione dell'idrossido di calcio è, secondo alcuni Autori, condizionata da un alto livello di imprevedibilità. Sono infatti riportate elevate percentuali di insuccesso legate a complicate quali calcificazioni canalari e riassorbimenti interni (23). Anche quest'ultimo aspetto è, tuttavia, controverso: Schroeder nega la responsabilità dell'idrossido di calcio, legando il riassorbimento interno alla permanenza di uno stato di pulpite cronica precedente al trattamento (dovuto, dunque, ad un errore diagnostico) (24) o all'errato controllo dell'emostasi con la permanenza di un coagulo inglobato erroneamente all'interno del materiale da incappucciamento (dovuto dunque ad un errore tecnico) (25).

Altro aspetto ritenuto negativo nei trattamenti con questo materiale è la formazione del ponte dentinale: è un reperto incostante e, anche qualora sia presente, questa struttura è spesso attraversata da tunnel e cribrosità. La polpa, inoltre, si trova spesso in uno stato di infiammazione cronica (26). Anche per questo aspetto si possono trovare in letteratura opinioni assai discordanti (27).

Uno dei limiti più evidenti dell'idrossido di calcio è l'incapacità di questo materiale di isolare la polpa esposta dall'ambiente esterno. Il materiale si ammorbidisce e viene dissolto precocemente, lasciando vuoti e pertugi che rappresentano vie potenziali di penetrazione batterica (28). Questo problema può essere accentuato se il sigillo coronale viene effettuato con resine composite, in quanto la contrazione di quest'ultimo in fase di polimerizzazione potrebbe dislocare l'idrossido di calcio dalla superficie dentinale (29).

Tra i vari materiali proposti di recente come alternativa all'idrossido di calcio per l'incappucciamento della polpa vitale, troviamo i sistemi adesivi (sia *self* che *total etching*), le resine adesive e il *Mineral Trioxide Aggregate* (MTA). Quest'ultimo è, attualmente, il principale candidato a sostituire l'idrossido di calcio come materiale per l'incappucciamento della polpa vitale (30).

L'uso dell'MTA nell'incappucciamento diretto della polpa è stato proposto fin dal 1995 (31, 32) e il suo utilizzo è stato suggerito ed applicato in diverse situazioni cliniche, come nel trattamento della polpa esposta nei denti decidui (33) e nel trattamento profilattico del *dens evaginatus* (34).

L'MTA ha mostrato di possedere un effetto antibatterico simile a quello dell'idrossido di calcio e dunque di poter agire con la stessa efficacia. Inoltre, questo materiale ha mostrato di possedere una notevole capacità di promuovere la crescita cellulare (35), di evocare una risposta infiammatoria decisamente molto contenuta e di offrire la formazione di ponti dentinali di maggior spessore con frequenza più elevata (26). Infine, l'elevata capacità di limitare l'infiltrazione marginale di liquidi (36) e batteri (37) consente all'MTA di proporsi come materiale per l'incappucciamento diretto della polpa vitale.

L'azione dell'MTA, a confronto con altri materiali per l'incappucciamento diretto di polpa, è stata valutata in alcuni studi (26, 32). In uno di questi, eseguito da Aeinehchi et al., presso il Dipartimento di Endodonzia dell'Università di Teheran (38), si è evidenziato come gli elementi trattati con MTA non mostrino, a distanza di tempo, segni di infiammazione cronica, calcificazioni o necrosi, mentre negli elementi trattati con idrossido di calcio sia reperto costante la presenza di un'infiammazione cronica, di necrosi e talvolta di calcificazioni. Alla presenza degli odontoblasti, costante negli elementi trattati con MTA a conferma dell'attività induttiva del materiale, si contrappone in modo altrettanto costante l'assenza negli elementi trattati con idrossido di calcio. Questi Autori hanno dimostrato che nei casi trattati con MTA è presente un ponte dentinale di spessore variabile da 0,12 mm dopo 2 mesi a 0,43 mm dopo 6 mesi, mentre nei casi trattati con  $\text{Ca(OH)}_2$  questo varia da 0,02 mm (ma soltanto al terzo mese) a soli 0,15 mm dopo 6 mesi. L'infiammazione, di grado moderato, è presente solo nei primi 3 mesi nei casi trattati con MTA, mentre risulta di grado elevato nei primi 3 mesi, con caratteristico aspetto acuto-cronico, per divenire cronica in tutti i campioni esaminati nei mesi successivi, nei casi trattati con  $\text{Ca(OH)}_2$ . Questa pulpite cronica può essere responsabile delle complicanze cui abbiamo accennato precedentemente. La presenza del ponte dentinale e della polpa contigua non infiammata, nei casi trattati con MTA, è elemento costante nei lavori scientifici che hanno posto in comparazione questo materiale con altri (26, 38-41). Nel lavoro di Faraco e Holland (26), eseguito su 30 elementi di tre cani, si è notata la formazione di un ponte di dentina tubulare in tutti i campioni trattati con MTA, contro un terzo di quelli trattati con l'idrossido di calcio. In questo gruppo, un severo infiltrato neutrofilo era presente in 6 casi, in 4 casi erano presenti microascessi, in 12 casi su 15 era presente una in-

fiammazione cronica di grado ed estensione variabile, in 4 casi erano presenti cocci Gram-positivi nella polpa coronale. Al contrario, non si sono rilevati infiltrati infiammatori o presenza di batteri nei campioni trattati con l'MTA. In tutti i casi trattati con l'MTA, inoltre, la polpa dentale presentava uno strato di odontoblasti, le cui cellule diminuivano di numero a contatto con il ponte di tessuto duro. Nella parte superficiale di questi ponti, in 8 campioni del gruppo MTA si è rinvenuta una modesta quantità di tessuto necrotico. Secondo Soares (42) la presenza di tessuto necrotico vicino al ponte di tessuto duro indica che, similmente a quanto si verifica con l'idrossido di calcio, il materiale induce inizialmente una necrosi coagulativa nel tessuto connettivo pulpare con cui va a contatto, probabilmente per l'alta alcalinità del materiale stesso, che passa da un pH di 10,2 durante la miscelazione ad uno di 12,5 dopo 3 ore (43).

Come già evidenziato, l'idrossido di calcio può inoltre disgregarsi nel tempo, consentendo il passaggio dei batteri attraverso i difetti e le porosità presenti nei ponti dentinali. Può essere l'impossibilità di mantenere il sigillo nel tempo, e dunque il conseguente passaggio degli irritanti, a compromettere la vitalità della polpa e a scatenare le complicanze, che talvolta sono responsabili della perdita del dente (44). La differenza tra MTA e  $\text{Ca(OH)}_2$ , nel favorire la prognosi di un incappucciamento pulpare non risiede dunque in un diverso meccanismo d'azione, essendo dimostrato che per entrambi è il medesimo, anche se altri studi dovranno essere fatti per avere conferme certe e la spiegazione di alcuni aspetti ancora insoluti. In ogni caso, come dimostrato da Holland et al. (45), sono presenti granulazioni birifrangenti alla luce polarizzata prossime all'orifizio dei tubuli dentinali in campioni otturati con MTA ed impiantati sottocute nel ratto e queste strutture sono simili ai cristalli di calcite che è possibile rinvenire nei campioni trattati con idrossido di calcio. L'MTA non contiene idrossido di calcio ma, ad indurimento avvenuto, contiene ossido di calcio che può combinarsi con i fluidi tissutali dando origine, appunto, ad idrossido di calcio. Questi cristalli di calcite richiamano fibronectina, responsabile della differenziazione e dell'adesione cellulare (46).

La risposta pulpare positiva all'MTA può derivare dall'effetto antibatterico (comunque sovrapponibile a quello del  $\text{Ca(OH)}_2$  e non dimostrato su batteri anaerobi, ma solo su alcuni aerobi facoltativi), associata però alla migliore efficacia nel prevenire l'infiltrazione batterica e alla bassa solubilità, caratteristiche que-

ste che non si sono riscontrate nel  $\text{Ca(OH)}_2$  e che possono essere responsabili della "diluzione" del materiale nell'area di lavoro.

Dunque la guarigione del tessuto pulpare dovrebbe risiedere nella capacità di questo di rispondere all'insulto esterno (e sulla possibile evoluzione in questo senso pesa il livello d'invasione batterica), ma il materiale utilizzato svolge un ruolo importante nel favorire l'induzione ed il mantenimento delle condizioni ideali nell'ambiente pulpare, tali da favorire l'azione dentinogenetica delle cellule pulpari (47). Inoltre, si può ritenere che l'azione dell'MTA nel favorire la formazione del ponte dentinale possa essere legata alla capacità di questo materiale di indurre la produzione di tessuti duri da parte delle cellule che ne vengono a contatto. La capacità dell'MTA di indurre la produzione di tessuto osseo sulla propria superficie è stata già indagata da Koh et al. (48), che hanno rilevato come il materiale promuova la produzione di interluchine e la produzione di un substrato biologicamente attivo per le cellule ossee. Lo stesso Autore (49) ha individuato *in vitro* un aumento dell'attività osteoblastica evidenziata dall'aumento dei livelli di osteocalcina, delle IL-1, IL-1 $\beta$  e IL-6 e della fosfatasi alcalina. Come hanno rilevato Abedi e Ingle (50) questo materiale sembra indurre processi rigenerativi e non solo riparativi.

Oltre alla possibilità di essere utilizzato nell'incappucciamento diretto della polpa esposta, l'MTA è stato proposto per l'apicegenesi, consentendo la formazione della radice e la chiusura dell'apice nel caso di denti immaturi che hanno subito un trauma con esposizione della polpa (51).

Scopo di questo lavoro è quello di indagare sui risultati *in vivo* ad 1-3 anni dell'incappucciamento diretto con MTA di una serie di elementi, maturi ed immaturi, asintomatici e con polpa vitale che sia stata esposta durante la revisione della cavità per le manovre di odontoiatria conservatrice.

## MATERIALI E METODI

In questo studio si è voluta valutare l'efficacia, a medio termine (1-3 anni), dell'MTA come materiale per l'incappucciamento diretto della polpa in elementi con carie profonda. In particolare non si è tenuto conto delle dimensioni dell'esposizione pulpare, ma solo dell'assenza di sintomi nel periodo precedente la terapia. Lo studio ha interessato un campione di 13 pa-

zienti, di cui 7 maschi e 6 femmine, con un'età, al momento del trattamento, compresa tra i 10 ed i 28 anni, selezionati da un gruppo di 56 pazienti che presentavano una lesione cariosa profonda, il silenzio sintomatologico e una risposta nella norma ai test elettrici e termici di vitalità. L'elemento preso in esame non doveva presentare, o aver presentato, dolore spontaneo o dolorabilità sorda. La risposta al test di sensibilità da freddo doveva risultare indicativa di una polpa "normale" e non doveva esserci dolore alla percussione e alla palpazione dell'area vestibolare e orale né essere presenti allargamenti della lamina dura o radiotrasparenze all'esame radiografico. Quest'ultimo ha evidenziato in tutti i casi esaminati la presenza di una carie prossima alla polpa dentaria. Tutti i pazienti sono stati individuati durante visite odontoiatriche di controllo e si è provveduto ad informarli degli scopi della ricerca e a raccogliere un valido consenso prima di procedere al loro inserimento nel gruppo studiato.

In questo primo gruppo di 13 pazienti sono stati trattati 17 denti, di cui 8 premolari e 9 molari (Tab. 1), mantenendo nella ricerca solo quei casi dove si era verificata l'accidentale esposizione della polpa durante le manovre di curettage della cavità. La polpa esposta doveva apparire non sanguinante o moderatamente sanguinante.

In tutti i casi si è proceduto con la medesima sequenza operativa. Effettuata l'anestesia locale ed isolato il campo con la diga di gomma, si è proceduto a scolpire la cavità conservativa e ad eliminare il tessuto carioso con strumenti meccanici e manuali. Una volta risultata esposta la polpa, si è proceduto alla detersione della superficie dentinale con un pellet di cotone imbevuto di ipoclorito di sodio al 5,25%, a cui ha fatto seguito una leggera asciugatura con un lieve getto d'aria. Successivamente si è applicato il *Mineral Trioxide Aggregate* (PRO-ROOT MTA - Dentsply, USA) nella zona di polpa esposta e si è posta in sede una otturazione provvisoria (Cavit - ESPE, Germany), separata dal materiale da un cotone sterile inumidito con soluzione fisiologica sterile. Si è stabilito di rivedere il paziente a distanza di una settimana. In questa seconda seduta, eseguita l'anestesia locale e isolato il campo con la diga di gomma, si è rimossa l'otturazione provvisoria ed il cotone umido, si è controllato l'indurimento dell'MTA e si è proceduto ad effettuare l'otturazione definitiva in amalgama d'argento (Dispersalloy De Trey - Dentsply, USA) o in resina composita (Enamel Plus HFO - GDF mbH, Germany).

I pazienti sono stati informati preventiva-

Caso	Nome	Età	Dente
1	L. Z.	10	4.6
2	M.R.	19	2.5
3	S. F.	17	2.5
4	S. F.	17	1.5
5	A. G.	25	1.5
6	S. P.	22	2.5
7	D. R.	26	4.6
8	D. R.	26	1.6
9	F. R.	13	4.6
10	D. R.	26	2.5
11	F. R.	13	3.5
12	L. P.	15	1.6
13	A. C.	27	2.6
14	C. B.	15	3.6
15	L. M.	28	4.7
16	T. M.	13	3.6
17	V. R.	17	2.5

Tab. 1 - Distribuzione per tipo di elemento e per età.

Caso	Nome	Dente	Inizio	Ultimo controllo	Periodo In esame
1	L. Z.	4.6	3-1-2001	31-10-2003	34 mesi e 28 gg
2	M.R.	2.5	15-5-2001	31-10-2003	28 mesi e 15 gg
3	S. F.	2.5	11-7-2001	29-11-2003	28 mesi e 18 gg
4	S. F.	1.5	11-7-2001	29-11-2003	28 mesi e 18 gg
5	A. G.	1.5	27-9-2001	5-11-2003	25 mesi e 8 gg
6	S. P.	2.5	28-9-2001	5-11-2003	25 mesi e 7 gg
7	D. R.	4.6	31-1-2002	1-12-2003	22 mesi e 1 g
8	D. R.	1.6	7-1-2002	1-12-2003	21 mesi e 22 gg
9	F. R.	4.6	2-2-2002	5-12-2002**	-
10	D. R.	2.5	14-2-2002	1-12-2003	21 mesi e 15 gg
11	F. R.	3.5	4-3-2002	8-11-2003	20 mesi e 4 gg
12	L. P.	1.6	12-3-2002	31-10-2003**	-
13	A. C.	2.6	16-4-2002	18-11-2003	19 mesi e 2 gg
14	C. B.	3.6	1-8-2002	27-11-2003	15 mesi e 27 gg
15	L. M.	4.7	5-8-2002	14-11-2003	15 mesi e 9 gg
16	T. M.	3.6	23-10-02	5-12-2003	13 mesi e 13 gg
17	V. R.	2.5	23-11-02	18-12-2003	12 mesi e 25 gg

\*\* elementi successivamente devitalizzati

Tab. 2 - Elementi trattati e periodo di controllo.

mente dei problemi che si sarebbero potuti presentare e si è soprattutto raccomandato di richiamare con sollecitudine lo studio alla eventuale comparsa di dolore spontaneo. Si sono programmati controlli clinici a distanza di 6 mesi l'uno dall'altro, durante i quali sono stati effettuati:

- prova di sensibilità allo stimolo freddo effettuato con Criospray;
- ispezione, volta a escludere la presenza di tumefazioni e fistole a carico delle superfici vestibolari e linguo/palatali;

- percussione;
- palpazione.

I controlli radiografici sono stati effettuati dopo l'applicazione dell'MTA e, successivamente, in assenza di dolore o di complicanze, ogni 6 mesi. Tutti i pazienti sono stati richiamati per un ultimo controllo al termine dello studio, fissato a distanza di 12 mesi dal trattamento dell'ultimo caso e quindi tra novembre e dicembre 2003. Gli elementi dentari sono stati monitorati per un periodo di tempo variabile da 12 mesi (V.R.) a 35 mesi (L.Z.) (Tab. 2).



## RISULTATI

Come si può osservare dalla Tabella 2, nell'arco di tempo preso in esame, 15 elementi su 17 hanno mantenuto la polpa viva e vitale, mentre in 2 casi si è dovuto far ricorso alla terapia endodontica. In tutti i casi classificati come successi, i pazienti, interrogati in proposito, hanno dichiarato di non avere mai avuto disturbi riferibili all'elemento trattato.

Obiettivamente questi elementi hanno risposto a tutte le manovre (ispezione, palpazione e percussione) come elementi con polpa sana. La risposta dei test di sensibilità agli stimoli termici ha mostrato la stessa intensità degli elementi contigui vivi e vitali privi di patologie cariose pregresse o in atto. Radiograficamen-



**Fig. 1 -** Caso n. 1. Rx diagnostica: si evidenzia una carie penetrante.



**Fig. 2 -** Caso n. 1. Controllo a sei mesi.



**Fig. 3 -** Caso n. 1. Controllo a trentacinque mesi.

te, gli elementi in questione mostrano una normale lamina dura e l'assenza di radiotrasparenze periradicolari e, nella totalità dei casi, l'osservazione della parte coronale dell'elemento sul radiogramma ha evidenziato la formazione costante di una zona di "chiusura" dell'area di esposizione pulpare e la normale forma della camera pulpare, che appare priva di retrazioni e di calcificazioni e di dimensioni sovrapponibili a quelle che l'elemento aveva al momento del trattamento. Come esempio esplicativo di questi 15 casi abbiamo selezionato il primo caso trattato. Si tratta di un primo molare inferiore di destra di un paziente che all'epoca del trattamento aveva 10 anni. L'elemento presentava una carie penetrante (Fig. 1) ed è stato trattato secondo il protocollo. I controlli clinici e radiografici a distanza di 6 (Fig. 2) e 35 mesi (Fig. 3) evidenziano il mantenimento della salute pulpare e l'assenza di complicanze.

Per quanto riguarda i due casi nei quali è stato necessario ricorrere alla terapia endodontica, è da segnalare che al momento del trattamento i denti presentavano una massiccia esposizione pulpare, pur rispettando i requisiti previsti dal protocollo. Nel primo caso (F. R.) la paziente, trattata secondo il protocollo clinico (Fig. 4), si è presentata alla nostra osservazione dopo 10 mesi dal trattamento per un ascesso. Le prove di sensibilità eseguite alle scadenze stabilite avevano, in ogni caso, evidenziato la permanenza della vitalità pulpare (Fig. 5). Le prove di sensibilità e l'esame radiografico hanno consentito di ipotizzare la necrosi del 4.6, confermata dalla prova di cavità. L'elemento è stato trattato endodonticamente (Fig. 6) e controllato periodicamente, rilevando la risoluzione delle lesioni radiotrasparenti (Fig. 7). Nel secondo caso, il paziente (L. P.) si è presentato alla nostra osservazione con i sintomi di una pulpite acuta. L'esame radiografico ha evidenziato una normale forma della camera pulpare ma un leggero allargamento dello spazio parodontale periapicale. In questo caso, le prove di sensibilità eseguite nel tempo avevano sempre dato una risposta molto elevata e il paziente ha dichiarato una costante ipersensibilità agli stimoli termici. Eseguita l'anestesia e isolato il dente con la diga di gomma, si è rimossa l'otturazione in amalgama d'argento. Non sono risultate infiltrazioni o recidive cariose. La rimozione dell'MTA ha evidenziato l'assenza di qualsiasi barriera neoformata al di sotto del materiale e la presenza di una polpa abbondantemente sanguinante. L'elemento è stato trattato endodonticamente.

A questi 16 casi (2 fallimenti e 14 successi) si deve aggiungere un ultimo caso, che inizial-



**Fig. 4 -** Caso n. 9. Rx diagnostica.



**Fig. 5 -** Caso n. 9. Controllo a sei mesi.

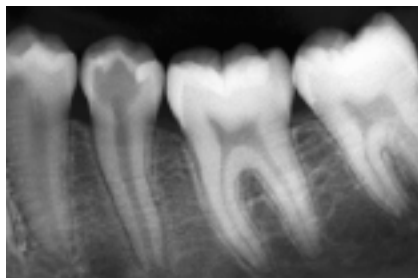


**Fig. 6 -** Caso n. 9. Rx intraoperatoria: sono evidenti le lesioni radiotrasparenti a carico di entrambe le radici.



**Fig. 7 -** Caso n. 9. Controllo a un anno dal termine della terapia endodontica.

mente era stato classificato come dubbio. Si tratta della medesima paziente, F. R., nella quale abbiamo avuto il fallimento descritto precedentemente a carico del 4.6, che è stata sottoposta ad un secondo trattamento di incapacpiamento diretto con MTA a carico del den-



**Fig. 8** - Caso n. 11. Radiografia diagnostica: si evidenzia l'incompleta formazione radicolare.



**Fig. 9** - Caso n. 11. Rx ad incappucciamento avvenuto.



**Fig. 10** - Caso n. 11. Controllo a tre mesi.



**Fig. 11** - Caso n. 11. Controllo a 15 mesi. Sono evidenti la formazione della radice e la chiusura dell'apice.

te 3.5 (Fig. 8). A causa della giovane età della paziente, al momento del trattamento l'elemento dentario presentava ancora l'apice

beante e una incompleta formazione delle pareti radicolari (Fig. 9). In questo caso si sono previsti più controlli radiografici (Fig. 10) e, a 15 mesi dall'inizio della terapia, il quarto controllo ha mostrato il completo sviluppo radicolare (apicegenesi/maturogenesi), ma anche un allargamento dello spazio parodontale (Fig. 11). Nella medesima seduta è stato eseguito anche il test di vitalità, al quale il dente ha risposto positivamente mentre negative sono risultate la palpazione e la percussione. Si è dunque deciso di conservare la vitalità dell'elemento mantenendolo sotto stretto monitoraggio, con frequenti controlli clinici e radiografici, così da intervenire rapidamente in caso di necrosi pulpare.

## DISCUSSIONE

I 15 elementi che hanno risposto positivamente all'incappucciamento diretto di polpa con MTA rappresentano poco più dell'88% dei casi trattati. Sebbene il numero di casi trattati non sia così elevato da essere altamente significativo, riteniamo che, anche in considerazione del periodo di osservazione abbastanza lungo, sia possibile trarre alcune considerazioni.

L'incappucciamento diretto di polpa con MTA, qualora sia applicato ad elementi con carie penetrante ma asintomatici, sembra essere una terapia predicibile. L'aspetto che colpisce maggiormente è la formazione di una barriera che pare condurre alla *restitutio ad integrum* della salute pulpare. Questa osservazione clinica sembra confermare quanto hanno visto sperimentalmente Tziafas et al. (47). Inoltre non si è osservato alcun fenomeno degenerativo della polpa e non si è verificata alcuna calcificazione: tutte le camere pulpari hanno mantenuto, all'esame radiografico, la stessa forma e lo stesso profilo che mostravano appena eseguita la terapia.

Tutti i 15 elementi appaiono rispondere alle stimolazioni e alle manovre alla stregua degli altri elementi a polpa sana e i pazienti non hanno avuto alcun disturbo nel tempo dell'osservazione.

Per quanto riguarda i 2 elementi nei quali il trattamento è fallito, dobbiamo sottolineare che entrambi mostravano una vasta esposizione della polpa, pur non presentando all'anamnesi alcuna causa d'esclusione dalla ricerca. Anche se Matsuo et al. (52) non hanno rilevato che la dimensione della lesione sia un elemento statisticamente significativo per

prevedere l'evoluzione della prognosi, dalle nostre osservazioni saremmo portati a ritenere che questa condizione sia sfavorevole, probabilmente per motivi legati all'ermeticità del sigillo: più vasta è la superficie e tanto più sarà difficilmente sigillabile e, come abbiamo rilevato, è questa condizione che probabilmente influisce in modo decisivo nel determinare il successo della terapia. Non è da escludere, comunque, che si sarebbe potuto avere una diversa evoluzione se gli elementi fossero stati sottoposti ad un intervento più radicale, quale una pulpotomia parziale, che dovrebbe essere, secondo le indicazioni, la procedura di elezione in questi casi con maggior esposizione pulpare.

Nel secondo caso di fallimento (L. P.), inoltre, la presenza di una anomala risposta agli stimoli termici ci consente di ipotizzare il perdurare di uno stato di infiammazione della polpa: come abbiamo evidenziato, la possibilità di controllare l'infezione è, assieme alla possibilità di evitare la microinfiltrazione, la condizione necessaria per mantenere la vitalità della polpa. Probabilmente questo stato infiammatorio, in risposta ad una infezione già troppo avanzata per poter essere controllata, ha creato le condizioni che hanno impedito l'induzione cellulare finalizzata alla guarigione della polpa esposta. A questo riteniamo sia da ricollegare la mancata formazione di uno strato di dentina al di sotto del materiale, così come si è evidenziato al momento della preparazione della cavità d'accesso. Potremmo addirittura ritenere che l'anomala risposta agli stimoli termici, essendosi presentata solo in questo caso, sia da ritenere come un segnale del fallimento dell'incappucciamento diretto di polpa e che sia dunque indicazione alla terapia endodontica.

Infine, esaminando il caso da noi inizialmente classificato come "dubbio", riteniamo sia da considerarsi a tutti gli effetti come un successo avendo consentito l'apicegenesi, o meglio la "maturogenesi", ottenuta semplicemente sigillando la soluzione di continuo che si era venuta a creare nelle pareti della camera pulpare a causa della penetrazione cariosa.

## CONCLUSIONI

L'incappucciamento diretto di polpa per esposizione cariosa è stato ritenuto, in passato, un procedimento poco predicibile e non scevro da complicazioni anche gravi, spesso associate al trattamento con l'idrossido di calcio, quali riassorbimenti e calcificazioni. La possibilità

di sfruttare le capacità di riparazione con neoformazione di dentina, una volta che si sia isolata la polpa eliminando la microinfiltrazione batterica e creando così le condizioni ideali per indurre la guarigione, ha spinto molti Autori a provare diversi materiali per l'incappucciamento diretto della polpa. Come si è evidenziato, le possibilità di guarigione della polpa esposta sono legate al livello di infiammazione della polpa stessa ed al controllo della microinfiltrazione, e dunque dell'infezione.

L'MTA mostra un'attività antibatterica simile a quella dell'idrossido di calcio, ma un controllo della microinfiltrazione assai più elevato, accompagnato ad una elevata biocompatibilità. Questo materiale ha mostrato una notevole tendenza a favorire la riformazione dei tessuti duri nelle zone che si trovano a suo contatto. Sono queste condizioni, probabilmente, ad influire positivamente sulla guarigione della polpa esposta, garantendo una riparazione quantitativamente e qualitativamente migliore, così come si evince dall'esame della letteratura. Nella maggior parte dei casi trattati in questa ricerca, 15 su 17, si è ottenuta una evoluzione positiva, caratterizzata presumibilmente dalla formazione di uno strato di dentina "di rigenerazione" e dal mantenimento della forma che la camera pulpare aveva all'inizio del trattamento.

Esaminando i due insuccessi, siamo portati a ritenere che le maggiori dimensioni della breccia dentinale rappresentino, probabilmente, un fattore sfavorevole anche in assenza di sin-

tomi pregressi, così come la perdurante ipersensibilità agli stimoli termici in seguito al trattamento può rappresentare un'indicazione alla terapia endodontica. In presenza di esposizioni di maggiori dimensioni è probabilmente più opportuno utilizzare una procedura più invasiva quale la pulpotomia parziale o quella totale.

Nella nostra esperienza, l'incappucciamento diretto di polpa con l'utilizzo dell'MTA può essere risolutivo anche nello sviluppo di elementi vitali ad apice immaturo (53). L'elevata percentuale di successi, superiore all'88%, ottenuta in questa ricerca ci permette di considerare l'incappucciamento diretto della polpa con MTA in elementi asintomatici come una possibile terapia di scelta. Ovviamente si dovrà dare la massima importanza alla selezione degli elementi che possono accedere a questo tipo di trattamento, escludendo quelli che hanno già presentato dolorabilità spontanea o un eccessivo sanguinamento della polpa esposta.

Gli elementi così trattati dovranno quindi essere monitorati clinicamente e radiograficamente nei mesi successivi al trattamento, ponendo attenzione ai segni di calcificazione e di alterazione del profilo canalare e alla comparsa o alla permanenza di ipersensibilità agli stimoli termici.

In ogni caso saranno necessari ulteriori studi *in vivo*, sia comparativi con l'idrossido di calcio sia istologici su denti con polpa esposta per penetrazione cariosa, per poter chiarire lo stato della polpa e la reale "rigenerazione"

dentinale nella zona della breccia, così come sarà necessario programmare controlli nel tempo anche sul "gruppo campione" esaminato in questo studio per osservare il mantenimento, nel lungo periodo, della vitalità delle polpe dentarie trattate. In assenza di strumenti che ci indichino la capacità riparativa residua della polpa, la predicibilità e la percentuale di successo nel lungo periodo sono infatti i veri parametri sui quali si potranno basare i criteri di scelta per preferire questo tipo di terapia rispetto ad altre più invasive.

In conclusione, gli Autori ritengono che l'utilizzo dell'MTA nell'incappucciamento diretto della polpa esposta nel dente asintomatico sia una terapia con ottime probabilità di successo sul breve-medio termine, soprattutto, ma non solo, in elementi "giovani". Tuttavia, in accordo con Ward (54), gli Autori ritengono che non vi siano elementi, almeno allo stato attuale, per poter prevedere che il successo a lungo termine sia equiparabile a quello ottenibile con la terapia endodontica. Saranno dunque necessari studi a lungo termine per poter considerare effettivamente questa terapia come quella di scelta nel trattamento della polpa esposta nel dente maturo asintomatico.

#### Ringraziamenti

Gli Autori desiderano ringraziare il Dottor Pietro Longo di Castellana (BA) per l'aiuto dato nella ricerca bibliografica e la Dottorssa Emanuela Cascino di Bologna per l'impegno profuso nella revisione delle bozze.

## BIBLIOGRAFIA

1. American Association of Endodontists. An annotated glossary of terms used in Endodontics. *J Endod* 1981; 7: G. 1.8.
2. Swift EJ, Trope M, Ritter AV. Vital pulp therapy for the mature tooth-can it work? *Endodontic Topics* 2003 July; 5 (1): 49-56.
3. Fuks AB, Bielak S, Chosak A. Clinical and radiographic assessment of direct pulp capping and pulpotomy in young permanent teeth. *Pediatr Dent* 1982; 4: 240-244.
4. Cvek M. A clinical report on partial pulpotomy and capping with calcium hydroxide in permanent incisors with complicated crown fractures. *J Endod* 1978; 4: 232-237.
5. Weisleder R, Benitez CR. Maturogenesis: is it a new concept? *J Endod* 2003; 29 (11): 776-78.
6. Castellucci A. Endodonzia. Firenze, *Il Tridente*, 1993 pag. 137.
7. Riccitello F, Amato M, Ausiello P, Simeone M, Val-

8. letta A, Rengo S. Lesioni dentali d'origine traumatica: generalità e terapia. In Ambu E. Manuale illustrato di Endodonzia. Milano Masson Ed. 2003; 208-220.
8. Castellucci A. Endodonzia Firenze, *Il Tridente*, 1993 pag. 119.
9. Hørsted P, Sandergaard B, Thylstrup A, El Attar K, Fejerskov O. A retrospective study of direct pulp capping using calcium hydroxide compounds. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 29-34.
10. Seltzer S, Bender IB. The dental pulp. 1985, 3rd ed. Philadelphia PA USA. J.B. Lippincott Co.
11. Kakehashi S, Stanley HL, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposure on dental pulps in germ free and conventional laboratory rats. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology* 1965; 20, 340-9.
12. Yamamura. Differentiation of pulpal cells and inductive influences of various matrices with reference to pulpal wound healing. *Dent Res* 1985; 64, 530-40.

13. Baume LJ. The biology of pulp and dentine. In: Meyers HM, ed. Monograph in Oral Science. 1980, vol. 8, 67-82 Basel, Switzerland: S. Krager AG.
14. Cox CE, Keall CL, Ostro E, Bergenholtz G. Biocompatibility of surface-sealed dental materials against exposed pulps. *J Prost Dent* 1987; 57: 1-8.
15. Lesot H, Smith AJ, Tziafas D, Bugue-Kirn C, Cassidy N, Ruch JV. Biologically active molecules and dental tissue repair: a comparative review of reactionary and reparative dentinogenesis with the induction of differentiation in vitro. *Cells and Materials* 1994; 4, 199-218.
16. Tziafas D. Reparative dentinogenesis. A Monograph on the Dentinogenic Potential of the Pulp. Thessaloniki, Greece University Studio Press, 1997.
17. Schroeder U. Effects of calcium hydroxide containing agent on pulpcell migration, proliferation and differentiation. *J Dent. Res.* 1985; 64: 541-8.

18. Pisanti G, Scianky I. Origin of Calcium in the repair wall after pulp exposure in dog. *J Dent Res* 1964; 43: 641.
19. Tziafas D, Economides N. Formation of crystals on the surface of calcium hydroxide containing materials in vitro. *J Endod* 1999; 25: 539-42.
20. Fitzgerald M. Cellular mechanism of dentinal bridge repair using 3H-thymidine. *J Dent Res* 1979; 58: 2198-206.
21. Schroeder U, Sundström B. Transmission electron microscopy of tissue changes following experimental pulpotomy of intact human teeth and capping with calcium hydroxide. *Odontol Revy* 1974; 25: 57-67.
22. Schroeder U, Granath LE. Early reaction of intact human teeth to calcium hydroxide following experimental pulpotomy and its significance to the development of hard tissue barrier. *Odontol Revy* 1971; 22: 179-88.
23. Castellucci A. Endodonzia. Firenze, *Il Tridente*, 1993 pag. 135-36.
24. Schroeder U., Granath L.E. On internal dentine resorption in deciduous molars treated by pulpotomy and capped with calcium hydroxide. *Odontol Revy* 1971; 22: 179-88.
25. Schroeder U. Effect of an extra-pulpal blood clot on healing following experimental pulpotomy with calcium hydroxide. *Odontol Revy* 1973; 24: 57-69.
26. Faraco, IM Jr, Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol*. 2001; 17 (4):163-6.
27. Schroeder U. Chronical coronal pulpitis. Agreement between clinical and hystologic findings in primary teeth. *Scan J Dent Res*. 1977; 86: 583-7.
28. Pereira JC, Manfio AP, Franco EB, Lopes ES. Clinical evaluation of Dycal under amalgam restorations. *Am J Dent* 1990; 3: 67-70.
29. Goracci G, Mori G. Scanning electron microscopy evaluation of resin-dentin and calcium hydroxide-dentin interface with resin composite restorations. *Quintessence Int* 1996; 27: 129-135.
30. Hørsted-Bindslev P, Løvschall H. Treatment outcome of vital pulp treatment. *Endodontic Topics* 2002; 2: 2(1): 24-34.
31. Abedi HR, Ingle JL. Mineral trioxide aggregate: a review of a new cement. *J Calif Dent Assoc* 1995; 23(12): 36-9.
32. Pitt Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996; 127(10): 1491-4.
33. Eidelman E, Holan G, Fuks AB. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 2001; 23(1): 15-8.
34. Koh ET, Pitt Ford TR, Kariyawasam SP, Chen NN, Torabinejad M. Prophylactic treatment of dens evaginatus using Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 2001; 8: 640-2.
35. Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D. Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *Int Endod J*. 2003; 36(1):44-8.
36. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 1993; 19(11): 541-4.
37. 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(3): 109-12.
38. Aeinehchi M, Elsamir B, Ghanbari M, Saffar AS. MTA and Ca(OH)<sub>2</sub> as pulp capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J* 2002; 36 : 225-31.
39. Salako N, Joseph N, Ritwik P, Salonen JP, Junaid TA. Comparison of bioactive glass, mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol as pulpotomy agents in rat molar. *Dent Traumatol* 2003; 19 (6) : 314-20.
40. Zhu YQ, Xia L. Using mineral trioxide aggregate as a direct pulp-capping material in dog. (*Abstract*) *Shangai Kou Qiang Yi Xue* 2003 ; 12(1): 44-46.
41. Andelin WE, Shabahang S, Wright K, Torabinejad M. Identification af hard tissue after experimental pulp capping using dentin sialoprotein as a marker. *J Endod* 2003 ; 29(10) : 646-50.
42. Soares IML. Resposta pulpar ao MTA - agregado de trióxido mineral-comparada ao hidróxido de cálcio, em pulpotomias: histológico em dentes de cães. Santa Catarina 1996, *Thesis Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina Brazil*.
43. Torabinejad M, Hong CU, McDonald DJ, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995; 21: 349-53.
44. Schmitt D, Lee J, Bogen G. Multifaceted use of ProRoot MTA root canal repair material. *Am Acc Ped Dent* 2001; 23 (4): 326-330).
45. Holland R, Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabè PFE, Dezen E Jr. Reaction of rat connective tissue to implant tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. *J Endod* 1999; 25: 161-65.
46. Seux D, Couble ML, Hartmann DJ, Gauthier JP, Magloire H. Odontoblastic-like cytodifferentiation of human dental pulps *in vitro* in the presence of a calcium hydroxide-containing cement. *Arch Oral Biol* 1991; 36: 117-128.
47. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G. "The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 2002; 35(3): 245-54.
48. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod* 1998 Aug; 24(8): 543-7.
49. Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, Mc Donald F. Mineral trioxide aggregates stimulates a biological response in human osteoblast. *J Bio-med Mater Res* 1997; 3: 432-39.
50. Abedi HR, Ingle JL. Mineral Trioxide Aggregate: a review of a new cement. *J Calif Dent Assoc* 1995; 12: 36-9.
51. Bakland, L. K. Management of traumatically injured pulps in immature teeth using MTA. *J Calif Dent Assoc*. 2000; 28 (11): 855-8.
52. Matsuo T, Nakanishi T, Shimizu H, Ebisu S. A clinical study of direct pulp capping applied to carious - exposed pulps. *J Endodon* 1996; 22: 551-556.
53. Bishop BG, Woolard GW. Modern endodontic therapy for an incompletely developed tooth. *Gen Dent* 2002; 50 (3): 252-6.
54. Ward J Vital Pulp therapy in cariously exposed permanent teeth and its limitations. *Aust Endod J* 2002; 28(1): 29-37.