

# Il mantenimento della vitalità della polpa in dentizione decidua: strategie terapeutiche e revisione della letteratura

• Luigi Paglia<sup>1</sup>  
• Giuseppe Marzo<sup>2</sup>  
• Raffaella Docimo<sup>3</sup>  
• Elena Bassani<sup>1</sup>

• Michela Paglia<sup>1</sup>  
• Guido Gallusi<sup>4</sup>  
• Vincenzo Campanella<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Odontoiatria Materno-Infantile - Istituto Stomatologico Italiano - Milano

<sup>2</sup>Professore Ordinario di Malattie Odontostomatologiche, Direttore della Scuola di Specializzazione in Ortognatodonzia Dip. MeSVA - Università Degli Studi dell'Aquila

<sup>3</sup>Professore Ordinario di Odontoiatria Pediatrica - Università degli Studi Tor Vergata - Roma

<sup>4</sup>Professore a Contratto di Discipline Odontostomatologiche Dip. MeSVA - Università Degli Studi dell'Aquila

<sup>5</sup>Professore Associato di Malattie Odontostomatologiche, Dirigente Responsabile della UOSD di Pronto Soccorso Odontoiatrico con annessa unità di Odontoiatria Conservativa, Restaurativa ed Endodontica della Fondazione Policlinico Tor Vergata - Roma

In passato l'importanza degli elementi decidui era fortemente sottostimata dagli odontoiatri generici; spesso si preferiva estrarre gli elementi affetti da carie estese o con compromissione pulpare piuttosto che curarli. L'importanza della cura e del mantenimento degli elementi decidui fino al momento della loro esfoliazione fisiologica è di cruciale importanza per la corretta funzione e l'armonico sviluppo dell'apparato stomatognatico del bambino. L'odontoiatra pediatrico deve conoscere esattamente le tecniche, i materiale da utilizzare, i diversi quadri clinici, lo stato, la terapia della polpa e l'importanza di ogni singolo dente per lo sviluppo oclusale. Le diverse opzioni terapeutiche nella

patologia pulpare della dentizione decidua rappresentano a tutt'oggi argomento di dibattito e di ricerca. La terapia ideale è sicuramente quella che permette di ripristinare la salute dell'elemento deciduo favorendone una esfoliazione corretta preservando e prevenendo danni ai germi dei denti permanenti in via di sviluppo. Una corretta diagnosi dello stadio di sviluppo dell'elemento deciduo e dello stato della polpa rappresenta il primo passo per la scelta terapeutica più idonea per i piccoli pazienti.

## Scopo del lavoro

Scopo del lavoro è presentare una revisione della letteratura dei diversi protocolli operativi e dei materiali attualmente disponibili per

l'esecuzione delle pulpotomie degli elementi decidui vitali e presentare linee guida basate sull'evidence-based, al fine di aiutare il clinico nella diagnosi e nella pianificazione del trattamento.

## Metodo di ricerca bibliografico utilizzato

Abbiamo effettuato nel maggio 2012 una ricerca computerizzata utilizzando come servizio di interrogazione PubMed in Medline. È stata effettuata una prima ricerca libera e le parole chiave utilizzate (MeSH e Textwords) su MEDLINE e introdotte nella Query Box erano: pulpotomy primary teeth. Nessuna restrizione linguistica è stata applicata all'inizio della strategia di ricerca. Il periodo temporale

## Riassunto

Il mantenimento nelle arcate dentarie degli elementi decidui fino al momento della loro esfoliazione è fondamentale per lo sviluppo oclusale e per la crescita eugnatrica cranio-facciale del bambino. Il trattamento degli elementi decidui con lesioni cariose prossime alla polpa deve essere volto a preservare, ove è possibile, l'elemento stesso. La pulpotomia è il trattamento pulpare più frequentemente utilizzato in tali condizioni cliniche. Scopo di questo lavoro è descrivere i materiali e il processo diagnostico nella cura degli elementi decidui attraverso una revisione bibliografica della letteratura. Verranno proposte linee guida che aiutino il clinico pedodontico sia nella diagnosi dello stato di vitalità della polpa che nella scelta terapeutica più adeguata.

● **PAROLE CHIAVE:** Endodonzia dei decidui, vitalità pulpare, revisione della letteratura.

## Summary

**The preservation of pulp vitality in deciduous teeth: strategies and literature review**

*The preservation of deciduous teeth until their normal time of exfoliation is essential for the occlusal development and eugnatric growth of the facial bones of children's skulls.*

*The treatment of deciduous teeth with carious lesions close to the pulp must be aimed at preserving primary teeth whenever it is possible. Pulpotomy is the pulp treatment most often used in such clinical conditions.*

*The purpose of this work is to describe materials and the diagnostic process employed in the treatment of deciduous teeth through a review of current literature.*

*This paper proposes practical guidelines for pedodontic dentists to help them diagnose pulp vitality and choose the most appropriate treatment.*

● **KEY WORDS:** Endodontic treatment primary teeth, pulp vitality in deciduous teeth, literature review.

preso in considerazione inizialmente per la selezione degli articoli andava dal 1965 al 2012, sono state così individuate 510 pubblicazioni.

Una seconda ricerca incrociata più specifica è stata effettuata accedendo al MeSH database (thesaurus) per trovare i termini MeSH appropriati per la nostra revisione. Una volta all'interno del soggettario è stata poi inserita nella Query Box la parola chiave PULPOTOMY. Cliccando sul termine MeSH in questione abbiamo avuto accesso ai Subheading relativi. A questo punto per la costruzione della Query è stato selezionato il Subheading METHODS ed è stato scelto l'operatore booleano AND per associare il termine MeSH e il Subheading. I termini sono stati inviati alla Search Box che mostra la stringa che è stata costruita. Successivamente cliccando a livello di Search PubMed la nostra ricerca si è conclusa con l'individuazione di 677 articoli. Dal totale degli articoli individuati, sono stati poi selezionati i lavori pubblicati dal 2000 a oggi. In totale quindi con questo tipo di ricerca sono stati selezionati 68 articoli - suddivisi come riportato nella Tabella 1 - e utilizzati per la ricerca bibliografica.

## Principi di fisiopatologia dei denti decidui

Per quanto simili in linea generale, gli elementi decidui e quelli permanenti maturi sono molto diversi tra loro per anatomia, istologia e fisiopatologia. Un dente deciduo rappresenta per la natura un elemento "provvisorio", o meglio transitorio, in attesa di completare la produzione e la messa in opera di strutture più complesse e destinate invece a durare tutta la vita. L'apparato radicolare degli elementi decidui è progettato per poter essere riassorbito in vista dell'essfoliazione fisiologica; la dentina dei decidui è meno mineralizzata rispetto a quella dei permanenti e le porte di comunicazione tra endodonto e parodonto sono invece molto più numerose. Da un punto di vista biologico, i denti decidui

TABELLA 1	
Tipologia di articolo	Numero di articoli
Revisioni della letteratura	14
Studi controllati prospettici o di coorte	27
Studi controllati retrospettivi	3
Studi controllati randomizzati	22
Case report	2

TABELLA 2	
Stadio maturativo	
<b>I stadio:</b> formazione, crescita, sviluppo ed eruzione in cui si ha la comparsa della corona e della radice in via di formazione.	
<b>II stadio:</b> occlusione, maturazione e stabilizzazione che inizia quando il dente deciduo è completo fino all'inizio del riassorbimento.	
<b>III stadio:</b> fase di regressione che va dall'inizio del riassorbimento radicolare alla caduta (4-5 anni per gli incisivi, dopo i 6 anni per canini e molari).	

e i permanenti sono molto diversi tra loro. Le differenze più nette tra decidui e permanenti sono evidenti da un punto di vista dell'istologia e della fisiologia dei loro tessuti. I denti decidui, in funzione della loro limitata durata nel tempo e della necessità di essere rimpiazzati dagli elementi permanenti, subiscono nel tempo un cambiamento della loro fisiologia pulpare che avviene parallelamente alle loro diverse fasi di sviluppo, maturazione e riassorbimento radicolare fisiologico<sup>1</sup>. Tali cambiamenti a carico dei decidui sono espressione di tre stadi di sviluppo (I, II e III stadio) (Tabella 2):

- il "I stadio" rappresenta l'isto e morfo-differenziazione del dente deciduo fino alla sua eruzione e al completamento dell'apparato radicolare;
- il "II stadio" rappresenta il periodo di funzione dell'elemento deciduo completo e dura fino all'inizio della ritalisi fisiologica;
- il "III stadio" rappresenta la fase finale del ciclo vitale di un deciduo e va dall'inizio della ritalisi fino all'essfoliazione fisiologica.

## Primo stadio

Il primo stadio è caratterizzato dalla formazione radicolare: la vascolarizzazione è marcata per la presenza di un apice aperto con potenziale cellulare elevato grazie al quale la riparazione è sempre potenzialmente possibile.

In questa fase i bambini hanno tra i 2 e i 4 anni e mentre la patologia cariosa è rara sono più frequenti gli eventi traumatici. In caso di trauma si verifica una stimolazione anomala della dentinogenesi: una delle conseguenze più comuni nel follow-up a lungo termine è l'obliterazione del canale. La restante parte di polpa necrotica che rimane all'interno del dente genera una discromia e perdendo completamente la vitalità la radice può andare incontro a fenomeni di anchilosi. Questo fenomeno è più grave nel dente deciduo perché ostacola l'eruzione del permanente. La terapia sarà orientata quindi verso la conservazione della vitalità pulpare poiché siamo in presenza di un substrato in grado di reagire favorevolmente.

## Secondo stadio

Durante il secondo stadio il dente si trova in una condizione di stabilità; esso presenta un rivestimento smalteo di 1 mm (anziché 2-3 mm DP). Lo spessore smalto-dentina è inferiore al dente permanente (2-3 mm invece di 6 mm), la polpa presenta uno sviluppo più esuberante fino a formare digitazioni pulpari. Questo è lo stadio che dal punto di vista fisiologico è più simile al permanente; la dentinogenesi è però molto più intensa e importante e la maturazione pulpare molto più rapida. La zona centrale è riccamente vascolarizzata, ricca di fibroblasti, istociti, cellule endoteliali e mesenchimali. Vi sono numerose comunicazioni pulpo-parodontali e numerosi canali accessori e vi è uno sbocco a livello della gemma del dente permanente: le alterazioni pulpari sono molto rapide e le alterazioni parodontali molto frequenti.

La riparazione è possibile e la terapia è volta alla conservazione del dente. Un aspetto da considerare è l'anatomia degli elementi decidui che presentano corone curvilinee con superfici di contatto più ampie a livello coronale e una papilla interdentale più estesa e meno appuntita di quella degli elementi permanenti. Di conseguenza, in caso di lesione cariosa interprossimale con perdita di sostanza il cibo facilmente entrerà nello spazio interdentale depositandosi, portando a infiammazione e a dolore esacerbato alla fine dei pasti: ciò è definito "Sindrome del Setto", facilmente confondibile con dolore da interessamento pulpare. Questa è più frequente in dentizione mista in quanto i punti di contatto si modificano per azione dell'occlusione a causa di uno smalto sottile e fragile, di un setto interdentale più largo e di forze di compressione che aumentano dopo l'eruzione dei molari definitivi.

### **Terzo stadio**

Il riassorbimento degli elementi decidui è un processo di primaria importanza in quanto porta alla corretta eruzione del permanente; è un fenomeno determinato dagli osteoclasti che distruggono cemento e dentina. Viene influenzato da fattori locali e generali: fenomeni infiammatori pulpari, parodontali, il traumatismo occlusale, discrepanze dento-scheletriche, malposizioni e agenesie. Durante questo stadio l'evoluzione delle lesioni cariose è rapida e irreversibile e le indicazioni al trattamento sono limitate. La zona interradicolare rappresenta la sede d'elezione delle modificazioni che accompagnano il movimento di riassorbimento; in questa sede si può instaurare una situazione di infiammazione che stimola gli osteoclasti responsabili del riassorbimento osseo e radicolare: si crea localmente uno spazio vuoto in profondità, in comunicazione con l'ambiente orale attraverso il solco gengivale. Ciò porta alla proliferazione di batteri aerobi con formazione di ascessi in fase di permuta.

In questa situazione lo stato flogistico è para-fisiologico, quasi normale, e si risolve estraendo il dente deciduo. Il trattamento dell'elemento deciduo deve tenere conto quindi della sua evoluzione e potrà differire anche a seconda dello stadio in cui ci troveremo.

Tra le valutazioni necessarie per decidere se e come trattare un deciduo con lesioni cariose estese e coinvolgimento patologico pulpare, il parametro più importante è la prognosi dell'elemento in oggetto di cui la vitalità pulpare rappresenta il cardine principale. Da un punto di vista clinico o radiografico, è impossibile dare una "misura" del potenziale di guarigione della polpa in funzione dello stadio di sviluppo del dente deciduo; sarebbe bellissimo poter prevedere il successo o meno delle nostre terapie di incappucciamento indiretto o di pulpotomia. Da un punto di vista istologico è stato riportato in letteratura che i denti decidui mantengono una composizione della polpa sovrapponibile a quella di un dente permanente immaturo fino quasi alla fine del processo di ritalisi fisiologica<sup>2</sup>. Questo fino a quando i rapporti di contiguità e la perdita di integrità marginale consentono un'ampia colonizzazione da parte di cellule epiteliali e batteriche provenienti dal cavo orale con formazione di un infiltrato infiammatorio. Ancora, non è stato possibile evidenziare differenze rilevanti nella polpa dei decidui in diversi stadi di riassorbimento radicolare fisiologico (Sari S, Aras S, Gunham O, The effect of physiological root resorption on the histological structure primary tooth pulp. J Clin Paediatr Dent 1999;23:221-225).

Le uniche variazioni riportate in letteratura nella polpa di denti decidui durante la ritalisi fisiologica è un incremento nella popolazione di cellule infiammatorie, che ha il suo massimo al momento dell'esfoliazione<sup>3</sup>.

In linea generale, comunque, non esiste una vasta letteratura che spieghi cosa accade in fase di ritalisi e non esistono teorie universalmente accettate sui meccanismi

cellulari e biochimici alla base della ritalisi e dell'esfoliazione fisiologiche.

D'altra parte, nella clinica, ai fini terapeutici ha poco peso se il dente deciduo da trattare sia ancora nel "II stadio" o sia già entrato nel "III stadio". Al fine di scegliere la terapia più idonea ha invece grande importanza la valutazione strategica della necessità di conservare l'elemento dentale e la sua vitalità pulpare. Da un punto di vista clinico, le similitudini e le differenze tra denti decidui e permanenti si traducono spesso nella mancanza di una correlazione diretta tra sintomatologia e patologia della polpa dei denti decidui. Per questa ragione, il clinico non deve commettere l'errore di trasferire meccanicamente le metodiche e le strategie di cura dei denti permanenti a quelli decidui. Uno dei principi fondamentali che stanno alla base dell'Odontoiatria, sia in dentizione decidua sia in quella permanente, è il mantenimento e la preservazione della vitalità pulpare. Nel caso di patologie cariose o eventi traumatici che determinino un coinvolgimento della polpa, in particolare nei denti decidui e nei permanenti immaturi grazie al loro maggior potenziale di riparazione naturale, è possibile mettere in campo strategie terapeutiche atte al mantenimento della vitalità pulpare raccolte sotto il nome di "terapia vitale della polpa" e raggruppano più metodiche diverse tra loro per materiali impiegati e tempistiche operative. Scopo delle terapie vitali della polpa è curare le pulpiti reversibili sia nei denti decidui che nei permanenti immaturi e include due approcci terapeutici distinti: Incappucciamento Pulpare Indiretto (IPC), in caso di cavità profonde senza esposizione pulpare, e Incappucciamento Diretto o pulpotomia nei casi di esposizione pulpare.

### **Diagnosi e trattamento**

Il trattamento degli elementi decidui con estesi processi cariosi e interessamento della polpa richiede una prima importante

decisione: se sia necessario curare e mantenere gli elementi dentali colpiti o se sia più opportuno estrarli. Tale valutazione iniziale deve essere fondata su una corretta anamnesi, un accurato esame clinico e sugli eventuali esami strumentali necessari. Posto che le valutazioni strumentali della vitalità della polpa non sono sempre affidabili nei piccoli pazienti e in generale sui denti decidui, è tenuto conto che è sempre opportuno limitare ai casi di assoluta necessità l'esposizione dei piccoli ai raggi X, spesso è l'esperienza del clinico a giocare il ruolo centrale nella definizione dello stato di salute della polpa dei decidui. Nello scegliere tra terapia conservativa o estrattiva occorre fare una serie di considerazioni tra cui: qualità e quantità dei tessuti duri residui, età, grado di collaborazione, previsioni di permuta, agenesie, stato di salute generale e le esigenze del paziente. Il primo passo nella direzione di un corretto piano di trattamento è rappresentato dalla definizione dello stato di salute o patologia della polpa dentale. Le condizioni della polpa sono l'elemento fondamentale per stabilire quale sarà il trattamento più appropriato. Nella definizione dello stato di salute pulpale, molto importanti sono la storia clinica e l'anamnesi.

Sono sintomi di compromissione pulpale:

- dolore spontaneo in particolare la notte;
- dolore alla masticazione;
- necessità di analgesici;
- carie interprossimali estese con perdita di una o entrambe le creste marginali;
- presenza di tumefazioni o tragitti fistolosi;
- storia di pregresse tumefazioni.

Clinicamente, l'importanza dei segni e dei sintomi sopra elencati può variare a seconda dei casi.

## Anamnesi

Le domande chiave per valutare la vitalità pulpale sono:

1. Il paziente ha dolore nella zona del dente o dei denti cariati?

2. Se sì, il dolore è spontaneo o viene evocato da stimoli esterni?
3. Una volta rimosso lo stimolo esterno quanto tempo passa prima che il dolore scompaia?
4. Il paziente ricorda di pregresse tumefazioni nella zona in oggetto?
5. Il paziente sta assumendo farmaci antibiotici?

Nella pratica, visto che spesso non è possibile ottenere dati conclusivi sullo stato di salute pulpale attraverso i test di vitalità, l'anamnesi patologica prossima o in alcuni casi perfino le indagini radiografiche, dovrà essere l'esperienza dell'operatore e un approccio "clinico" a guidarci nella scelta della terapia più idonea.

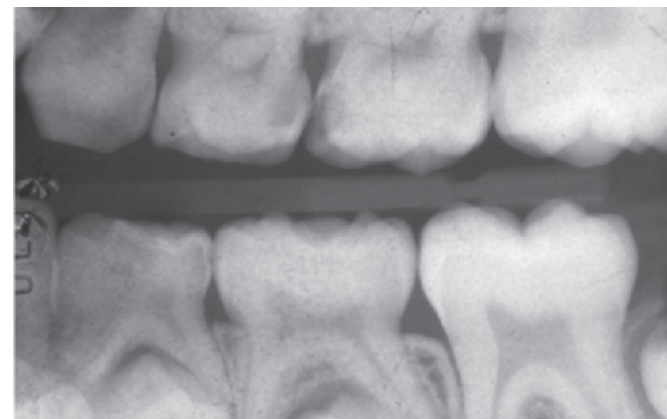
## Estrarre o mantenere

I casi in cui è più indicata l'estrazione dell'elemento deciduo compromesso sono i seguenti:

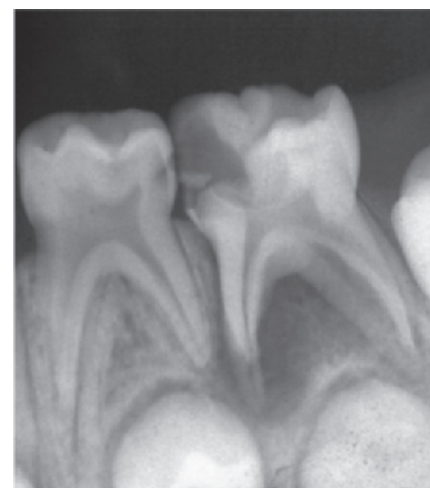
1. dente prossimo alla permuta per rizolisi fisiologica avanzata e nei tempi;
2. dente prossimo alla permuta per rizolisi avanzata precoce fisiologica o patologica;
3. dente con compromissione dei tessuti duri tale da rendere impossibile un restauro conservativo o protesico;
4. in pazienti già in trattamento ortodontico in cui la perdita precoce dell'elemento deciduo e le conseguenze sullo spazio e l'eruzione dei permanenti possono essere facilmente gestite;
5. in pazienti con "Special Needs" in cui la permanenza di foci infiammatori o infettivi rappresenta un potenziale rischio alla salute generale;
6. in pazienti con disabilità fisiche o psichiche tali da non consentire sedute multiple e di una certa complessità operativa;
7. in pazienti vulnerabili da un punto di vista socio-economico che non possano permettersi terapie complesse per motivi economici e/o per frequenza alle sedute di trattamento e del necessario follow-up.

## Valutazioni radiografiche pre-operatorie (Figure 1-11)

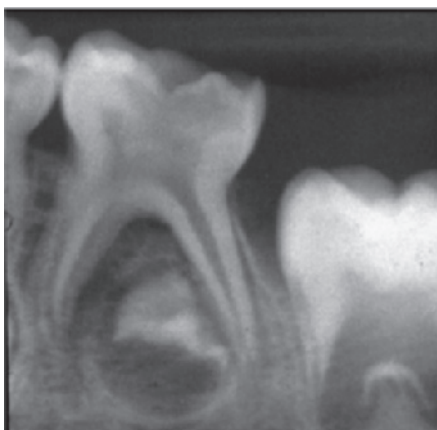
Nel caso in cui si decida di salvare l'elemento deciduo cercando di preservarne la vitalità pulpale, fatte tutte le valutazioni pre-operatorie



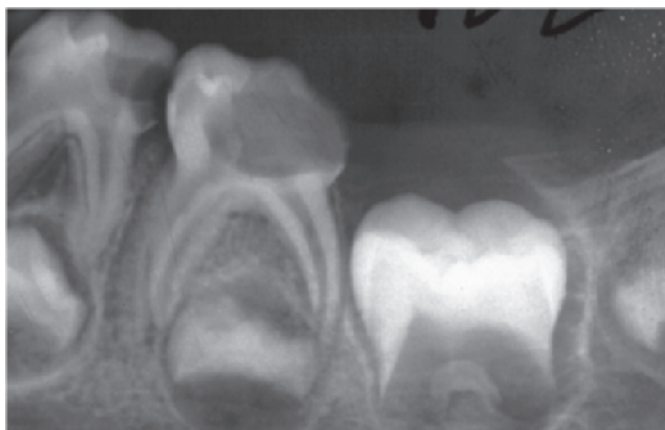
**1. Bite Wing in cui si evidenziano lesioni cariose multiple interprossimali sugli elementi 6.4, 6.5 e 7.4. Nonostante le modeste dimensioni delle carie, la vicinanza con i cornetti pulpari richiede massima attenzione e tempestività nel trattamento per evitare un coinvolgimento della polpa. L'elemento 7.4 può essere trattato con tecniche restaurative.**



**2. L'elemento 7.5 presenta una lesione periapicale cronica estesa con verosimile compromissione della vitalità pulpale. I tessuti duri del dente sono ancora molto ben rappresentati e sono giudicati adeguati per il restauro. Non si apprezzano riassorbimenti radicolari che possano controindicare il mantenimento dell'elemento. La lesione cronica non ha ancora interessato la gemma del permanente che appare ancora avvolta da suo cappuccio osseo. Non esiste indicazione all'estrazione di questo elemento che invece dovrà essere trattato con pulpectomia e otturazione canalare.**



**3. Lesione cariosa occlusale estesa alla polpa di un paziente molto giovane (la gemma del permanente è ancora nelle fasi iniziali di formazione). È possibile tentare una pulpotomia per mantenere la vitalità della polpa radicolare ed effettuare un restauro conservativo della corona.**



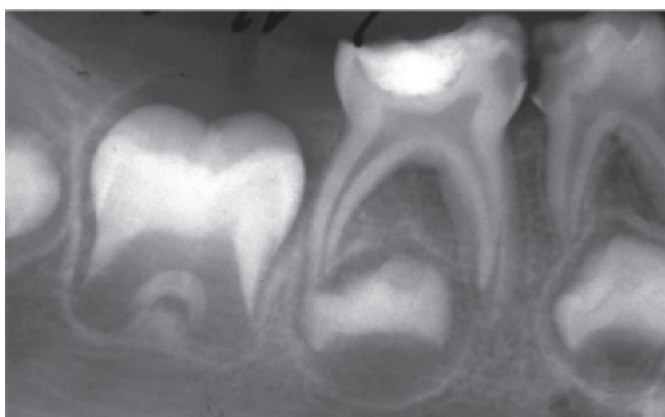
**4. L'elemento 7.5 presenta evidenze di necrosi pulpare e riassorbimento radicolare patologico specie a carico della radice mesiale. È possibile effettuare un trattamento di pulpectomia parziale a scopo palliativo per il tempo necessario all'eruzione del 3.6; successivamente probabilmente sarà necessaria l'estrazione e l'uso di un mantentore di spazi fino all'eruzione del 3.5. L'elemento 7.4, nonostante l'estensione dei processi cariosi in atto, è ancora restaurabile e deve essere trattato con una pulpotomia preservando la vitalità della polpa radicolare. La prognosi è favorevole.**

già discusse, è possibile rifarsi al seguente algoritmo decisionale per il trattamento dei denti decidui con lesioni cariose profonde (Tabella 1).

Il punto di ingresso del percorso terapeutico



**6. Lesione cariosa interprossimale distale di 8.5. Assenti segni radiografici di sofferenza periradicolare. Possibile trattamento di Incappucciamento Indiretto della Polpa con escavazione parziale della carie per il mantenimento della vitalità pulpare.**



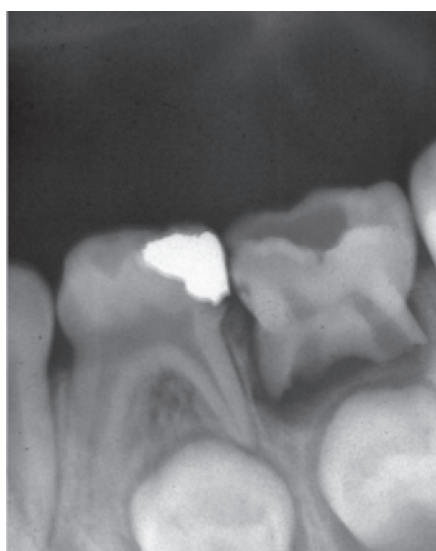
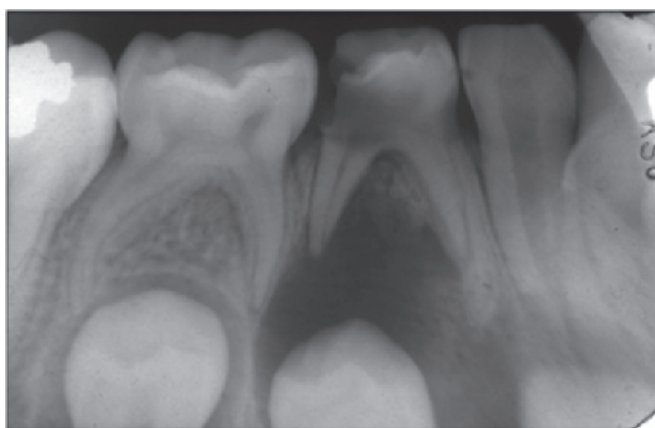
**7. L'elemento 8.5 presenta fallimento di un IPC e parodontite cronica per necrosi della polpa. Le condizioni di restaurabilità e l'assenza di riassorbimenti radicolari forniscono una prognosi favorevole per una pulpectomia.**

è dato dalla presenza o meno di una lesione ascessuale in fase acuta, o peggio cronica, che denoti la perdita della vitalità pulpare dell'elemento deciduo da trattare. In questo caso ovviamente non sarà possibile utilizzare tecniche per il mantenimento della vitalità pulpare e sarà necessario procedere a una pulpectomia con successiva otturazione canalare utilizzando materiali e tecniche adeguate

alla situazione e che non sono argomento del presente articolo.

Nello schema, la pulpectomia viene definita "parziale" con un'apparente contraddizione in quanto nell'effettuare una terapia endodontica in un dente deciduo, date le caratteristiche anatomiche dell'endodonto, è quasi impossibile rimuovere tutta la polpa dal sistema endodontico e anche la successiva otturazione canalare con

**8. Carie destruyente di 8.4 con polpa necrotica e lesione periapicale cronica talmente estesa da aver coinvolto la gemma del 4.4 in formazione. Esiste l'indicazione assoluta all'estrazione dell'elemento 8.4 anche per evitare ulteriori complicanze a carico del 4.4 in formazione.**

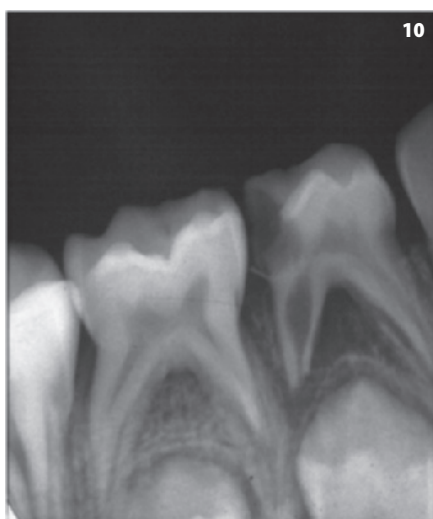


**9. Grave riassorbimento radicolare patologico di 7.5 con lesione periapicale cronica e necrosi pulpare. È indicata l'estrazione dell'elemento. L'elemento 7.4 è stato restaurato con successo dopo un trattamento di IPC.**

materiali necessariamente riassorbibili non consente di ottenere un sigillo apicale effettivo (Figura 12).

Nel caso di assenza di lesioni ascessuali, seguendo l'algoritmo si ricade nella situazione clinica che ci interessa in questa revisione e quindi di un deciduo con lesioni cariose più o meno profonde che possono interessare lo stato di salute della polpa con presenza o meno di sintomatologia dolorosa.

In queste condizioni cliniche si assume perciò (almeno a questo livello del percorso) che la polpa sia vitale e in uno stato di infiammazione reversibile più o meno grave.



**10-11. Evidenze radiografiche di reazioni pulpari avverse con comparsa di riassorbimenti radicolari interni in seguito a lesioni cariose profonde. Non è indicato alcun trattamento di conservazione della vitalità della polpa; può essere tentata una pulpectomia ma la prognosi di questi elementi è generalmente scarsa e si dovrà prevedere una esfoliazione spontanea precoce.**

A questo livello si decide quindi di trattare in maniera conservativa l'elemento dentale con lo scopo di preservarne la vitalità.

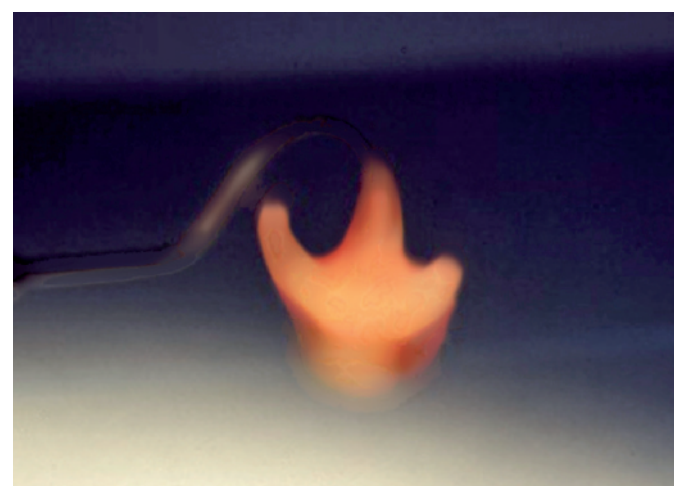
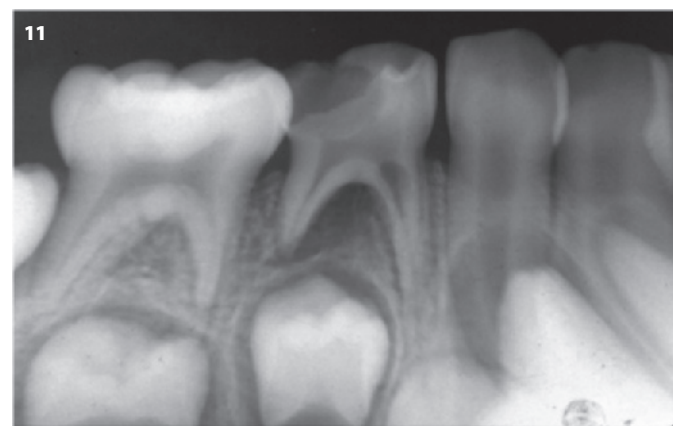
È opportuno rimarcare in questo momento la necessità di operare nella maniera più rigorosa possibile lavorando sempre sotto isolamento con diga di gomma per poter controllare il campo operatorio in maniera ottimale e impedire qualsiasi contaminazione della cavità risultante dalla toilette dei tessuti cariati o, ancora più importante, della polpa che dovesse essere esposta durante le nostre procedure.

L'estensione reale del processo carioso e il grado di coinvolgimento pulpare diventano chiari spesso solo in questa fase ed è quindi

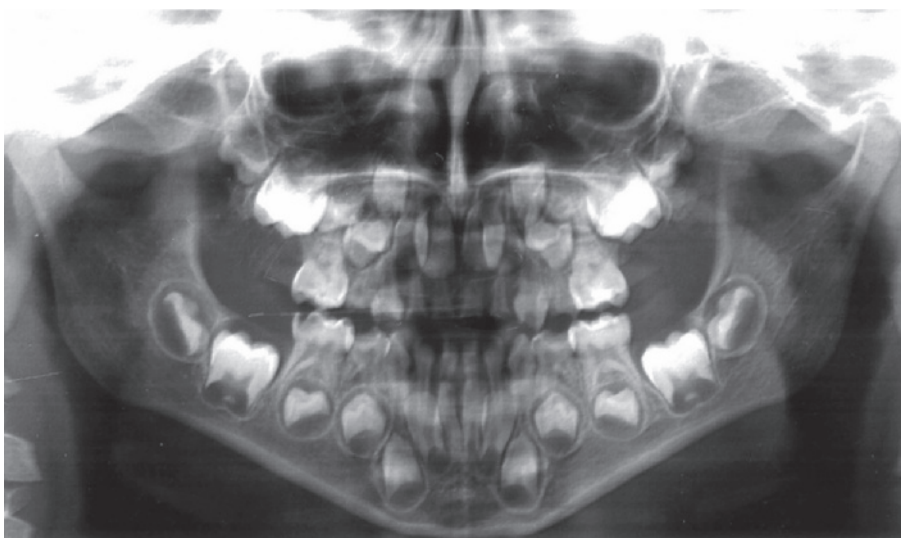
ora il momento di decidere definitivamente quale via terapeutica è la più indicata tra le quattro proposte dal diagramma.

1. Toilette cavitaria completa.

Anche in caso di lesioni apparentemente molto estese, specie se le lesioni cariose hanno avuto una progressione sufficientemente lenta, in molti casi è possibile rimuovere tutti i tessuti cariati senza incorrere in una esposizione pulpare o in un eccessivo assottigliamento del tetto camerale. Certamente questa evenienza è più frequente nel caso di lesioni cariose a localizzazione occlusale piuttosto che



**12. Porte multiple di comunicazione tra endodonto e parodonto in un secondo molaretto da latte superiore estratto per motivi strategici.**



**13. Radiografia ortopantomica pre-operatoria.**

interprossimale e questo per le già discusse caratteristiche anatomiche dei decidui e la relativa vulnerabilità dei cornetti pulpari dei molari da latte.

Qualora sia stato possibile rimuovere tutti i tessuti cariati senza provocare esposizioni pulpari è quindi sufficiente effettuare dei restauri conservativi adesivi per completare il

trattamento e restituire alla sua funzione il dente deciduo.

2. Estrema vicinanza alla polpa. Questa rappresenta forse la più frequente delle situazioni cliniche che i pedodontisti devono fronteggiare ed è solo l'esperienza che può permettere al clinico di destreggiarsi in questa "zona d'ombra".

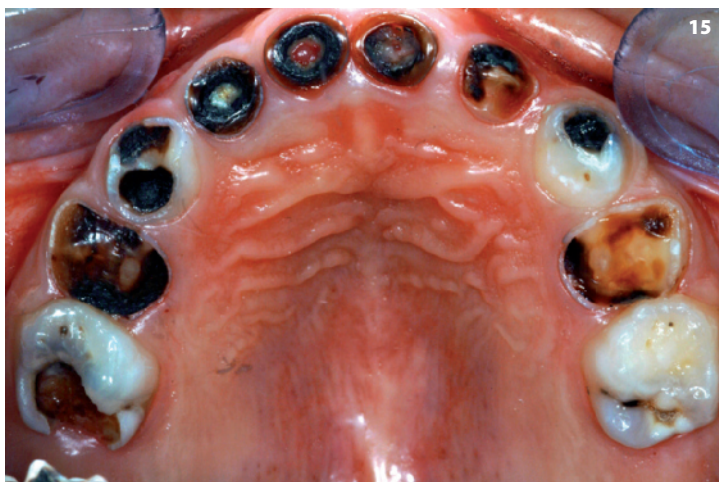
In questo caso un'escavazione completa della carie provocherebbe una sicura esposizione della polpa; per questo, quando possibile si può effettuare la così detta "Escavazione parziale della carie" che prevede di lasciare un sottile strato di dentina cariata affetta a protezione della polpa per preservarne la vitalità.

Tradizionalmente questa procedura era parte di un "Incappucciamento Indiretto della Polpa" (I.P.C. Indirect Pulp Capping) in cui la dentina rammollita lasciata a protezione della polpa



14

**14-16. Visioni intraorali che denunciano processi cariosi destruenti molto estesi in assenza però di tumefazioni o sintomatologia dolorosa. La perdita di tessuti duri ha causato un collasso del morso con perdita di dimensione verticale e dei corretti rapporti interarcata. Valutate le immagini radiografiche, l'esame anamnestico ed effettuato l'esame clinico del paziente, si decide per l'estrazione dei quattro incisivi superiori, non restaurabili e prossimi alla permuta, e per il recupero conservativo con restauri adesivi in composito di tutti gli altri elementi decidui compromessi.**



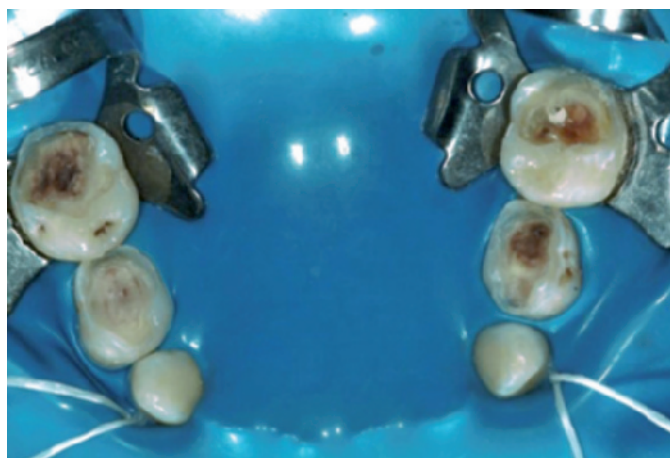
15



16



**17. Già a distanza di poche settimane dalla prima visita si procede all'estrazione dei quattro incisivi superiori con i due incisivi permanenti che hanno incominciato la fase finale di eruzione.**



**18. Grazie alla buona compliance del piccolo paziente è stato possibile operare su un'arcata alla volta, in anestesia locale, isolando un campo operatorio esteso.**

veniva poi medicata con cemento all'ossido di zinco eugenolo o con idrossido di calcio in pasta indurente per dare tempo alla polpa di reagire positivamente remineralizzando la dentina e producendo dentina di reazione per creare una solida barriera tra la polpa e la cavità. In un secondo tempo, dopo un periodo di attesa e controlli radiografici, si poteva rientrare nella cavità restaurata provvisoriamente e, completata la toilette, effettuare un restauro finale su dentina sana (Stepwise Technique).

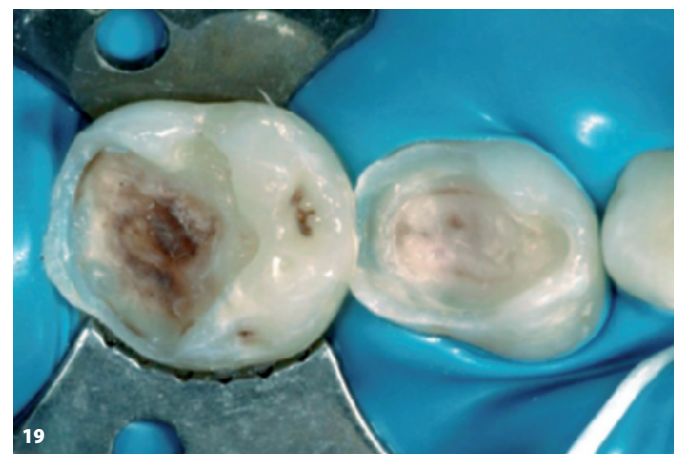
Più recentemente, alcuni Autori<sup>4,5</sup> hanno introdotto l'idea di modificare il protocollo eliminando la temporizzazione con una medicazione intermedia e la seconda fase operativa. Questa tecnica prevede quindi di sigillare con un restauro adesivo diretto il tessuto dentinale rammollito lasciato a protezione della polpa con o senza posizionamento di un sottile sottofondo con idrossido di calcio. Il rationale per questa tecnica si basa sul fatto che gli strati più profondi della dentina cariata sono in realtà scarsamente contaminati dai batteri e quei pochi che dovessero esserci, rimanendo isolati e confinati da un restauro adesivo che sigilli perfettamente, divengono inerti o muoiono. Lo strato di dentina demineralizzata in contatto con la polpa poi, rimosso lo

stimolo della carie in progressione, viene remineralizzato dagli odontoblasti della polpa mantenuta vitale (Figure 13-24).

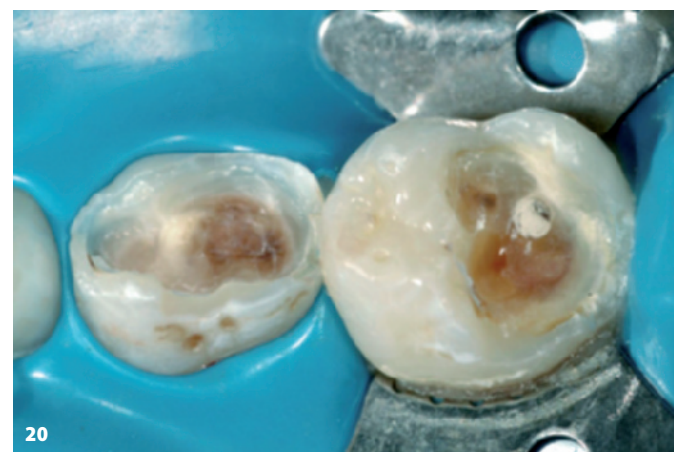
3. Esposizione franca della polpa. Una delle differenze più significative nel comportamento clinico nei decidui rispetto ai permanenti è la possibilità di lesioni cariose anche molto estese che determinino anche una esposizione pulpare senza, parallelamente, una netta sintomatologia dolorosa. Non è quindi infrequente, specie in lesioni cariose interprossimali, trovarsi di fronte ad ampie esposizioni pulpari nei molari decidui.

Un altro caso di esposizione franca della polpa può essere di natura iatrogena ed è causato dalle nostre operatività in fase di toilette cavitaria in situazioni in cui per eliminare tutti i tessuti francamente cariati siamo costretti a estendere la cavità coinvolgendo il tessuto pulpare.

Per mantenere la vitalità pulpare, in questi casi è necessario ricorrere a una pulpotomia (Pulphotomy). La tecnica prevede, in sintesi, l'asportazione di tutta la polpa camerale fino agli imbocchi canalari e, raggiunta l'emostasi dei monconi pulpari, la loro medicazione con un prodotto in grado di preservarne la vitalità fino alla normale rizolisi ed esfoliazione. Al di sopra di tale medicazione viene poi



**19-20. Particolari delle cavità dopo aver terminato la toilette e le preparazioni. Nonostante l'estensione dei processi cariosi si è riusciti a rimuovere tutti i tessuti cariati ed è stato necessario provvedere a un IPC con idrossido di calcio in pasta indurente solo sull'elemento 7.5.**







**21-24. Immagini intraorali del caso completato. Tutti i molari decidui e i due canini decidui superiori sono stati ripristinati con restauri adesivi in composito. Tutti gli elementi trattati hanno mantenuto la piena vitalità pulpare e solo sull'elemento 7.5 è stato necessario effettuare un piccolo incappucciamento indiretto a protezione di un cornetto pulpare distale. La riabilitazione degli elementi nella loro funzione e il ripristino della dimensione verticale hanno, inoltre, permesso di migliorare sensibilmente i rapporti interarcata prevenendo il consolidarsi di una malocclusione che era molto evidente nell'immagine pre-operatoria in Figura 24.**



effettuato un restauro che può essere adesivo o tradizionalmente una corona in acciaio preformata per ripristinare la funzione dell'elemento compromesso. La rimozione completa del tessuto dentale cariato deve precedere l'apertura della camera pulpare, per evitare la contaminazione batterica. Durante le procedure operative, atte a rimuovere la polpa camerale, è importante irrigare con abbondante getto d'acqua/fisiologica per evitare di lesionare o surriscaldare la polpa radicolare. A livello degli imbrocchi radicolari, l'eventuale sanguinamento deve interrompersi spontaneamente entro un massimo di quattro

minuti, dopo di che si può posizionare il materiale di scelta, realizzare un restauro provvisorio ed eseguire un controllo radiografico. Le linee guida dell'American Academy of Pediatric Dentistry (2008-2009) consigliano di eseguire il restauro definitivo al controllo successivo, a una settimana, in assenza di segni e/o sintomi di infiammazione pulpare; altri Autori, invece, preferiscono eseguire il restauro definitivo in prima seduta per evitare possibili contaminazioni pulpari. Argomento cardine della nostra trattazione è la revisione critica che segue, di quanto presente in letteratura, sui materiali più indicati per effettuare una pulpotomia.

### **Materiali dentali per le pulpotomie in dentatura decidua**

Le pulpotomie dei denti decidui vengono eseguite allo scopo di mantenere la vitalità della polpa e quindi preservare l'elemento fino all'epoca della sua normale esfoliazione. Esistono numerosi dibattiti riguardanti la questione dei materiali da utilizzare in tale procedura e probabilmente quello ideale per medicare la polpa non è stato ancora identificato; di seguito vengono analizzati gli interventi e i materiali alternativi attualmente disponibili attraverso un'accurata revisione della letteratura.

Diversi sono i medicamenti e le tecniche descritte negli anni per mantenere la vitalità e per promuovere la guarigione della polpa residua in seguito all'asportazione della porzione camerale della stessa. I materiali da medicazione pulpale possono essere suddivisi in due diverse categorie a seconda del loro effetto sui monconi pulpari residui: vediamole.

1. Pulpotomia con mummificanti della polpa:

- glutaraldeide;
- formocresolo;
- solfato ferrico;
- Ledermix;
- iodoformica;
- ipoclorito di sodio;
- ossido di zinco ed eugenolo;
- N2.

2. Pulpotomia con rigenerazione:

- idrossido di calcio;
- ossido congelato liofilizzato;
- MTA;
- EMDOGAIN;
- cemento di Portland;
- CEM;
- beta-fosfato tricalcico;
- idrossiapatite nanocristallina.

Sono inoltre riportati i risultati di pulpotomie eseguite con il laser Er,Cr:YSGG, con il laser Nd:YAG o a diodi.

## Formocresolo

Ampiamente riportato in letteratura è l'utilizzo nella terapia pulpale dei molari decidui del formocresolo (FC) introdotto da Buckley nel 1905 secondo la formula che prevede nella sua composizione: formaldeide 19%, tricresolo 35%, glicerina 15% e acqua fino a 100. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ha classificato la formaldeide come cancerogena per gli esseri umani ed è stata evidenziata la possibilità di un assorbimento sistemico di formocresolo a partenza dai denti pulpotomizzati. Negli ultimi anni sono state fatte numerose ricerche e studi testando diversi materiali al fine di identificare un valido sostituto del formocresolo che sia

biocompatibile, antimicrobico e che possieda anche proprietà rigenerative.

Da un'indagine condotta negli Stati Uniti nel 2008 mediante questionario rivolto ai pedodontisti americani è risultato che la maggior parte dei clinici che si occupano di Odontoiatria Infantile utilizzano il formocresolo diluito o non diluito quale agente per le pulpotomie dei denti decidui vitali dichiarando di non essere preoccupati dei possibili effetti collaterali avversi del formocresolo o della formaldeide<sup>6</sup>.

## Solfato ferrico

Il solfato ferrico (SF) è una sostanza in grado di creare un complesso ione ferro-proteina in grado di chiudere meccanicamente i vasi sanguigni; se veicolato all'interno della camera pulpale attraverso un pellet di cotone esso crea l'emostasi della polpa radicolare<sup>7,8</sup>.

Molti studi mettono a confronto l'utilizzo di questo materiale nelle pulpotomie dei denti decidui con il formocresolo diluito; l'aspetto più importante evidenziato è rappresentato dai buoni risultati clinici e radiografici a distanza con alti tassi di sopravvivenza degli elementi, senza differenze statisticamente significative<sup>9-11</sup>. Il reperto radiografico più comunemente riscontrato sia con l'utilizzo del solfato ferrico che del formocresolo, senza differenze statisticamente significative, è rappresentato da un riassorbimento radicolare interno. Tuttavia, è stato riportato che in alcuni casi il riassorbimento interno è di piccole dimensioni e rimane invariato nel tempo mentre in altri vi è un'auto-riparazione dell'area di riassorbimento con neoformazione di tessuto duro.

Nel 2005, nel programma di formazione avanzata in Odontoiatria Pediatrica dell'università di Iowa è stato eseguito uno studio retrospettivo atto a valutare radiograficamente la durata nel tempo degli elementi decidui curati tra il 1992 e il 2002 utilizzando il formocresolo o il solfato ferrico. Da questo studio si evince

che indipendentemente dal materiale da medicazione utilizzato il 13% degli elementi trattati sono stati persi precocemente a causa di ascessi e si è reso pertanto necessario gestire il mantenimento dello spazio in arcata; anche in questa occasione la causa più comune di questa prematura esfoliazione è stato il riassorbimento radicolare interno<sup>12</sup>. Uno studio analogo ha portato a risultati sovrapponibili, ovvero alla prematura esfoliazione dei denti decidui con la conseguente necessità di mantenere lo spazio. Per questa ragione si consigliano controlli radiografici periodici per valutare nel tempo l'evoluzione degli elementi dentali che hanno subito una pulpotomia.

In letteratura si evidenzia che la resistenza al taglio degli adesivi smalto-dentinali utilizzati per eseguire il restauro dei denti pulpotomizzati viene significativamente ridotta dall'utilizzo del formocresolo, del solfato ferrico o della glutaraldeide<sup>13,14</sup>. Nel caso del solfato ferrico utilizzato in alternativa al formocresolo, sarebbe indicato interporre un materiale intermedio nel caso in cui si decidesse di eseguire il successivo restauro in materiale composito.

Sulla base dei dati raccolti si può affermare che il solfato ferrico è significativamente meno tossico del formocresolo e può costituire una buona alternativa<sup>15-17</sup>.

## Ipoclorito di sodio

L'ipoclorito di sodio (NaOCl) è un battericida, uno sporicida, un fungicida e un virucida che diluito al 5% viene utilizzato come irrigante nelle terapie canalari degli elementi permanenti; è stato utilizzato spesso nelle pulpotomie di elementi decidui.

Nel 2007 l'università di Iowa ha sostituito la tradizionale tecnica con formocresolo o solfato ferrico con un protocollo che prevedeva l'utilizzo di ipoclorito di sodio al 5% (NaOCl). Il successo nel follow-up (tempo medio dall'esecuzione della pulpotomia = 10,5 mesi) è stato del 95%

a livello clinico contro l'82% a livello radiografico. Il riassorbimento radicolare esterno è stato la complicanza patologica più comunemente riscontrata, con un tasso di successo che continuava a diminuire nel tempo e comunque paragonabile a quello rilevato nelle pulpotomie eseguite con l'utilizzo di formocresolo, solfato ferrico o una combinazione dei due e riportati in letteratura<sup>18</sup>. Un altro studio clinico prospettico ha mostrato per contro risultati migliori statisticamente significativi nell'utilizzo dell'ipoclorito di sodio al 5% rispetto al solfato ferrico a distanza di 6 e 12 mesi, dimostrando la possibilità di un suo utilizzo con successo nelle pulpotomie dei denti decidui<sup>19</sup>. Un ulteriore dato riportato in letteratura indica che l'uso del NaOCl al 3% come agente emostatico applicato per 30 secondi nella camera pulpare di elementi successivamente medicati con idrossido di calcio non ha alcun effetto sul risultato della pulpotomia stessa<sup>20</sup>.

### **Idrossido di calcio**

La prima notizia dell'utilizzazione dell'idrossido di calcio in Endodonzia risale al 1851, ma la sua diffusione, avvenuta negli anni Cinquanta, si rifaceva a precedenti ricerche degli anni trenta (Hermann, 1930) che avevano dimostrato la formazione di un ponte di dentina in seguito a un incappucciamento diretto della polpa con il Calxyl (Zander, 1939) che, come tutti sanno, è costituito da una pasta non indurente di pH 11 che oltre all'idrossido di calcio, principale costituente, contiene anche piccole quantità di cloruro di calcio e di bicarbonato di sodio. L'idrossido di calcio<sup>21</sup> con il suo pH alcalino non solo neutralizza l'acido lattico degli osteoclasti, prevenendo così la dissoluzione della componente minerale della dentina, ma può anche attivare la fosfatasi alcalina, che svolge un ruolo importante nella formazione di tessuto duro<sup>22</sup>; l'alcalinità ha inoltre un'intensa azione antibatterica.

Importanti sono anche gli ioni calcio che potrebbero influenzare la permeabilità capillare incrementandola e favorendo così la riparazione. Per quanto riguarda nello specifico il suo utilizzo nelle pulpotomie bisogna dire però che per quanto privo di tossicità sistemica e locale, il controllo del sanguinamento è difficile da realizzare e ci sono polemiche per quanto riguarda l'utilizzo sugli elementi decidui a causa dell'alta percentuale di riassorbimenti interni<sup>23</sup>. Quest'ultima rappresenta la principale causa di fallimento a distanza delle pulpotomie eseguite con idrossido di calcio. Si è osservato che questo fenomeno si presenta più frequentemente in elementi con grosse lesioni cariose mentre non è influenzato dalla presenza o meno del fisiologico processo di riassorbimento radicolare degli elementi decidui<sup>24</sup>. Si è evidenziato come la maggior parte degli insuccessi dipenda da un'adeguata rimozione del coagulo di sangue al di sopra della polpa sezionata. È stato proposto l'utilizzo del solfato ferrico come agente emostatico prima dell'utilizzo dell'idrossido di calcio. Nello studio di Mohamed N. dopo la pulpotomia è stato applicato il solfato ferrico e in seguito una pasta indurente di idrossido di calcio (Dycal) oppure una pasta a base di ossido di zinco ed eugenolo (Kalzinol). Ai controlli a distanza di 6 e 12 mesi il tasso di insuccesso maggiore è avvenuto nel gruppo trattato con l'idrossido di calcio: le cause principali di fallimento erano ascessi e riassorbimento interno<sup>25</sup>. In uno studio prospettico randomizzato pubblicato nel 2008 sono stati confrontati invece un composto foto-polimerizzabile di idrossido di calcio con il formocresolo diluito quali materiali da medicamento per le pulpotomie degli elementi decidui vitali. Nei controlli radiografici a distanza di 6, 12 e 24 mesi il formocresolo ha mostrato risultati nettamente migliori. Il successo clinico è risultato simile per l'idrossido di calcio e il formocresolo a distanza di 12 mesi o meno.

Oltre i 12 mesi, il successo clinico era a favore del formocresolo, anche se non in modo significativo. Complessivamente è stato possibile concludere dunque che l'idrossido di calcio foto-polimerizzabile non sembra essere una valida alternativa al formocresolo diluito come agente per le medicazioni nelle pulpotomie<sup>26</sup>.

In diversi lavori riportati in letteratura vengono messi a confronto le pulpotomie dei denti decidui con l'uso del formocresolo, del solfato ferrico e dell'MTA contro quelle eseguite con idrossido di calcio. I risultati dimostrano che questi materiali non presentano differenze statisticamente significative ai controlli clinici e radiografici a distanza da 6 a 36 mesi. Il tasso di successo più basso è quello dell'idrossido di calcio seguito nell'ordine dall'MTA, dal solfato ferrico e dal formocresolo<sup>27,28</sup>. Altri lavori al contrario si sono mostrati più favorevoli al suo utilizzo<sup>29,30</sup>. Si è provato ad associare l'idrossido di calcio con la pasta iodoformica ma i tassi di successo erano nettamente inferiori all'utilizzo dell'idrossido di calcio e del formocresolo<sup>31</sup>. In conseguenza di tali controversie pur sconsigliando l'utilizzo del formocresolo, data la sua potenziale tossicità, l'idrossido di calcio non può essere raccomandato come medicamento nelle pulpotomie degli elementi decidui.

### **MTA**

Sulla base della biocompatibilità con la polpa è stato utilizzato nelle pulpotomie dei decidui l'MTA (Mineral Trioxide Aggregate)<sup>16,32-35</sup>: un composto di silicato tricalcico, alluminio tricalcico, ossido tricalcico e ossido di silicato, che solidifica in ambiente umido e stimola la formazione di tessuto duro nel tessuto pulpare. ha inoltre dimostrato di promuovere una rapida crescita cellulare. Una volta raggiunta l'emostasi, il materiale deve essere posto direttamente a contatto della polpa radicolare. Per mantenere un ambiente umido necessario alla reazione di presa, viene posto sopra il cemento un pellet di

cotone inumidito sigillato da un'otturazione provvisoria. Al controllo dopo una settimana, effettuato l'esame clinico, verrà rimossa l'otturazione provvisoria e il pellet di cotone. Controllato l'avvenuto indurimento del materiale potrà essere effettuata la ricostruzione definitiva.

Comparato con l'idrossido di calcio, l'MTA ha dimostrato una maggiore capacità di conservare l'integrità del tessuto pulpare in modo più prevedibile ed è in grado, inoltre, di promuovere la guarigione stimolando la rigenerazione pulpare<sup>36,37</sup>. L'analisi istologica nei tessuti pulpari animali e umani dimostra una minore risposta infiammatoria, minore iperemia e minore necrosi pulpare comparato all'idrossido di calcio<sup>38</sup>. L'MTA è dotato di grande efficacia nel ridurre la penetrazione dei microrganismi, è biocompatibile e bioinduttivo<sup>39</sup>. In letteratura sono presenti numerosi studi che mettono a confronto l'utilizzo dell'MTA bianco o grigio con il formocresolo e/o l'idrossido di calcio<sup>40-43</sup>. Mentre il formocresolo e l'idrossido di calcio nei controlli clinici, radiografici e istologici a distanza possono creare problemi di riassorbimento interno, questo fenomeno è molto meno frequente con l'MTA.

Sia l'MTA bianco che grigio portano a successo inducendo la formazione di uno spesso ponte di dentina nei siti di amputazione<sup>44</sup>; il formocresolo induce invece la formazione al massimo di un sottile strato di dentina poco calcificata<sup>45-51</sup>. I denti trattati con l'MTA grigio mostrano un'architettura più vicina alla polpa normale in cui è preservato lo strato odontoblastico e la matrice fibrocellulare, con la presenza di poche cellule infiammatorie o isolati corpi calcificati. I denti trattati con l'MTA bianco, invece, mostrano un pattern fibrotico più denso, con calcificazioni più isolate nel tessuto pulpare insieme alla formazione di dentina secondaria.

In altri lavori si è rilevato che entrambi presentano elevati livelli di successo clinico e radiografico con una risposta biologica

molto buona<sup>52-55</sup>. Anche se la maggior parte degli elementi decidui trattati con MTA presentano risultati positivi dal punto di vista clinico e radiografico, in alcune ricerche sono state osservate una variabilità di risposte istologiche: odontoblasti normali, odontoblasti irregolari, calcificazioni intrapulpari, ponti dentali, formazione di cemento, riassorbimento interno, necrosi, infiltrato infiammatorio. Dati i risultati promettenti riportati in letteratura l'MTA potrebbe essere il materiale di scelta per le procedure di pulpotomia rappresentando il sostituto ideale del formocresolo e dell'idrossido di calcio. Il suo limite nell'utilizzo sui decidui è rappresentato dal suo elevato costo.

### **Cemento di Portland**

Recentemente il cemento di Portland è stato proposto nel trattamento delle pulpotomie, in alternativa all'MTA, dal quale chimicamente differisce per l'assenza di ioni bismuto e la presenza di ioni potassio, ma con analoga attività antibatterica e identiche proprietà macroscopiche e microscopiche con il vantaggio del basso costo. Il cemento di Portland utilizzato nell'esecuzione di pulpotomie di denti poi restaurati in vetroionomero in bambini di età compresa tra i 5 e i 9 anni ha dato risultati sovrapponibili all'MTA sia per quanto riguarda la risposta pulpare che per formazione di un ponte di dentina<sup>56</sup>.

### **CEM**

In letteratura è stato proposto l'uso nelle pulpotomie dei denti decidui del Calcium Enriched Mixture (CEM), un cemento introdotto recentemente in campo odontoiatrico. Si tratta di una miscela di ossido di calcio, fosfato di calcio, solfato di calcio e silicato di calcio con caratteristiche molto simili all'MTA pur avendo diversa composizione chimica. Questo materiale ha dato risultati promettenti in campo pedodontico e potrebbe, a seguito

di ulteriori studi, essere utilizzato routinariamente nelle pulpotomie degli elementi decidui<sup>57</sup>.

### **Beta-fosfato tricalcico**

Un altro materiale testato nelle pulpotomie è il fosfato tricalcico (beta-TCP). Si tratta di un materiale sintetico, biocompatibile, utilizzato come sostituto dell'osso umano in campo ortopedico e odontoiatrico. È indicato in molti tipi di intervento, dal riempimento di siti post-estrattivi alla ricostruzione di difetti preimplantari e parodontali. Questo biomateriale è una ceramica bioattiva che partecipa agli scambi tra cellule e tessuto; preparati istologici hanno confermato la sua funzione di mantentore di volume, di osteoconduzione e la capacità di promuovere la sua sostituzione con connettivo denso che successivamente va incontro a mineralizzazione. In un recente studio il white mineral trioxide aggregate (WMTA), il cemento Portland bianco (WPC) e il beta-fosfato tricalcico (beta-TCP) sono stati testati su denti di suino parallelamente al formocresolo e al solfato ferrico; in seguito questi denti pulpotomizzati sono stati sottoposti a esame istologico. I primi tre materiali hanno mostrato risultati sovrapponibili per quanto riguarda la preservazione pulpare e la formazione di tessuto duro; inoltre, i risultati sono stati più favorevoli rispetto al formocresolo e al solfato ferrico che hanno irritato il tessuto pulpare provocando una risposta infiammatoria maggiore della polpa<sup>58</sup>.

Da questi studi risulta dunque che il cemento di Portland, l'MTA e il beta-TCP rappresentano, dal punto di vista istologico, gli agenti più efficaci per eseguire le pulpotomie degli elementi decidui. Tuttavia i dati in letteratura sono attualmente insufficienti, sebbene molto incoraggianti, per determinare l'idoneità del cemento di Portland e del beta-fosfato tricalcico come materiali di largo uso nella pratica clinica<sup>59</sup>.

### **Derivati della matrice dello smalto**

Negli ultimi anni è stato testato come materiale per l'esecuzione delle pulpotomie un gel contenente derivati della matrice dello smalto (EMDOGAIN). Gli elementi sottoposti allo studio, avulsi per protocolli di estrazioni seriali, sono stati estratti dopo che era stata eseguita una pulpotomia con EMDOGAIN e sono stati analizzati con i seguenti risultati: nei denti estratti, dopo 1 settimana la superficie pulpare amputata era rivestita da un sottile strato cellulare quasi continuo; vi era inoltre una congestione generalizzata accompagnata da un aumento dell'angiogenesi.

Dei denti estratti, dopo 2 settimane la maggior parte ha mostrato piccole isole di tessuto simildentinale in diverse fasi di mineralizzazione. Dai denti estratti dopo 6 mesi, sono stati evidenziati differenti quadri istologici. La maggior parte dei denti mostravano isole coalescenti di tessuto simil dentinale a livello dell'interfaccia tra il gel e il tessuto pulpare illeso presente sotto il sito amputazione<sup>60</sup>. Uno studio dello stesso Autore ha confrontato i risultati clinici e radiografici di pulpotomie eseguite con EMDOGAIN e formocresolo rilevando una differenza statisticamente significativa tra il successo del primo rispetto al secondo<sup>61</sup>. Sulla base di questi esperimenti, il gel EMDOGAIN mostra risultati promettenti per ottenere un successo nella terapia di pulpotomia degli elementi decidui.

### **Idrossiapatite nanocristallina**

In letteratura è presente uno studio in cui l'idrossiapatite nanocristallina che viene utilizzata per le procedure di aumento di difetti ossei è stata testata come materiale nelle pulpotomie degli elementi decidui di suino. Tale materiale è risultato biocompatibile e ha mostrato una normale risposta e preservazione pulpare con la formazione di tessuto duro<sup>62</sup>.

### **Ledermix**

Il Ledermix pasta contiene:

- 0.67% triamcinolone (corticosteroide

antinfiammatorio);

- 33.4% idrossido di calcio;
- ossido di zinco ed eugenolo;
- 3% ATB clorotetraciclina.

È stato utilizzato con grande successo nella gestione dei denti permanenti traumatizzati. Il suo posizionamento sull'elemento poi restaurato in modo provvisorio, ha portato alla remissione dei sintomi e ha evitato il trattamento endodontico nell'80% degli elementi trattati. Ha dimostrato di essere battericida, di inibire l'attività osteoclastica e di promuovere i processi riparativi. C'è ancora mancanza di dati clinici pubblicati sulla sua efficacia come medicamento per la pulpotomia. A questo scopo è ampiamente utilizzato in Australia e ha eccellenti effetti sedativi sul tessuto pulpare in corso di infiammazioni acute.

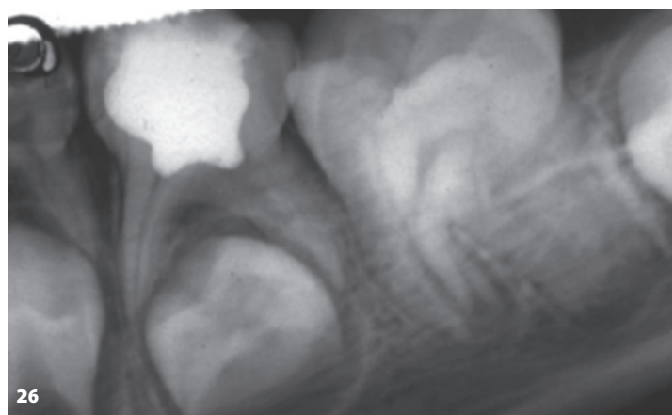
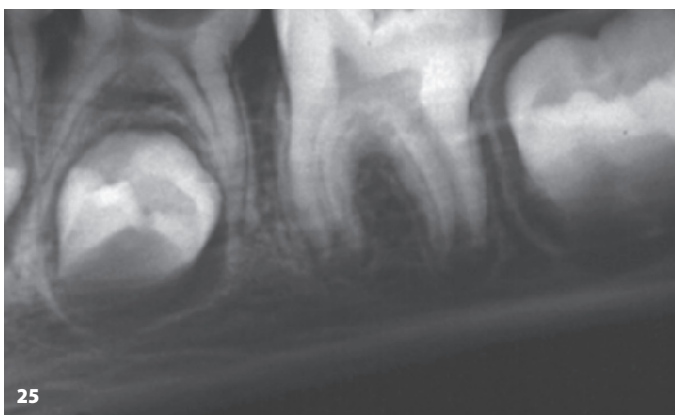
### **Laser ed elettrobisturi**

Un'altra interessante alternativa per le pulpotomie in dentatura decidua è rappresentata dal sistema laser Cr, Cr: YSGG. Sono stati eseguiti studi su animale con risultati molto incoraggianti, ma è necessario approfondire con ulteriori ricerche viste le alte potenzialità di questa tecnologia<sup>63</sup>. In uno studio prospettico in cui sono stati messi a confronto l'utilizzo nelle pulpotomie di formocresolo, idrossido di calcio, solfato ferrico e laser ER: YAG, quest'ultimo ha mostrato risultati in termini di successo a 24 mesi molto simili al FC e al FS, solo l'idrossido di calcio ha ottenuto una percentuale di successo inferiore<sup>64</sup>. Risultati molto positivi sono stati ottenuti con l'utilizzo del laser Nd:YAG<sup>65,66</sup>. In un ulteriore studio effettuato su un campione di bambini dai 3 ai 5 anni sono stati messi a confronto l'utilizzo del laser a diodi associato all'MTA e del formocresolo associato all'ossido di zinco ed eugenolo nelle pulpotomie dei denti decidui. Da tale studio è risultato che l'associazione tra laser e MTA ha ridotto i tassi di successo radiografici rispetto al formocresolo associato all'ossido

di zinco ed eugenolo senza però una differenza statisticamente significativa<sup>67</sup>. In letteratura viene menzionato anche l'utilizzo dell'elettrobisturi con risultati sovrapponibili all'utilizzo del formocresolo. I dati presenti risultano comunque insufficienti e sarebbero necessari ulteriori studi per validarne l'uso nelle pulpotomie dei decidui<sup>68</sup>.

### **Ossido di zinco ed eugenolo**

I cementi ZOE vengono utilizzati da molti anni nella terapia endodontica dei denti decidui. In uno studio prospettico sono state messe a confronto pulpotomie eseguite su canini decidui cariati e su canini destinati alle estrazioni seriali, medicati con materiali non fissativi in alternativa al formocresolo, rappresentati dai cementi ZOE, MTA, FS e laser. I denti sono stati seguiti con un follow-up fino a 24 mesi; è risultato che i denti trattati con cemento ZOE non erano sintomatici ma la metà di essi presentavano mobilità e, in alcuni casi, erano presenti fistole o ascessi, con risultati negativi sovrapponibili agli altri medicamenti non fissativi testati rispetto al FC<sup>69</sup>. In un altro studio prospettico sono stati confrontati i cementi ZOE con il FS. I risultati a distanza di 3 mesi hanno portato a un successo clinico e radiografico del 100%. Questi risultati a breve termine suggeriscono che entrambi i materiali possono essere utilizzati in alternativa al FC<sup>70</sup>. In uno studio in cui sono stati confrontati i risultati a distanza di 24 mesi di denti pulpotomizzati e in seguito medicati rispettivamente con MTA, solfato ferrico, formocresolo o cemento ZOE, quest'ultimo ha mostrato risultati nettamente inferiori rispetto all'utilizzo dell'MTA in termini di dolore, gonfiore, mobilità, riassorbimento radicolare interno e della forcazione e/o distruzione ossea periapicale<sup>71</sup>. Da quanto riportato si può affermare che i cementi ZOE non rappresentino i materiali ideali per l'applicazione nelle pulpotomie dei decidui. Ciò può essere spiegato in virtù del fatto che l'eugenolo, pur presentando blande proprietà sedative e



**25-26. RX pre-operatorie e post-operatoria dell'elemento 7.5 sottoposto a pulpotomia con formocresolo a causa di esteso processo carioso con coinvolgimento diretto della polpa.**

antisettiche, alla lunga ha un'azione citotossica e irritante sul tessuto pulpare che porta al riassorbimento interno quando applicato come sottofondo sul pavimento della camera pulpare dei molari decidui pulpotomizzati.

## N2

L'N2 è un cemento canalare a base di ossido di zinco ed eugenolo contenente sali di zinco, sali di bismuto, olio di arachidi, essenze e una quantità di paraformaldeide pari al 5.710% della polvere. Esso è stato introdotto da Angelo Sargenti agli inizi degli anni Cinquanta al fine di sfruttare la capacità che quantità dosate di formaldeide hanno di indurre la formazione di dentina di riparazione da parte della polpa dentaria. Pertanto, nonostante l'N2 abbia portato a numerosi successi nella terapia pulpare pedodontica presenta gli stessi svantaggi del FC che impongono la ricerca di un materiale alternativo<sup>72</sup>.

## Discussione

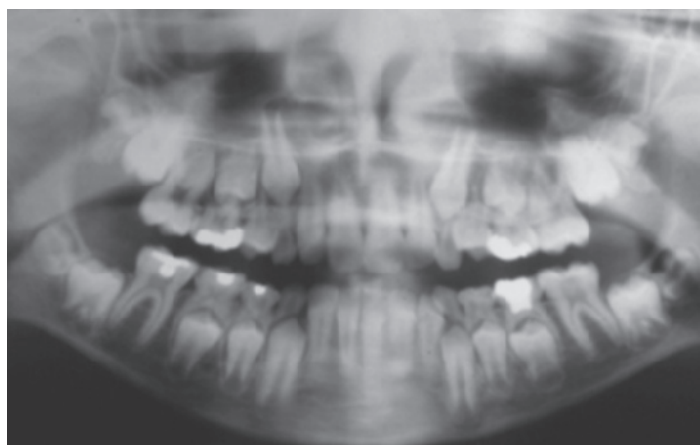
Il formocresolo è considerato il "gold standard" tra i medicamenti utilizzati per le pulpotomie degli elementi decidui. Gli esiti favorevoli delle terapie effettuate con il FC sembrano essere il risultato della formazione di una zona di riparazione al di sotto della quale la polpa appare normale. Utilizzato correttamente, il FC permette di mantenere la vitalità pulpare al di sotto dello strato di fissazione e consente la fisiologica esfoliazione del deciduo



**27. Controllo a 6 mesi di distanza dalla pulpotomia. Non si evidenziano segni radiografici di reazioni avverse o fenomeni di rizzalisi patologica.**

(Figure 25-30). La composizione chimica del formocresolo rappresentata da formaldeide (mutagena e carcinogena) e tricresolo (agente caustico) desta preoccupazione: se questo materiale fosse introdotto al

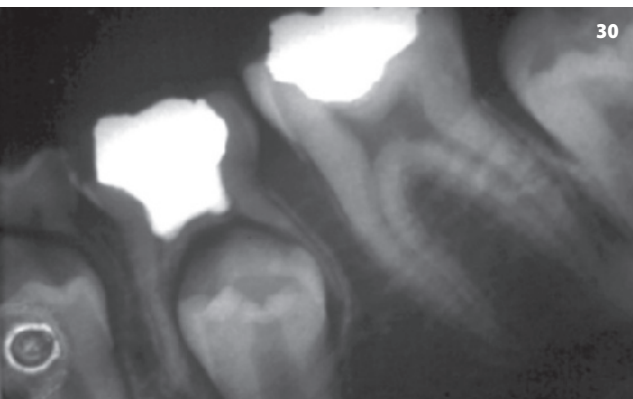
giorno d'oggi, probabilmente non sarebbe possibile ottenere una regolare approvazione. Le possibili reazioni tossiche date da una diffusione sistemica del FC a partire dal dente deciduo sono numerose; fra queste ricordiamo la citotossicità, possibili effetti mutageni e carcinogenici ed eventuali effetti sullo smalto dei denti permanenti<sup>74</sup>. In letteratura è riportato un case report in cui si evidenzia l'associazione tra la terapia endodontica di un secondo molareto deciduo e la comparsa di una cisti follicolare coinvolgente il corrispondente premolare ipotizzando che il formocresolo possa avere indotto la formazione di tale neoformazione<sup>75</sup>. Tutto questo ha portato alla necessità di trovare un materiale che pur preservando le caratteristiche positive del FC sia più biocompatibile, abbia la miglior efficacia clinica e che soprattutto sia innocuo e non provochi conseguenze



**28. Radiografia ortopantomica di controllo effettuata dopo 12 mesi dalla pulpotomia: nessuna evidenza radiografica di reazioni avverse della polpa radicolare del 7.8. La progressione della rizzalisi e la formazione dei permanenti continuano in maniera simmetrica.**



**29-30. Controlli a distanza di due e tre anni dalla pulpotomia. L'elemento 7.5 continua la sua normale funzione, ha mantenuto la vitalità pulpale dei monconi radicolari e la rizalisi prosegue in maniera fisiologica a testimoniare il successo della terapia.**



a livello sistemico per i piccoli pazienti. Gli obiettivi nelle pulpotomie dei denti decidui sono rappresentati dall'amputazione della polpa camerale infetta, dalla neutralizzazione di qualsiasi processo infettivo residuo e dalla preservazione della vitalità della polpa radicolare. Il primo passaggio fondamentale nell'esecuzione di una pulpotomia dopo l'apertura camerale è un'adeguata emostasi della polpa residua a livello degli imbocchi canalari. Dopo l'amputazione della polpa camerale attualmente vengono utilizzati il perossido di idrogeno, l'ipoclorito di sodio o il solfato ferrico. Il perossido di idrogeno applicato con un pellet e poi asciugato esplica la sua azione emostatica occludendo i vasi con formazione del tappo piastrinico; inoltre ha un'azione antibatterica. L'ipoclorito di sodio ha un'importante azione battericida ed emostatica grazie alla sua capacità

di dissolvere le componenti organiche; ha però la capacità di agire a livello cellulare provocando rotture a livello delle eliche del DNA favorendo quindi la necrosi cellulare. È inoltre responsabile di riassorbimenti radicolari esterni se usato al 5% come medicamento nelle pulpotomie; questa complicanza sembra ridotta se applicato per 30 secondi a una concentrazione del 3%, ma sono necessari ulteriori studi clinici. Il solfato ferrico, diversamente dal FC, non è un fissativo dei tessuti ma è in grado di produrre l'emostasi del moncone di polpa residua sigillando i vasi sanguigni recisi; a contatto con il sangue forma un complesso di ione ferrico che promuove l'emostasi. Il riassorbimento radicolare interno evidenziato in alcuni degli studi analizzati non sembra essere dovuto tanto all'utilizzo del FS, quanto piuttosto all'applicazione di un cemento a base di ossido di zinco ed eugenolo al di sopra di esso. L'eugenolo possiede infatti proprietà irritanti che portano al riassorbimento interno quando applicato come sottofondo sul pavimento della camera pulpale dei molari decidui pulpotomizzati. La fissazione del tessuto pulpale da parte del FC può impedire il contatto diretto e la reazione della polpa con l'eugenolo, riducendo in tal modo la prevalenza del riassorbimento interno nelle pulpotomie con FC. Quindi, dato che il solfato ferrico è in grado di mantenere la vitalità e il normale aspetto istologico dell'intera polpa radicolare e che spesso i riassorbimenti interni sono di piccole dimensioni e rimangono invariati nel tempo, esso può essere consigliato insieme al perossido di idrogeno per ottenere una buona emostasi. Fondamentale risulta poi chiarire quali siano i migliori materiali in alternativa al formocresolo da posizionare sul pavimento della camera una volta ottenuta un'adeguata emostasi. Dai dati ricavati dalla nostra revisione bibliografica possiamo dire che molte sono le alternative interessanti, ma che al momento attuale un forte limite alla loro applicazione sono la reperibilità e i costi elevati di alcuni di questi materiali e la necessità di ulteriori studi. La maggiore conoscenza dei meccanismi

molecolari e cellulari implicati nello sviluppo dentale e quanto questi vengano imitati durante i processi riparativi ci permette comunque una valutazione biologicamente valida delle varie strategie terapeutiche della polpa vitale. Sicuramente l'idrossido di calcio ha il vantaggio di essere più biocompatibile del FC e di essere inerte dal punto di vista sistemico. Esso viene utilizzato con l'obiettivo di sfruttarne le capacità antibatteriche, proteggendo la polpa e stimolandola al contempo alla formazione di un ponte di dentina, riparando così il sito esposto al fine di mantenere la vitalità delle sottostanti regioni pulpari. Tuttavia vi sono pareri contrastanti a causa della possibilità di riassorbimenti interni e ascessi già a distanza di 6-12 mesi dal trattamento. Secondo vari studi ciò avverrebbe esclusivamente in assenza di un'adeguata emostasi, secondo altri l'utilizzo dell'idrossido di calcio mostra un tasso di insuccesso addirittura più elevato delle paste a base di ossido di zinco ed eugenolo nonostante l'applicazione avvenga dopo l'emostasi con solfato ferrico. Vantaggioso per tanto sarebbe applicare un materiale che non stimoli il riassorbimento interno al di sopra del FS o dopo l'emostasi con  $H_2O_2$ . La maggior parte degli studi presenti in letteratura sono a favore dell'utilizzo dell'MTA il quale dà risultati più predicibili rispetto all'idrossido di calcio in termini di rigenerazione, infiammazione e preservazione della vitalità del tessuto pulpale. L'MTA è il materiale che sottoposto a studi dimostra la minor tossicità comparato con idrossido di calcio, solfato ferrico e formocresolo diluito e formocresolo di Buckley<sup>76</sup> e mostra risultati superiori in termini di segni radiografici patologici al follow up e di sopravvivenza anche rispetto al solfato ferrico<sup>77</sup>. Dato che l'MTA (in particolare quello grigio) sembra essere il materiale con le caratteristiche migliori per l'esecuzione delle pulpotomie degli elementi decidui, varrebbe la pena cercare di superare il limite del suo elevato costo. A tale scopo è ragionevole considerare il cemento di Portland come una

possibile alternativa dato che questo materiale mostra caratteristiche di composizione, di proprietà e di comportamento sia a livello macro che microscopico molto simili all'MTA e ha il vantaggio del basso costo. Questa scelta sembra vantaggiosa anche rispetto all'utilizzo di altri materiali più pregiati quali il beta-fosfato tricalcico, l'EMDOGAIN e l'idrossiapatite nanocristallina che pur avendo dato risultati ottimali in termini di biocompatibilità, di normale risposta e preservazione pulpare e di formazione di tessuto duro presentano un costo troppo elevato per un loro utilizzo quotidiano. Risultati incoraggianti sono stati ottenuti con diversi tipi di laser il cui utilizzo però non è ancora così diffuso per costi e curva di apprendimento tra gli specialisti in Odontoiatria Infantile. Interessante sembra essere l'azione antinfiammatoria e antibatterica del Ledermix pasta, proprietà che

potrebbero essere molto utili applicate alle pulpotomie degli elementi decidui ma che devono essere ulteriormente studiate.

## Conclusioni

Il FC e i composti contenenti paraformaldeide sono ampiamente diffusi e utilizzati da decenni nella pratica clinica pedodontica quotidiana, ma la potenziale tossicità della formaldeide ha reso necessaria la ricerca di una valida alternativa terapeutica. Dalla nostra revisione della letteratura è emerso che i fattori chiave per il successo della terapia pulpare degli elementi decidui sono rappresentati dal raggiungimento di una corretta emostasi della polpa canalare residua, seguita dal posizionamento di una sostanza che oltre alle caratteristiche positive del formocresolo sia biocompatibile, stimoli la neoapposizione di dentina e non provochi

fenomeni avversi quali il riassorbimento esterno o interno delle radici e degli accessi. I materiali che meglio sembrano rispondere a queste caratteristiche sono rappresentati dal perossido di idrogeno e dal solfato ferrico per il raggiungimento della corretta emostasi, seguiti dall'utilizzo dell'MTA o dal cemento di Portland. Quest'ultimo ha il vantaggio di presentare le caratteristiche positive dell'MTA a un costo più contenuto che ne favorirebbe l'utilizzo nella pratica pedodontica quotidiana. Ulteriori studi potrebbero avvalorare, inoltre, l'utilizzo del Ledermix pasta per le sue caratteristiche positive che potrebbero portare a un successo predicibile della terapia pulpare degli elementi decidui.

**Corrispondenza**  
MANCA

© RIPRODUZIONE RISERVATA

## bibliografia

1. Siquara-Da-Rocha MC, Nicolau J. Metabolic activity of deciduous porcine dental pulp in different phases of root development. *J Dent Res* 1980 May;59(5):762-5.
2. Sahara N, Okafuji N, Toyoki A, Ashizawa Y, Yagasaki H, Deguchi T, Suzuki K. A histological study of the exfoliation of human deciduous teeth. *J Dent Res* 1993 Mar;72(3):634-40.
3. Simşek S, Durutürk L. A flow cytometric analysis of the bio defensive response of deciduous tooth pulp to carious stimuli during physiological root resorption. *Arch Oral Biol* 2005 May;50(5):461-8.
4. Garcia F, Nascimento C, Oliveira A, Mestrinho HD. Randomized trial of partial vs stepwise caries removal: 3-year follow-up. *J Dent Res* 2012 Nov;91(11):1026-31.
5. Ribeiro CC, de Oliveira Lula EC, da Costa RC, Nunes AM. Rationale for the partial removal of carious tissue in primary teeth. *Pediatr Dent* 2012 Jan-Feb;34(1):39-41.
6. Yoon RK, Chusid S, Davis MJ, Bruckman KC. Preferred treatment methods for primary tooth vital pulpotomies. A survey. *N Y State Dent J* 2008 Mar;74(2):47-9.
7. Casas MJ, Kenny DJ, Johnston DH, Judd PL. Long-term outcomes of primary molar ferric sulfate pulpotomy and root canal therapy. *Pediatr Dent* 2004 Jan-Feb;26(1):44-8.
8. Casas MJ, Kenny DJ, Johnston DH, Judd PL, Layug MA. Outcomes of vital primary incisor ferric sulfate pulpotomy and root canal therapy. *J Can Dent Assoc* 2004 Jan;70(1):34-8.
9. Fuks AB, Papagiannoulis L. Pulpotomy in primary teeth: review of the literature according to standardized criteria. *Eur Arch Paediatr Dent* 2006 Jun;7(2):64-71;discussion 72.
10. Markovic D, Zivojinovic V, Vucetic M. Evaluation of three pulpotomy medicaments in primary teeth. *Eur J Paediatr Dent* 2005 Sep;6(3):133-8.
11. Peng L, Ye L, Guo X, Tan H, Zhou X, Wang C, Li R. Evaluation of formocresol versus ferric sulphate primary molar pulpotomy: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2007 Oct;40(10):751-7.
12. Vargas KG, Packham B. Radiographic success of ferric sulfate and formocresol pulpotomies in relation to early exfoliation. *Pediatr Dent* 2005 May-Jun;27(3):233-7.
13. Salama FS. Influence of zinc-oxide eugenol, formocresol, and ferric sulfate on bond strength of dentin adhesives to primary teeth. *J Contemp Dent Pract* 2005 Aug 15;6(3):14-21.
14. Prabhakar AR, Bedi S. Effect of glutaraldehyde and ferric sulfate on shear bond strength of adhesives to primary dentin. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2008;26 Suppl 3:5109-13.
15. Papagiannoulis L. Clinical studies on ferric sulphate as a pulpotomy medicament in primary teeth. *Eur J Paediatr Dent* 2002 Sep;3(3):126-32.
16. Fuks AB. Vital pulp therapy with new materials for primary teeth: new directions and treatment perspectives. *Pediatr Dent* 2008 May-Jun;30(3):211-9. Review.
17. Haney KL. Current trends in primary tooth pulp therapy. *J Okla Dent Assoc* 2007 Oct;99(2):28-37;quiz 38.
18. Vostatek SF, Kanellis MJ, Weber-Gasparoni K, Gregorsok RL. Sodium hypochlorite pulpotomies in primary teeth: a retrospective assessment. *Pediatr Dent* 2011 Jul-Aug;33(4):327-32.
19. Vargas KG, Packham B, Lowman D. Preliminary evaluation of sodium hypochlorite for pulpotomies in primary molars. *Pediatr Dent* 2006 Nov-Dec;28(6):511-7.
20. Tunç ES, Saroğlu I, Sari S, Günhan O. The effect of sodium hypochlorite application on the success of calcium hydroxide pulpotomy in primary teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006 Aug;102(2):e22-6. Epub 2006 Jun 8.
21. Magnusson B. Attempts to predict prognosis of pulpotomy in primary molars. Bacteriologic and histologic examination. *Scand J Dent Res* 1970;78(3):232-40.
22. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1981 Jan;7(1):17-21.
23. Waterhouse PJ, Nunn JH, Whitworth JM. An investigation of the relative efficacy of Buckley's Formocresol and calcium hydroxide in primary molar vital pulp therapy. *Br Dent J* 2000 Jan 8;188(1):32-6.
24. Sönmez D, Durutürk L. Ca(OH)<sub>2</sub> pulpotomy in primary teeth. Part I: internal resorption as a complication following pulpotomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008 Aug;106(2):e94-8. Epub 2008 Jun 13.
25. Mohamed N. A comparison of two liner materials for use in the ferric sulfate pulpotomy. *SADJ* 2008 Jul;63(6):338,340-2.
26. Zurn D, Seale NS. Light-cured calcium hydroxide vs formocresol in human primary molar pulpotomies: a randomized controlled trial. *Pediatr Dent* 2008 Jan-Feb;30(1):34-41.
27. Sonmez D, Sari S, Cetinbaş T. A comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: a long-term follow-up. *J Endod* 2008 Aug;34(8):950-5.
28. Moretti AB, Sakai VT, Oliveira TM, Fornetti AP, Santos CF, Machado MA, Abdo RC. The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary teeth. *Int Endod J* 2008 Jul;41(7):547-55. Epub 2008 May 12.



29. Gruythuysen RJ. Endodontic treatment of primary teeth. Pulp exposure and pulp necrosis. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2005 Nov;112(11):441-6.
30. Trairatvorakul C, Koothiratrakarn A. Calcium hydroxide partial pulpotomy is an alternative to formocresol pulpotomy based on a 3-year randomized trial. *Int J Paediatr Dent* 2012;22(5):382-9.
31. Alačam A, Odabaş ME, Tüzüner T, Silleioğlu H, Baygin O. Clinical and radiographic outcomes of calcium hydroxide and formocresol pulpotomies performed by dental students. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009 Nov;108(5):e127-33.
32. Fuks AB. Current concepts in vital primary pulp therapy. *Eur J Paediatr Dent* 2002 Sep;3(3):115-20.
33. Naik S, Hegde AH. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy agent in primary molars: an in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2005 Mar;23(1):13-6.
34. Ng FK, Messer LB. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy medicament: a narrative review. *Eur Arch Paediatr Dent* 2008 Mar;9(1):4-11. Review.
35. Simancas-Pallares MA, Díaz-Caballero AJ, Luna-Ricardo LM. Mineral trioxide aggregate in primary teeth pulpotomy. A systematic literature review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010 Nov 1;15(6):e942-6.
36. Percinoto C, de Castro AM, Pinto LM. Clinical and radiographic evaluation of pulpotomies employing calcium hydroxide and trioxide mineral aggregate. *Gen Dent* 2006 Jul-Aug;54(4):258-61.
37. Ford TR, Torabinejad M, Abedi HR, Bakland LK, Kariyawasam SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. *J Am Dent Assoc* 1996 Oct;127(10):1491-4.
38. Ainehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J* 2003 Mar;36(3):225-31.
39. Chacko V, Kurikose S. Human pulpal response to mineral trioxide aggregate (MTA): a histologic study. *J Clin Pediatr Dent* 2006 Spring;30(3):203-9.
40. Godhi B, Sood PB, Sharma A. Effects of mineral trioxide aggregate and formocresol on vital pulp after pulpotomy of primary molars: An in vivo study. *Contemp Clin Dent* 2011 Oct;2(4):296-301.
41. Holan G, Eidelman E, Fuks AB. Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. *Pediatr Dent* 2005 Mar-Apr;27(2):129-36.
42. Hugar SM, Deshpande SD. Comparative investigation of clinical/radiographical signs of mineral trioxide aggregate and formocresol on pulpotomized primary molars. *Contemp Clin Dent* 2010 Jul;1(3):146-51.
43. Innes N. Better outcomes in pulpotomies on primary molars with MTA. *Evid Based Dent* 2007;8(1):11-2.
44. Maroto M, Barbería E, Vera V, García-Godoy F. Dentin bridge formation after white mineral trioxide aggregate (white MTA) pulpotomies in primary molars. *Am J Dent* 2006 Apr;19(2):75-9.
45. Ainehchi M, Dadvand S, Fayazi S, Bayat-Movahed S. Randomized controlled trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth. *Int Endod J* 2007 Apr;40(4):261-7. Epub 2007 Feb 19.
46. Ansari G, Ranjipour M. Mineral trioxide aggregate and formocresol pulpotomy of primary teeth: a 2-year follow-up. *Int Endod J* 2010 May;43(5):413-8.
47. Caicedo R, Abbott PV, Alongi DJ, Alarcon MY. Clinical, radiographic and histological analysis of the effects of mineral trioxide aggregate used in direct pulp capping and pulpotomies of primary teeth. *Aust Dent J* 2006 Dec;51(4):297-305.
48. Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Mushayt A. Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 2005 Summer;29(4):307-11.
49. Noorollahian H. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp medicaments for pulpotomies in primary molars. *Br Dent J* 2008 Jun 14;204(11):E20. Epub 2008 Apr 18.
50. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Evaluation of the formocresol versus mineral trioxide aggregate primary molar pulpotomy: a meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006 Dec;102(6):e40-4. Epub 2006 Sep 26.
51. Subramaniam P, Konde S, Mathew S, Sugnani S. Mineral trioxide aggregate as pulp capping agent for primary teeth pulpotomy: 2 year follow up study. *J Clin Pediatr Dent* 2009 Summer;33(4):311-4.
52. Agamy HA, Bakry NS, Mounir MM, Avery DR. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp-capping agents in pulpotomized primary teeth. *Pediatr Dent* 2004 Jul-Aug;26(4):302-9.
53. Cardoso-Silva C, Barbería E, Maroto M, García-Godoy F. Clinical study of Mineral Trioxide Aggregate in primary molars. Comparison between Grey and White MTA-A long term follow-up (84 months). *J Dent* 2011 Feb;39(2):187-93. Epub 2010 Dec.
54. Maroto M, Barbería E, Vera V, García-Godoy F. Mineral trioxide aggregate as pulp dressing agent in pulpotomy treatment of primary molars: 42-month clinical study. *Am J Dent* 2007 Oct;20(5):283-6.
55. Zealand CM, Briskie DM, Botero TM, Boynton JR, Hu JC. Comparing gray mineral trioxide aggregate and diluted formocresol in pulpotomized human primary molars. *Pediatr Dent* 2010 Sep-Oct;32(5):393-9.
56. Sakai VT, Moretti AB, Oliveira TM, Fornetti AP, Santos CF, Machado MA, Abdo RC. Pulpotomy of human primary molars with MTA and Portland cement: a randomised controlled trial. *Br Dent J* 2009 Aug 8;207(3):E5;discussion 128-9. Epub 2009 Jul 24.
57. Malekafzali B, Shekarchi F, Asgary S. Treatment outcomes of pulpotomy in primary molars using two endodontic biomaterials. A 2-year randomised clinical trial. *Eur J Paediatr Dent* 2011 Sep;12(3):189-93.
58. Shayegan A, Petein M, Abbeele AV. Beta-tricalcium phosphate, white mineral trioxide aggregate, white Portland cement, ferric sulfate, and formocresol used as pulpotomy agents in primary pig teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008 Apr;105(4):536-42.
59. Conti TR, Sakai VT, Fornetti AP, Moretti AB, Oliveira TM, Lourenço Neto N, Machado MA, Abdo RC. Pulpotomies with Portland cement in human primary molars. *J Appl Oral Sci* 2009 Jan-Feb;17(1):66-9.
60. Sabbarini J, Mounir M, Dean J. Histological evaluation of enamel matrix derivative as a pulpotomy agent in primary teeth. *Pediatr Dent* 2007 Nov-Dec;29(6):475-9.
61. Sabbarini J, Mohamed A, Wahba N, El-Meligy O, Dean J. Comparison of enamel matrix derivative versus formocresol as pulpotomy agents in the primary dentition. *J Endod* 2008 Mar;34(3):284-7.
62. Shayegan A, Atash R, Petein M, Abbeele AV. Nanohydroxyapatite used as a pulpotomy and direct pulp capping agent in primary pig teeth. *J Dent Child (Chic)* 2010 May-Aug;77(2):77-83.
63. Toomarian L, Fekrazad R, Sharifi D, Baghaei M, Rahimi H, Eslami B. Histopathological evaluation of pulpotomy with Er,Cr:YSGG laser vs formocresol. *Lasers Med Sci* 2008 Oct;23(4):443-50. Epub 2007 Oct 24.
64. Huth KC, Paschos E, Hajek-Al-Khatat N, Hollweck R, Crispin A, Hicckel R, Folwaczny M. Effectiveness of 4 pulpotomy techniques-randomized controlled trial. *J Dent Res* 2005 Dec;84(12):1144-8.
65. Liu JF. Effects of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary molars. *J Endod* 2006 May;32(5):404-7.
66. Odabaş ME, Bodur H, Bariş E, Demir C. Clinical, radiographic, and histopathologic evaluation of Nd:YAG laser pulpotomy on human primary teeth. *J Endod* 2007 Apr;33(4):415-21.
67. Saltzman B, Sigal M, Clokie C, Rukavina J, Titley K, Kulkarni GV. Assessment of a novel alternative to conventional formocresol-zinc oxide eugenol pulpotomy for the treatment of pulpally involved human primary teeth: diode laser-mineral trioxide aggregate pulpotomy. *Int J Paediatr Dent* 2005 Nov;15(6):437-47.
68. Bahrololoomi Z, Moentaghavi A, Emtiazi M, Hosseini G. Clinical and radiographic comparison of primary molars after formocresol and electrosurgical pulpotomy: a randomized clinical trial. *Indian J Dent Res* 2008 Jul-Sep;19(3):219-23.
69. Chédid JC, Pilipili C. A 24 month evaluation of zinc oxide pulpotomy on primary canines. *Rev Belge Med Dent* (1984) 2008;63(2):69-76.
70. Chien MM, Setzer S, Cleaton-Jones P. How does zinc oxide-eugenol compare to ferric sulphate as a pulpotomy material? *SADJ* 2001 Mar;56(3):130-5.
71. Erdem AP, Guven Y, Balli B, Ilhan B, Sepet E, Ulukapi I, Aktoren O. Success rates of mineral trioxide aggregate, ferric sulfate, and formocresol pulpotomies: a 24-month study. *Pediatr Dent* 2011 Mar-Apr;33(2):165-70.
72. Kahl J, Easton J, Johnson G, Zuk J, Wilson S, Galinkin J. Formocresol blood levels in children receiving dental treatment under general anesthesia. *Pediatr Dent* 2008 Sep-Oct;30(5):393-9.
73. Aminabadi NA, Farahani RM, Gajan EB. A clinical study of formocresol pulpotomy versus root canal therapy of vital primary incisors. *J Clin Pediatr Dent* 2008 Spring;32(3):211-4.
74. Casas MJ, Kenny DJ, Judd PL, Johnston DH. Do we still need formocresol in pediatric dentistry? *J Can Dent Assoc* 2005 Nov;71(10):749-51.
75. Asián-González E, Pereira-Maestre M, Conde-Fernández D, Vilchez I, Segura-Egea JJ, Gutiérrez-Pérez JL. Dentigerous cyst associated with a formocresol pulpotomized deciduous molar. *J Endod* 2007 Apr;33(4):488-92. Epub 2007 Jan 4.
76. de Menezes JV, Takamori ER, Bjellia MF, Granjeiro JM. In vitro toxicity of MTA compared with other primary teeth pulpotomy agents. *J Clin Pediatr Dent* 2009 Spring;33(3):217-21.
77. Doyle TL, Casas MJ, Kenny DJ, Judd PL. Mineral trioxide aggregate produces superior outcomes in vital primary molar pulpotomy. *Pediatr Dent* 2010 Jan-Feb;32(1):41-7.