

Universität Zürich
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Vorsteher: Prof. Dr. med. dent. Ch. Hämmerle

Klinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin
Direktorin a.i.: Dr. med. dent. W. Gnoinski

Arbeit unter Leitung von Dr. med. dent. H. van Waes

**Verlaufsprofile und Erfolgsraten von mit
„Mineral Trioxid Aggregate“ (MTA)
überkappten Pulpotomien an Milchmolaren**

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
Christian Andreas Dietrich
von Gampelen

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. dent. T. Attin
Zürich 2010

Meiner Mutter Ursina, die mich stets
persönlich und beruflich unterstützt hat,
in grosser Dankbarkeit gewidmet.

Christian Dietrich

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	4
1. EINLEITUNG	6
1.1 In vitro MTA-Studien	7
1.2 In vivo MTA-Studien	9
1.3 Klinische MTA-Studien	10
1.4 Ziel der vorliegenden Untersuchung	14
2. MATERIAL und METHODEN	15
3. RESULTATE	19
3.1 Auswertung der Patientendaten	19
3.2 Auswertung der Daten zur initialen Behandlung	19
3.3 Auswertung der Daten über den Zahnverbleib	21
3.4 Beobachtungszeiten	22
3.5 Erfolgs- Misserfolgsraten	25
4. DISKUSSION	28
LITERATURVERZEICHNIS	37
CURRICULUM VITAE	40

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der Studie

Die Bewährung und die Erfolgsrate von Mineral Trioxide Aggregate (MTA) als Überkappungsmaterial bei Pulpotomien an Milchmolaren sollen unter den Bedingungen einer Grossklinik mit einer Vielzahl von beteiligten Zahnärzten untersucht werden.

Material und Methoden

Sämtliche im Jahr 2006 an der Schulzahnklinik Zürich durchgeführten MTA-Pulpotomien wurden 2009 retrospektiv anhand der Einträge und Zahnstaten in der elektronischen Datenbank Vitodent erfasst. Insgesamt konnten 604 Zähne – 323 erste und 281 zweite Milchmolaren – nachkontrolliert werden. Zu jedem Fall wurden die relevanten Daten zum Patienten, zur initialen Behandlung und zum Zahnverbleib per Dezember 2009 notiert und anschliessend ausgewertet. Die Daten wurden mit den Resultaten früherer Studien aus der Literatur verglichen, in denen MTA, Eisensulfat und Formokresol als Überkappungsmaterial verwendet worden war.

Resultate

Die durchschnittliche Beobachtungszeit betrug 2.7 Jahre (32 Monate) mit einem Beobachtungsmaximum von 45 Monaten und einem Minimum von 2½ Monaten. Bei rund 19% der Fälle lag die Dauer dieser Beobachtungszeit unter dem in der Literatur für ähnliche Untersuchungen meist angegebenen 24 Monate-Niveau, bei 81% darüber.

Von den 604 pulpotomierten und mit MTA versorgten Milchmolaren waren zum Zeitpunkt der Erhebung noch 387 (64%) Zähne komplikationsfrei in situ, 145 (24%) Zähne waren in Abstimmung mit Antimeren und/oder Antagonisten exfoliert und 11 (2%) Zähne waren aus kieferorthopädischen Gründen extrahiert worden. 43 (7%) Zähne gingen infolge endodontischer Komplikationen spontan oder durch Extraktionen verloren und 8 (1%) Zähne befanden sich zum Zeitpunkt der Erhebung mit einer endodontischen Komplikation noch in situ. 10 (2%) Zähne mit vorzeitigem Verlust, deren Ursache nicht eindeutig identifiziert werden konnte, wurden nicht in die Erfolgsauswertung miteinbezogen.

Die Erfolgsrate bei den 594 auswertbaren Milchmolaren betrug 91.4%. Aufgeschlüsselt nach Zahntyp und Lokalisation des Zahnes im Gebiss zeigte sich, dass die oberen ersten und zweiten Milchmolaren und der untere erste Milchmolar mit 92% analoge Erfolgsquoten aufwiesen. Einzig der untere zweite Milchmolar wies mit 88% eine etwas verminderte Erfolgsrate auf.

Schlussfolgerung

MTA als Überkappungsmittel nach Pulpotomie an Milchmolaren bewährte sich auch unter den Bedingungen einer Grossklinik mit vielen beteiligten Zahnärzten, die über gänzlich unterschiedliche Erfahrungsniveaus verfügten.

Die Erfolgsquote in der vorgelegten Arbeit liegt nicht wesentlich unter den in der Literatur berichteten Ergebnissen, die allesamt unter streng kontrollierten Bedingungen mit routinierten Kinderzahnärzten erzielt wurden. MTA erscheint damit als empfehlenswerte Alternative zu Formokresol.

Anmerkung

Gesetzlich geschützte Namen wurden in der vorliegenden Arbeit nicht gekennzeichnet. Aus der fehlenden Kennzeichnung kann jeweils nicht auf einen fehlenden Namensschutz geschlossen werden.

Männliche Version beinhaltet beide Geschlechter.

1. EINLEITUNG

Das Ziel einer Pulpotomie ist, Milchzähne asymptomatisch und ohne Einschränkung der Funktion bis zur natürlichen Exfoliation zu erhalten (HOLAN et al. 2005, FUKS 2008). Trotz aller Prophylaxeerfolge sind endodontische Interventionen bei Milchzähnen, im besonderen bei Milchmolaren, nach wie vor ein zentrales Therapiefeld der Kinderzahnmedizin. Die Extension der Pulpahörner und die gegenüber den bleibenden Zähnen dünnere Schmelz-Dentinschicht führen leicht zu einer durch Karies oder Füllungspräparation verursachten Pulpaeröffnung. Eine direkte Überkappung hat sich bei Milchzähnen nicht bewährt. Die Entfernung der Kronenpulpa, als Vitalamputation, koronale Amputation oder Pulpotomie bezeichnet, ist bei reversibler Pulpitis oder Pulpafreilegung das bevorzugte und erfolgreichste Vorgehen (van WAES et al. 2001).

Seit über 70 Jahren wurden freigelegte Wurzelpulpen weltweit hauptsächlich mit Trikresolformalin getränkten Wattepellets desinfiziert und das Gewebe dadurch verschorft. Diese Formokresollösung nach Buckley enthält unter anderem 19%-iges Formaldehyd, welches teilweise eine Nekrose der Wurzelpulpa herbeiführt. Dieses Mittel, das beim „modifizierten Vitalverfahren“ verwendet wird, ist schon seit längerem umstritten. Trotzdem wurde es in den Lehrbüchern weiterhin empfohlen (BEN-ZUR 1994), sogar noch bis vor kurzem (McDONALD et al. 2011). Allerdings wurde schon seit den achtziger Jahren eine fünffache Verdünnung der Ursprungslösung mit destilliertem Wasser zur Verwendung angegeben, um damit die Toxizität zu reduzieren. Selbst dadurch wurden die Erfolge nicht geschmälert (GARCIA-GODOY 1984).

Trotz der vielen Publikationen über die möglichen toxischen, mutagenen und kanzerogenen Eigenschaften und den negativen immunologischen Einflüssen des Formaldehyds und Kresols (LEWIS 2010), ergab eine Umfrage bei spezialisierten amerikanischen Kinderzahnmedizinern im Jahre 2008, dass noch immer die Mehrheit – rund 73% - weiterhin Formokresol bevorzugte, nahezu ein Drittel sogar die unverdünnte Lösung (YOON et al. 2008). Im Jahre 2004 hat die „International Agency for Research on Cancer“ Formaldehyd als eine für Menschen kanzerogene Substanz deklariert. Die „American Association of Endodontists“ und die „American Academy of Pediatric Dentistry“ haben darauf an einem gemeinsamen Symposium festgehalten, dass Formokresol nicht weiter verwendet werden sollte (SEALE & GLICKMAN 2008). In einer umfassenden

Stellungnahme ermahnte LEWIS (2010) die Zahnärzteschaft eindringlich, dieses „archaische“ Medikament endlich aufzugeben und sich Alternativen zuzuwenden.

Die hauptsächlichsten Medikamente für die Pulpotomie an Milchzähnen, die anstelle des Formokresols (**FC***) eingesetzt werden, sind seit längerem Zinkoxyd-Eugenol (**ZOE***) und Kalziumhydroxid (**CH***, Ca(OH)_2), seit neuerem Eisensulfat (**FS***, Ferric Sulfate, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) und Mineral Trioxid Aggregate (**MTA***). Eine intensive materialtechnische, tierexperimentelle und klinische Forschung hat sich in den letzten zehn Jahren mit der Tauglichkeit dieser Alternativmittel befasst, wobei eine zentrale Stellung in dieser Auseinandersetzung das Mineral Trioxid Aggregate einnimmt. Es wurde erstmals 1993 von LEE et al. zur Reparatur lateraler Wurzelperforationen beschrieben und 1998 von der U.S. Food and Drug Administration für endodontische Anwendungen zugelassen.

1.1 In vitro MTA-Studien

Mineral Trioxide Aggregate ist eine Mischung aus Portlandzement, Gips und Wismuthoxid, wobei letzteres zur Steigerung der Röntgenopazität dem Material hinzugefügt wird. (ROBERTS et al. 2008, STEFFEN & van WAES 2009, van WAES & STEFFEN 2009).

Das „MTA-Grundmaterial“ Portlandzement, besteht je nach Zementtyp zu 70-95% aus Kalziumoxid und Siliziumdioxid. Im Laufe der Zementherstellung entstehen daraus Di- und Trikalziumsilikat, Trikalziumaluminat und Tetraalkalium-Aluminoferrit (CAMILLERI & PITT FORD 2006). Wird der Portlandzement mit Wasser angemischt, entsteht aus der Mischung ein kolloidales Gel, welches sich in rund drei Stunden zu einer kristallinen Matrix mit Kalziumhydroxid-Einschlüssen verfestigt (ROBERTS et al. 2008, STEFFEN & van WAES 2009). An Stelle der ursprünglichen grauen Form des MTA wurde wegen deren Verfärbungstendenzen der Zahnkronen im Jahr 2002 eine weiße Variante eingeführt. Der Hauptunterschied ist vor allem der um 90% geringere Anteil an Eisenoxid (FeO) im weissen MTA. ASGARY et al. (2005) vermuten, dass vor allem die Reduktion des FeO im grauen MTA die Verfärbungen auslöst, währenddessen STEFFEN & van WAES (2009) die Anwesenheit des Wismuthoxids, sowohl in der grauen als auch in der weissen MTA-Form, für die Verfärbungen verantwortlich machen.

* die in der englischen Fachliteratur gebräuchliche Abkürzung

Die Bildung von Kalziumhydroxid beim Abbindevorgang von MTA, wird als Hauptgrund für dessen Gewebeverträglichkeit angesehen (CAMILLERI & PITT FORD 2006). Im weiteren findet bei der Aushärtung von MTA eine gewisse Volumenausdehnung statt, was zu einer verstärkten Adaptation mit dem Dentin führt und so die Dichtigkeit des Materials erhöht (SRINIVASAN et al. 2009).

Ein zentrales Thema ist der Grad der Toxizität eines in direktem Kontakt mit vitalem Gewebe stehenden Medikamentes. MENEZES et al. (2009) haben nach ISO-Standards MTA, CH, FS, FC und verdünntes FC daraufhin untersucht. MTA wies in dieser Studie die weitaus niedrigste Toxizität auf, wogegen FS und beide FC extreme zytotoxische Eigenschaften aufzeigten. Alle überprüften Mittel haben die Funktion der Mitochondrien beeinflusst, ganz besonders die beiden getesteten Formen des FC. Letztere waren die einzigen, welche Zellmembranen schwer schädigten. Der Gehalt von toxischen Schwermetallen wird als mögliches Problem bei MTA und Portland Zement genannt. Spuren von Arsen wurden in verschiedenen Zementsorten vermutet, was DeDEUS et al. (2009) zu einer chromatographischen Untersuchung der enthaltenen Schwermetalle veranlasste. In allen Analysen konnte nur Arsen vom Typ-III gefunden werden, wobei das weisse ProRoot-MTA* die niedrigste und das MTA Bio Angelus** die höchste Konzentration aufwiesen. Im grauen ProRoot-MTA, im grauen MTA-Angelus und im Portlandzement Juntalider*** konnten keine Spuren von Arsen festgestellt werden. Die Werte für das white MTA-Angelus und den Portlandzement Irsjazino**** lagen im Mittelfeld. Die Autoren hielten fest, dass in allen untersuchten Zementen geringe und ihrer Meinung nach nicht signifikant toxische Spuren des Typ-III-Arsens und keine des Arsens DMA oder des Typs V zu finden waren.

PARANJPE et al. (2010) haben menschliche Pulpazellen auf grauem MTA kultiviert. Sie stellten fest, dass MTA die Vitalerhaltung dieser Zellen, sowie deren Proliferation positiv beeinflusste. MTA vermag die Expression diverser Transkriptionsfaktoren in Pulpazellen zu stimulieren. Dies initiiert deren Differenzierung zu odontoblasten-ähnlichen Zellen, welche verantwortlich sind für die Bildung von Dentinbrücken. Im weiteren bewirkt MTA eine verstärkte Sekretion von Wachstumsfaktoren wie dem Vascular Endothelial Growth

* Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

** Angelus, Loudrina, PR, Brazil

*** Brasilatex Ltda, Diadema, SP, Brasil

**** Votorantim Cimentos, Rio Branco, SP, Brazil

Factor (VEGF), welcher eine zentrale Rolle bei der Heilung und Regeneration von Geweben spielt. Für die Autoren dieser Studie ist MTA bezüglich der Biokompatibilität dem Kalziumhydroxid (CH), dem Mittel der Wahl bei Pulpaüberkappungen an bleibenden Zähnen, deutlich überlegen.

Eine ausführliche Besprechung von früheren *in vitro* Studien findet sich in der Dissertation von MÜLLER (2006).

1.2 In vivo MTA-Studien

Die Gewebereaktion auf MTA wurde in Tierversuchen an Ratten, Meerschweinchen, Hunden und Affen überprüft. Die Ergebnisse wurden in ausführlichen Übersichtsarbeiten von CAMILLERI & PITT FORD (2006), ROBERTS et al. (2008), SRINIVASAN et al. (2009) und STEFFEN & van WAES (2009) besprochen. Aus den, je nach Autor, rund 50 bis 100 bearbeiteten Publikationen, ergaben sich die im folgenden dargelegten Erkenntnisse.

Implantationen von MTA in subkutanes Gewebe und Knochen, löste minimale Entzündungsreaktionen aus und zeigte die Kapazität des Materials Osteogenese zu stimulieren. Wesentlich war auch die Feststellung, dass keine mutagenen und zytotoxischen Auswirkungen auftraten. In der neusten Studie von SHAHI et al. (2010), wurden bei 60 Ratten Polyäthlenröhrchen mit grauem und weissem MTA bzw. Portland Zement (PC) in das Rückengewebe implantiert, um die Zellreaktion zu studieren. Dichte zelluläre Entzündungsreaktionen wurden bis 15 Tage später bei allen Implantaten, auch bei den Kontrollen ohne Zugabe eines Mittels, registriert. Die Entzündungen klangen zusehends ab und nach 90 Tagen wurde bei der Kontrolle sowie der grauen und weissen MTA-Gruppe Grad 0 erreicht. Bei der grauen und weissen PC-Gruppe wurde mehrheitlich auch Grad 0 ausgewiesen, doch sporadisch waren noch einige Entzündungszellen anzutreffen.

Histologische Untersuchungen nach Pulpotomien an Tieren mit MTA-Überkappung, zeigten mehrheitlich positive Ergebnisse. Wenige Entzündungszellen wurden gefunden und meist schon nach wenigen Wochen eine Matrix aus Osteodentin. Fast immer konnte nach einigen Monaten eine dicke Dentinbrücke und gesundes Pulpagewebe festgestellt werden. Diese Reaktion konnte im Wesentlichen bei der Anwendung von grauem und weissem MTA,

sowie von grauem und weissem Portlandzement beobachtet werden. Bei Kalziumhydroxid (CH) als Überkappungsmaterial hingegen, traten gravierende Entzündungen im Pulpagewebe auf und nur in einem Drittel der Fälle konnte die Bildung einer Dentinbrücke beobachtet werden. In der Vergleichsstudie an 50 Schweinemilchzähnen mit Beta-Trikalziumphosphat (TCP*), weissem MTA (WMTA), weissem Portlandzement (WPC), FS und FC als Überkappungsmaterial, konnten SHAYEGAN et al. (2008) keinen signifikanten Unterschied zwischen TPC, WMTA und WPC feststellen. Alle drei Mittel zeigten eine günstige initiale Pulpareaktion, Bildung von Hartgewebebrücken und Erhaltung gesunden Pulpagewebes. Demgegenüber löste FS und FC akute bis chronische Entzündungen, Nekrosen und zum Teil interne Resorptionen aus.

Als Schlussfolgerung aus den Tierversuchen kann festgehalten werden, dass graues und weisses MTA sowie Portlandzement gewebefreundliche Materialien sind, die sich unter anderem als Überkappungsmaterialien für Pulpotomien eignen. Es wird ihnen nicht nur biokompatible, sondern sogar bioinduktive Wirkung attestiert (SRINIVASAN et al. 2009, STEFFEN & van WAES 2009).

1.3 Klinische MTA-Studien

Schwergezwichtig haben seit dem Jahre 2000 verschiedene Zentren die klinische Eignung des MTA in der Milchzahnendodontie evaluiert. In den vergleichenden Studien diente meist Formokresol (FC) mit der nachgewiesenen hohen Erfolgsrate von zwischen 90 und 100% als Referenz. Auch die Mittel Kalziumhydroxid (CH) und Eisensulfat (FS) wurden in die Gegenüberstellungen miteinbezogen, nicht aber Zinkoxid-Eugenol. Bei letzterem wurden gehäuft Komplikationen in Form chronischer Pulpaentzündungen festgestellt, obwohl in vielen Fällen eine Dentinbrücke gebildet worden war (FUKS & PAPAGIANNOULIS 2006, van WAES & STEFFEN 2009). Kalziumhydroxid (CH) zeigte sich im direkten Vergleich mit FC als unterlegen; HUTH et al. (2005) verzeichnete klinischen Erfolg bei 96% in der FC-Gruppe und lediglich bei 87% in der CH-Gruppe, MARCOVIC et al. (2005) bei 91% respektive 82%. Radiologisch wurde vom ersten Autor bei 90% ein komplikationsloser Befund in der FC-Gruppe und bei 66% in der CH-Gruppe erhoben, vom zweiten Autor bei 85% respektive 76%.

* Trikalziumphosphat ist ein Mittel, das hauptsächlich im „bone grafting“ Verfahren angewendet wird.

Eine klare Trennlinie zwischen radiologischem Erfolg und Misserfolg festzulegen, ist problematisch. Die diesbezüglichen Beurteilungskriterien sind uneinheitlich, so dass Vergleiche zwischen den verschiedenen Studien nur mit Vorbehalt gemacht werden können (SRINIVASAN et al. 2009). Alle Autoren stimmen darin überein, dass die Abwesenheit furkaler und apikaler Aufhellungen, sowie Anzeichen, aber auch Fehlen einer Dentinbrücke den Erfolgen zuzuordnen sind. Die Obliteration der Wurzelkanäle wird von den meisten Autoren als positive Vitalreaktion gewertet. Interne Resorptionen hingegen werden von vielen Autoren als Misserfolg eingestuft (MORETTI et al. 2008), einige halten aber dagegen, dass diese meist spontan zum Stillstand kommen und danach reparative Prozesse einsetzen (MAROTO et al. 2005).

Eisensulfat (FS) in Kontakt mit Blut führt zur Gerinnung und zur Bildung von Blut-Eisensulfat-Komplexen (CASAS et al. 2004 , van WAES & STEFFEN 2009). Nach Abspülen soll nur noch eine dünne Schicht zwischen den gebildeten Komplexen und der Pulpa zurückgelassen werden. Im Vergleich zu FC konnte mit FS in vielen Studien eine ebenbürtige, in anderen eine leicht geringere Erfolgsquote verzeichnet werden (HUTH et al. 2005, MARCOVIC et al. 2005). Radiologisch lagen die Ergebnisse ebenfalls nahe beieinander.

In den neusten Studien, die die Wirksamkeit von Mineral Trioxide Aggregate (MTA) als Überkappungsmaterial bei pulpotomierten Milchmolaren untersuchten, wurde in vier Arbeiten noch immer FC zum Vergleich der Erfolgskapazität herangezogen, in der allerneusten war aber FS das Bezugsmedikament. MORETTI et al. (2008) haben in ihrer Untersuchung der sogenannten FC-Kontrollgruppe nebst der experimentellen MTA- noch eine CH-Gruppe zugeschaltet. Jeder der drei Gruppen wurden 15 untere Milchmolaren von 5 – 9 jährigen Probanden zugeteilt. In der FC- und MTA - Gruppe konnte nach 24 Monaten 100% Erfolg verzeichnet werden, wogegen bei der CH - Gruppe nicht einmal die Hälfte der behandelten Zähne die Spätkontrolle erreichte. Besonderes Augenmerk galt den radiologischen Befunden. Weder bei den FC- noch bei den MTA- Fällen trat bis zum 24. Monat ein Misserfolg ein. Bei einem Drittel der mit MTA behandelten Zähne wurde eine Dentinbrücke beobachtet. Bei der CH- Gruppe wiesen bereits nach einem halben Jahr nahezu die Hälfte der Fälle interne Resorptionen, interradikuläre Knochenauflösung oder furkale Aufhellungen auf.

Eine ähnliche Studie wurde von NOOROLLAHIAN (2008) vorgelegt, wobei aber im Gegensatz zu MORETTI et al. (2008) nicht graues, sondern weisses MTA verwendet wurde. 24 Monate nach den Pulpotomien konnten in der FC- und weissen MTA-Gruppe jeweils 18 untere zweite Milchmolaren klinisch und radiologisch nachuntersucht werden. In beiden Gruppen lag die klinische Erfolgsrate bei 100%. Radiologisch jedoch konnte bei einem Molaren der MTA-Gruppe eine furkale Komplikation festgestellt werden.

Hinsichtlich der Erfolgsreputation von MTA nimmt die Untersuchung von SONMEZ et al. (2008) eine Ausnahmestellung ein. Achtzig Milchmolaren wurden auf die Behandlungskategorien FC, FS, CH und MTA verteilt und bis zu 2 Jahren nachkontrolliert. Die Erfolgsrate war für FC 77%, für FS 73%, wogegen MTA erst an dritter Stelle mit 67% folgte und nur von CH mit 46% deutlich unterboten wurde. Die Autoren verwendeten keine Kofferdamisolation, sondern ausschliesslich Watterollen zur Trockenlegung. Ob dies der einzige Grund war, dass ihre Resultate bei den FC-, FS- und MTA- Verfahren so auffallend von jenen aller anderen Untersuchungen abwichen, kann aus dem Bericht nicht ermittelt werden.

Eine im gleichen Jahr publizierte Metaanalyse kam zu grundlegend anderen Schlussfolgerungen (NG & MESSER 2008). Aus Publikationen zwischen 1968 bis 2005 konnten 1'059 mit FC, gegenüber 201 mit MTA behandelten Milchmolaren, aus Publikationen zwischen 1999 und 2005 stammend, in einem indirekten Erhebungsverfahren ausgewertet werden. Klinisch lag die Erfolgsrate für die FC-Zähne bei 93% und diejenige für die MTA-Zähne bei 98%. Radiologisch zeigten sich Erfolgsraten von 88% bei FC und 98% bei MTA. Statistisch konnte festgehalten werden, dass MTA sowohl klinisch als auch radiologisch signifikant erfolgreicher abschnitt als FC. Diese Feststellung traf auch dann zu, wenn die beiden Medikamente nur aufgrund der neueren Publikationen zwischen 2001 und 2005, im direkten Erhebungsverfahren miteinander verglichen wurden. In einer analogen Meta-Analyse-Auswertung war der klinische Erfolg zwischen MTA und FS nicht signifikant unterschiedlich, wohl aber radiologisch zu Gunsten von MTA.

Bei SUBRAMANIAM et al. (2009) wurden bei 19 Kindern von jeweils zwei, in einem Fall vier, der eine / die einen nach Zufall entweder mit FC, der andere / die anderen mit MTA behandelt. Klinisch war nach 2 Jahren Beobachtungszeit bei beiden Vorgehen 100% Erfolg zu verzeichnen. Von den insgesamt 40 Zähnen wurden radiologisch bei 3 der FC- und bei 1

der MTA- Gruppe furkale Aufhellungen festgestellt, wobei es sich immer um erste Molaren handelte. Auffällig war die häufige Wurzelkanal-Obliteration bei MTA- Zähnen, welche bei einem Viertel der Zähne zu beobachten betroffen war.

DOYLE et al. (2010) verglichen vier Vorgehensweisen nach Pulpotomie an 270 Milchmolaren: MTA, FS, FS kombiniert mit Cimpat S* und FS kombiniert mit MTA. Die mittlere Überwachungsdauer betrug 24 Monate. Die Überlebensrate betrug bei MTA 100%, bei FS/MTA 90%, bei FS 78% und bei FS/Cimpat S 74%. Wurzelkanalobliterationen waren bei MTA und FS/MTA deutlich häufiger als bei den anderen Gruppen. Hingegen waren radiologische Aufhellungen und interne Resorptionen in den Kategorien FS und besonders FS/Cimpat S massiv stärker vertreten. Die Autoren betonen nachdrücklich die Überlegenheit des MTA-Verfahrens bei Pulpotomien an Milchmolaren, sowohl nach klinischen wie auch röntgenologischen Kriterien.

Schon vor diesen neusten Publikationen war an der Klinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnmedizin der Universität Zürich FC durch MTA ersetzt worden. In ihrer Dissertation konnte MÜLLER (2006) 149 Milchzähne nachkontrollieren, die zwischen 2002 und 2005 vorerst mit grauem, später mit weissem MTA versorgt worden waren. Die 81 mehrheitlich sehr jungen Patienten mit einem Durchschnittsalter von rund 4 Jahren waren alle in Narkose behandelt worden. Die klinischen Nachkontrollen erfolgten durchschnittlich nach 18 Monaten und zeigten Erfolge bei nahezu 95%. Radiologisch konnten 81 Zähne nachkontrolliert werden, wovon 11 Misserfolge mit interradiikulärer oder periradiikulärer Osteolyse zu verzeichnen waren. Bei zwei Fällen waren allerdings technische Fehler – Lufteinschluss unter dem Überkappungsmaterial, Perforation des Pulpabodens – die Ursache. Der Autorin war aufgefallen, dass die Misserfolge gehäuft aus dem ersten Jahr der evaluierten Behandlungsperiode stammten, als zur Blutstillung – vor der Überkappung mit MTA - noch Eisensulfat verwendet wurde. Sie argumentiert, dass durch diese „forcierte Blutstillung“ der wahre Zustand der Pulpa häufig verschleiert wird und daher die Indikation für ein übliches Pulpotomieverfahren nicht gegeben war. Eine revidierte Auswertung, bei der diese Fälle ausgeschlossen wurden, ergab bei einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von knapp über einem Jahr bei 108 nachuntersuchten Pulpotomien

* Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, Cedex, France

klinisch eine 100%- und bei den 53 radiologisch dokumentierten Zähnen eine 96%-Erfolgsquote.

Die dieser Dissertation und den anderen besprochenen Publikationen vorausgegangenen Untersuchungen zu MTA sind in Anlehnung zu FUKS (2008) in Tabelle 1 zusammengefasst. Nur Arbeiten mit einer Beobachtungszeit von mindestens 12 Monaten wurden berücksichtigt.

Tabelle 1 : Erfolgsvergleich zwischen Formokresol (FC) und Mineral Trioxide Aggregate (MTA)

Publikation	N Milchmolaren		Intervall (Mt.)	Erfolg klinisch (%)		Erfolg radiolog. (%)	
	<u>FC</u>	<u>MTA</u>		<u>FC</u>	<u>MTA</u>	<u>FC</u>	<u>MTA</u>
Agami * (2004)**	20	19	12	90	100	90	100
Jarrabifar * (2004)	32	32	12	91	94	91	94
Farsi * (2005)	36	38	24	97	100	86	100
Holan * (2005)	29	33	>38	83	97	83	97

* et al.

** sowohl „gray“ wie „white“ MTA

Mit einer Ausnahme (SONMEZ et al. 2008) schnitt in allen zitierten Arbeiten MTA klinisch und radiologisch besser ab als FC, in einigen sogar sehr deutlich. FS konnte meistens eine mit FC vergleichbare Erfolgsquote aufweisen, hingegen war CH allen drei genannten Medikamenten bei der Pulpotomiebehandlung massiv unterlegen.

1.4 Ziel der vorliegenden Untersuchung

Es sollen die Eignung und die Erfolgsaussichten von Mineral Trioxide Aggregate (MTA) als Überkappungsmaterial nach Pulpotomie an Milchmolaren im Rahmen einer Grossklinik, retrospektiv überprüft werden. Angestrebt wurden eine umfangreiche Fallzahl und eine möglichst lange Beobachtungszeit.

2. MATERIAL und METHODEN

Die Identifizierung des Untersuchungsgutes erfolgte retrospektiv mit Hilfe der an der Schulzahnklinik Zürich (SZK) eingesetzten elektronischen Datenbank Vitodent. Die Datenbank führt für jeden Patienten die Krankengeschichte und den Zahnstatus mit den jeweiligen Einzelbefunden, sie archiviert Röntgenbilder und Fotografien. Alle Schulzahnkliniken sind über dieses System miteinander vernetzt, sodass bei einer elektronischen Abfrage der gesamte Patientenstamm der SZK unkompliziert zur Verfügung steht.

Die Schulzahnklinik Zürich ist eine öffentlich - rechtliche, zahnärztliche Institution, die 6 Einzelkliniken, verteilt über das Stadtgebiet, unterhält. Die Einzelkliniken variieren in ihrer Grösse und in der Anzahl ihrer Anstellungsverhältnisse. Insgesamt verfügt die SZK über 23 zahnärztliche Vollzeitstellen, die, bedingt durch viele Teilzeitverhältnisse, von ca. 30 Zahnärzten belegt werden. Die Institution untersteht einer administrativen und fachlichen Gesamtleitung, die in den Einzelkliniken durch Klinikleiter vertreten ist. Klinikleiter sind erfahrene Zahnärzte auf dem Gebiet der Kinderzahnmedizin und stehen nicht selten schon Jahrzehnte im Dienste der SZK. An ihrer Seite arbeiten in der Regel jüngere Zahnärzte mit mittlerer oder noch wenig Erfahrung. Dieser Mix aus routinierten Zahnärzten bis hin zu weniger erfahrenen Staatsexamensabsolventen ist charakteristisch für die Schulzahnklinik.

Für diese Arbeit wurden in einem ersten Schritt sämtliche an der SZK im Jahre 2006 getätigten Pulpotomien in der elektronischen Datenbank Vitodent eruiert. Die Erhebung fand im Monat Dezember des Jahres 2009 statt. Insgesamt wurden in den 6 Schulzahnkliniken während des Jahres 2006 907 Zähne pulpotomiert. Für jeden Zahn bzw. Fall wurden sämtliche relevanten Daten zum Patienten, zur initialen Behandlung und zum weitem Verbleib des Zahnes per Dezember 2009 notiert und in einer Excel-Tabelle aufgelistet (Tabelle2).

Tabelle 2 : Erhobene Daten

Daten zum Patienten	<ul style="list-style-type: none"> • Zahntyp der pulpotomiert wurde • Patientenalter bei Behandlung
Daten zur Pulpotomie	<ul style="list-style-type: none"> • Behandler • Behandlungsdatum • Behandlung unter Lachgas oder in Vollnarkose • Agenzien zur Desinfektion und Blutstillung • Medikamentöse Einlage • Koronaler Aufbau • Art und Datum des zugrundeliegenden Röntgenbildes
Daten zum Zahnverbleib	<ul style="list-style-type: none"> • Situation per Dezember 2009: Zahn in situ / Zahn exfoliert / Zahn extrahiert • Datum des letzten Zahnbefundes, in welchem der Zahn in situ war • Zustand von Zahn und Weichgeweben zum Zeitpunkt des letzten Zahnbefundes • Getätigte Therapien und Röntgenbilder in der Zeitspanne zwischen Therapie und letztem Zahnbefund

Mit Hilfe der erhobenen Daten konnten 651 Pulpotomien ausgemacht werden, bei welchen die Amputationsstelle mit weissem Mineral Trioxid Aggregate (MTA)* überkappt worden war. In den übrigen Fällen wurde ein anderes Überkappungsmaterial eingesetzt: 142 mal kam N2 nach Sargenti (ein Zink-Eugenol-Zement mit Paraformaldehyd) zum Einsatz, 97 mal Vitapex (eine Kalziumhydroxid-Jodoformpaste), 4 mal Chlumsky (ein Phenol-Kampfer-Ethanol-Gemisch) und 2 mal IRM (ein Zink-Eugenol-Präparat mit Polymethyl-Methacrylat). In 11 Fällen lag kein Eintrag in der Krankengeschichte über das verwendete Überkappungsmaterial vor.

Die 651 MTA-Fälle beinhalteten auch 8 bleibende Zähne und 5 Milcheckzähne. Diese wurden ausgeschlossen, da die Studie nur Milchmolaren berücksichtigt. In 34 Fällen waren die Krankengeschichteinträge zu den Nachkontrollen unzureichend oder gar

* Pro Root MTA, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, Oklahoma, U.S.A.

widersprüchlich. Diese Fälle wurden ebenfalls ausgeschlossen, da sie keine zuverlässige Auswertung ermöglichten. Das Untersuchungsgut der vorliegenden Studie umfasst somit **604 mit MTA überkappte Milchmolaren**.

In einer ersten Auswertung wurden die Daten zur initialen Behandlung und jene zum Zahnverbleib, beziehungsweise Zahnverlust und dessen Ursachen registriert (vgl. Tab. 2). Aufgrund der unterschiedlichen Befunde konnte das Untersuchungsgut in **7 Kategorien** unterteilt werden:

Kategorie 1 : Zahn in situ, komplikationsfrei

Kategorie 2 : Zahn in situ, mit endodontischer Komplikation (Zahn bedarf einer endodont. Nachbehandlung oder der Extraktion)

Kategorie 3 : Zahn exfoliert, natürlich (in Abstimmung mit Antimeren und Antagonisten)

Kategorie 4 : Zahn exfoliert infolge dokumentierter endodontischer Komplikation

Kategorie 5 : Zahn exfoliert, vorzeitig (Ursache unbekannt)

Kategorie 6 : Zahn extrahiert aus kieferorthopädischen Gründen (z.B. bei Durchbruchsabweichung des Nachfolgers bei persistierendem Milchmolar)

Kategorie 7 : Zahn extrahiert wegen endodontischer Komplikation

Unter endodontischen Komplikationen werden in dieser Studie dokumentierte, klinische Befunde wie Zahnabszess, Fistelung, Perkussions- und Palpationsdolenz und röntgenologische Befunde wie interradikuläre oder apikale Aufhellungen und pathologische Wurzelresorptionen gezählt. Davon abzugrenzen sind koronale Komplikationen wie Sekundärkaries, Füllungsinsuffizienz und Zahnfraktur. Diese Vorkommnisse wurden zwar registriert, aber nicht im Sinne einer „Komplikation“ gewertet.

Für die Berechnung der Verweildauer der pulpotomierten Zähne ist das Anfangsdatum, der Tag des Eingriffs, eindeutig. Die Bestimmung des Enddatums wurde nach folgenden Kriterien festgelegt: Für Zähne, die sich per Dezember 2009 noch in situ befanden (Kategorie 1, 2), war der letzte von einem Zahnarzt erhobene Zahnbefund ausschlaggebend. Für Zähne, die während der Beobachtungsperiode extrahiert worden waren (Kategorie 6, 7), wurde der Zeitpunkt der Extraktion für die Intervallberechnung herangezogen. Komplexer gestaltete sich die Situation bei all jenen Zähnen, die zwischen zwei Kontrollsitzen exfoliert waren (Kategorie 3, 4, 5) und deren genaues

Exfoliationsdatum folglich nicht bekannt ist. Herangezogen wurde in diesen Fällen das Datum des letzten Zahnbefundes in welchem der betreffende Zahn noch vorhanden war.

Dementsprechend wurden die 7 Kategorien für die Erhebung der **Beobachtungsintervalle** wie folgt zusammengefaßt:

Kategorie 1 und 2 : Die Zähne beider Kategorien befinden sich noch in situ und können hinsichtlich Beobachtungszeit gemeinsam betrachtet werden.

Kategorie 3 und 6 : Die kieferorthopädisch motivierten Extraktionen der Kategorie 6 erfolgten zeitlich sehr nahe zur voraussichtlichen natürlichen Exfoliation der betreffenden Zähne. Eine gemeinsame Betrachtung mit den natürlich exfolierten Zähnen der Kategorie 3 ist vertretbar.

Kategorie 4 und 7 : In beiden Kategorien führte das Vorhandensein einer endodontischen Komplikation zum Zahnverlust, sei es durch Exfoliation oder Extraktion.

Kategorie 5 : Die Intervallberechnung erfolgte wie bei den natürlich exfolierten Zähnen aufgrund des letzten Eintrages.

Für die anschließende **Erfolgs- Misserfolgsauswertung** wurden die 7 Kategorien in zwei Gruppen eingeteilt:

Kategorie 1 , 3 , 6 : Pulpotomierte Zähne, die während der Beobachtungsperiode keine endodontischen Komplikationen verursachten, d.h. sich als endodontisch asymptomatisch präsentierten, stellen die **Erfolgsgruppe** dar.

Kategorie 2 , 4 , 7 : Pulpotomierte Zähne mit dokumentierter endodontischer Komplikation, stellen die **Misserfolgsgruppe** dar.

Die zehn Zähne der Kategorie 5 wurden nicht in die Erfolgs- Misserfolgsauwertung miteinbezogen, da die Ursache ihres vorzeitigen Verlustes nicht bekannt und nicht rekonstruierbar ist.

3. RESULTATE

3.1 Auswertung der Patientendaten

Insgesamt kamen 604 mit MTA überkappte Milchmolaren zur Auswertung. Diese 604 Einzelbehandlungen wurden an 420 Patienten vorgenommen. An 377 Patienten wurden eine oder zwei Pulpotomien durchgeführt, während bei 43 Patienten drei oder mehr Interventionen nötig waren. Den grössten Behandlungsbedarf hatten jeweils ein Patient mit 6 und einer mit 7 Pulpotomien (Tabelle 3).

Die Verteilung der pulpotomierten Zähne im Patientengebiss ist ebenfalls aus Tabelle 3 ersichtlich. Die ersten Milchmolaren waren mit rund 40 Einheiten stärker vertreten als die zweiten, wobei die Anzahl der Pulpotomien im Ober- und Unterkiefer nahe beieinander lag. Bei den zweiten Milchmolaren hingegen waren deutlich weniger Eingriffe im Oberkiefer zu verzeichnen.

Das Patientenalter zum Therapiezeitpunkt erstreckt sich vom 3. bis zum 12. Lebensjahr, wobei der jüngste Patient 3 Jahre und 3 Monate alt war und der älteste 12 Jahre und 6 Monate. Tabelle 4 zeigt die Anzahl getätigter Pulpotomien für jedes Patientenalter, aufgeschlüsselt nach Zahntyp und Lokalisation der Milchmolaren. Das durchschnittliche Patientenalter zum Behandlungszeitpunkt lag bei 6 Jahren und 8 Monaten.

3.2 Auswertung der Daten zur initialen Behandlung

Die 604 Pulpotomien fanden verteilt über das Jahr 2006 statt. Aufgeschlüsselt nach Quartalen zeigt sich, dass im ersten Quartal markant weniger pulpotomiert wurde als in den übrigen Quartalen. Bei 368 Behandlungen wurde die Schmerzkontrolle konventionell mit einer Lokalanästhesie durchgeführt. In 236 Fällen musste zusätzlich eine Lachgasanalgesie eingesetzt werden und bei 20 drei- bis vierjährigen Patienten fand die Behandlung in Vollnarkose statt. Die Vollnarkosebehandlung wird nur von einer der sechs Schulzahnkliniken angeboten und erfolgt ausschliesslich bei Patienten der ASA-Klassen I und II*. Alle Pulpotomien wurden unter Kofferdamisolation durchgeführt.

* ASA (American Society of Anesthesiologists) - Klassifikation zur Bestimmung des Narkoserisikos (Gruppen I - V)

Tabelle 3:

Anzahl Patienten und der mit MTA behandelten Milchmolaren, deren Häufigkeit hinsichtlich Lokalisation und Frequenz pro Patient

420 Patienten	N MTA Milchmolaren pro Patient	%
301	1	71.7
76	2	18.0
29	3	6.9
9	4	2.2
3	5	0.7
1	6	0.2
1	7	0.2
604 MTA Milchmolaren	N MTA Milchmolaren pro Zahntyp	%
1. Milchmolar Oberkiefer	164	27.2
1. Milchmolar Unterkiefer	159	26.3
<i>Total 1. Milchmolaren</i>	<i>323</i>	<i>53.5</i>
2. Milchmolar Oberkiefer	128	21.2
2. Milchmolar Unterkiefer	153	25.3
<i>Total 2. Milchmolaren</i>	<i>281</i>	<i>46.5</i>

Tabelle 4:

Anzahl mit MTA überkappter Milchmolaren in den verschiedenen Altersgruppen

Alter	3	4	5	6	7	8	9	10+
1. Milchmolar Oberkiefer	0	2	24	60	50	17	9	2
1. Milchmolar Unterkiefer	3	15	37	44	31	22	7	0
<i>Total 1. Milchmolaren</i>	<i>3</i>	<i>17</i>	<i>61</i>	<i>104</i>	<i>81</i>	<i>39</i>	<i>16</i>	<i>2</i>
2. Milchmolar Oberkiefer	2	10	25	36	27	13	12	3
2. Milchmolar Unterkiefer	3	23	32	47	21	14	8	5
<i>Total 2. Milchmolaren</i>	<i>5</i>	<i>33</i>	<i>57</i>	<i>83</i>	<i>48</i>	<i>27</i>	<i>20</i>	<i>8</i>
Total	8	50	118	187	129	66	36	10
%	1.3	8.3	19.5	31.0	21.3	11.0	6.0	1.6

Die Amputation der Kronenpulpa erfolgte mittels eines Diamant- oder Rosenbohrers unter Wasserkühlung (Kühlwasser aus Behandlungseinheit).

Die Auswertung der Daten zu Desinfektion und Blutstillung der Amputationswunde zeigt ein heterogenes Bild. 2006 existierte, nicht nur bezüglich des eingesetzten Überkappungsmaterials, sondern auch bezüglich Blutstillung und Desinfektion noch kein einheitliches Konzept an der SZK. In 38% der Fälle erfolgte eine Hämostase mittels Viscostat (ein Eisensulfat-Präparat). Bei 25% der Pulpotomien wurde Natriumhypochlorit verwendet, bei 6% Wasserstoffperoxid, bei 3% sterile Kochsalzlösung und bei 2% Adrenalin. In den restlichen 26% der Fälle enthielt der Krankengeschichteintrag keinen Vermerk über den Gebrauch von desinfizierenden und hämostatischen Materialien. Es ist wahrscheinlich, dass in diesen Fällen die Blutstillung mechanisch mittels Wattepellets erfolgte.

Zur Füllung der Kavitäten wurde 488 mal Tetric Evo Ceram (ein Komposit), 61 mal Dyract (ein Kompomer) und 17 mal Ketac-Fil (ein Glasionomerzement) verwendet. Eine Stahlkrone (SSC) wurde 63 mal angepasst, wobei 38 Kronen der Erstversorgung dienten und 25 Kronen erst sekundär zum Ersatz provisorischer oder insuffizienter Füllungen eingegliedert wurden.

3.3 Auswertung der Daten über den Zahnverbleib

Per Dezember 2009 waren von den 604 mit MTA überkappten Milchmolaren noch 395 (65.4%) in situ, 161 (26.7%) waren bereits exfoliert und 48 (7.9%) wurden an der SZK extrahiert. Die relevanten Nachkontrollen für sämtliche Zähne erstreckten sich vom 3. Quartal 2006 bis zum 4. Quartal 2009. Die beiden letzten Quartale des Jahres 2009 weisen mit jeweils über 170 die mit Abstand meisten Nachkontrollen auf.

Der zum Zeitpunkt der Nachkontrolle vorgefundene endodontische Zustand der Zähne war in 553 Fällen gut. Bei diesen war weder in der Krankengeschichte noch auf dem Röntgenbild (sofern ein aktuelles vorhanden war) eine endodontische Komplikation aufgeführt oder sichtbar. Die restlichen 51 Fälle wiesen eine Komplikation auf. 46 Mal wurde ein Zahnabszess mit oder ohne Fistelung diagnostiziert und in der Krankengeschichte erwähnt. In dieser Zahl enthalten sind auch jene Zähne, die zum

Zeitpunkt der Nachkontrolle zwar asymptomatisch waren, aber zu einem früheren Zeitpunkt einen Abszess aufgewiesen hatten, was zu einer Revision der Pulpotomie führte. Bei 3 Zähnen waren pathologische Wurzelresorptionen und bei 2 Zähnen grosse interradikuläre Osteolysen in der Krankengeschichte vermerkt und röntgenologisch dokumentiert worden.

3.4 Beobachtungszeiten

Für alle 604 untersuchten Zähne ergab sich eine mittlere Beobachtungszeit von 2.7 Jahren (Abbildung 1). Das kürzeste Beobachtungsintervall lag bei 0.2 Jahren, das längste bei 3.8 Jahren. Der 2. Milchmolar weist mit 2.8 Jahren eine leicht längere durchschnittliche Beobachtungszeit auf als der 1. Milchmolar mit 2.6 Jahren.

Kategorie 1 und Kategorie 2

Die 387 (64%) sich komplikationsfrei in situ befindlichen Zähne (Kategorie 1) und die 8 (1%) sich in situ befindlichen Zähne mit endodontischer Komplikation (Kategorie 2), ergaben ein durchschnittliches Beobachtungsintervall von 3.1 Jahren (Abbildung 2). Das kürzeste Intervall lag bei 1.4 Jahren, das längste bei 3.8 Jahren. Erster und zweiter Milchmolar wiesen eine identische durchschnittliche Beobachtungszeit auf.

Kategorie 3 und Kategorie 6

In 145 (24%) Fällen wurde die Exfoliation des pulpotomierten Zahnes als natürlich, dem dentalen Alter entsprechend, eingestuft (Kategorie 3). Voraussetzung hierfür war, dass mindestens ein, nicht endodontisch behandelter, Antimer oder Antagonist in der selben Periode exfoliert hatte. Die durchschnittliche Zeitspanne zwischen Zahnbefund A (letzter Zahnbefund, in welchem der Zahn noch registriert wurde) und Zahnbefund B (erster Zahnbefund, in welchem der Milchzahn nicht mehr vorhanden war und sich der Nachfolger im Durchbruch befand) betrug 0.58 Jahre. Für die Intervallberechnung zwischen Pulpotomie und natürlicher Exfoliation wurde der Zahnbefund A herangezogen. Die durchschnittliche Beobachtungszeit bei den Zähnen der Kategorie 3 und 6 lag bei 1.9 Jahren, wobei sich erster und zweiter Milchmolar praktisch nicht unterschieden (Abbildung 3). Das kürzeste Beobachtungsintervall betrug 0.2 Jahre, das längste 3.5 Jahre.

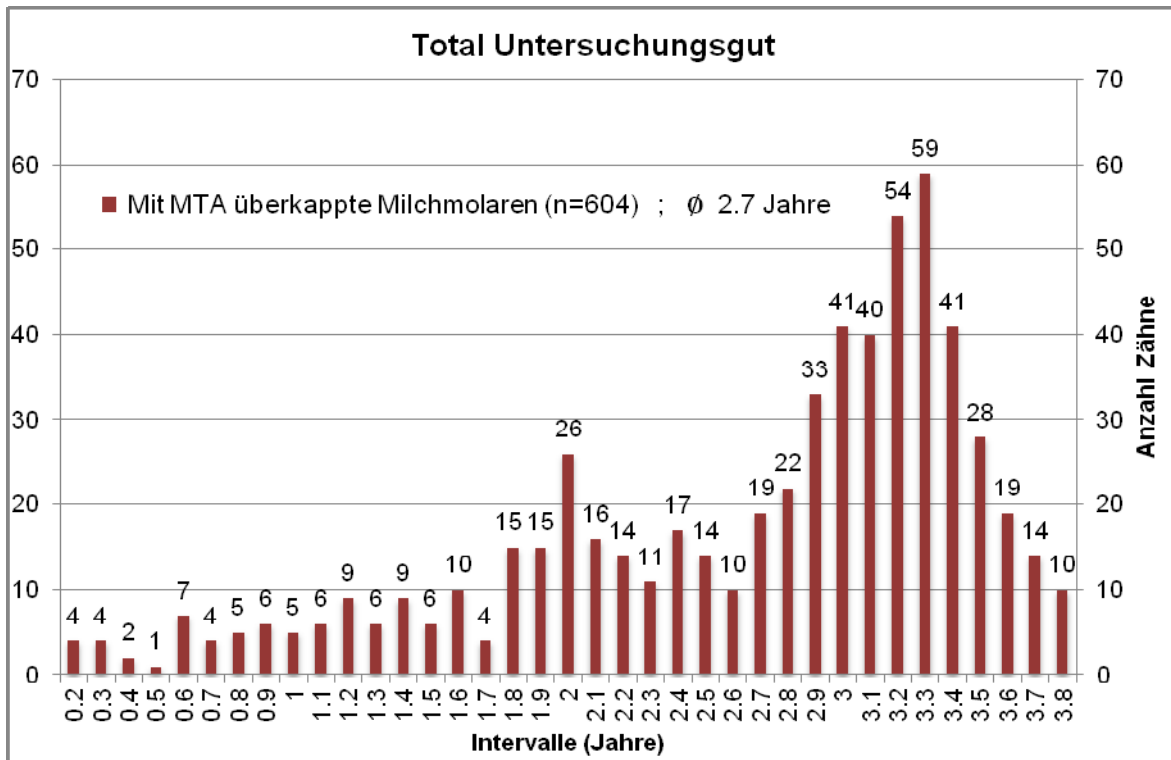


Abbildung 1 : Intervalle zwischen Pulpotomie und letztem Zahnbefund mit Zahn in situ für das gesamte Untersuchungsgut , sowie das Durchschnittsintervall (\emptyset)

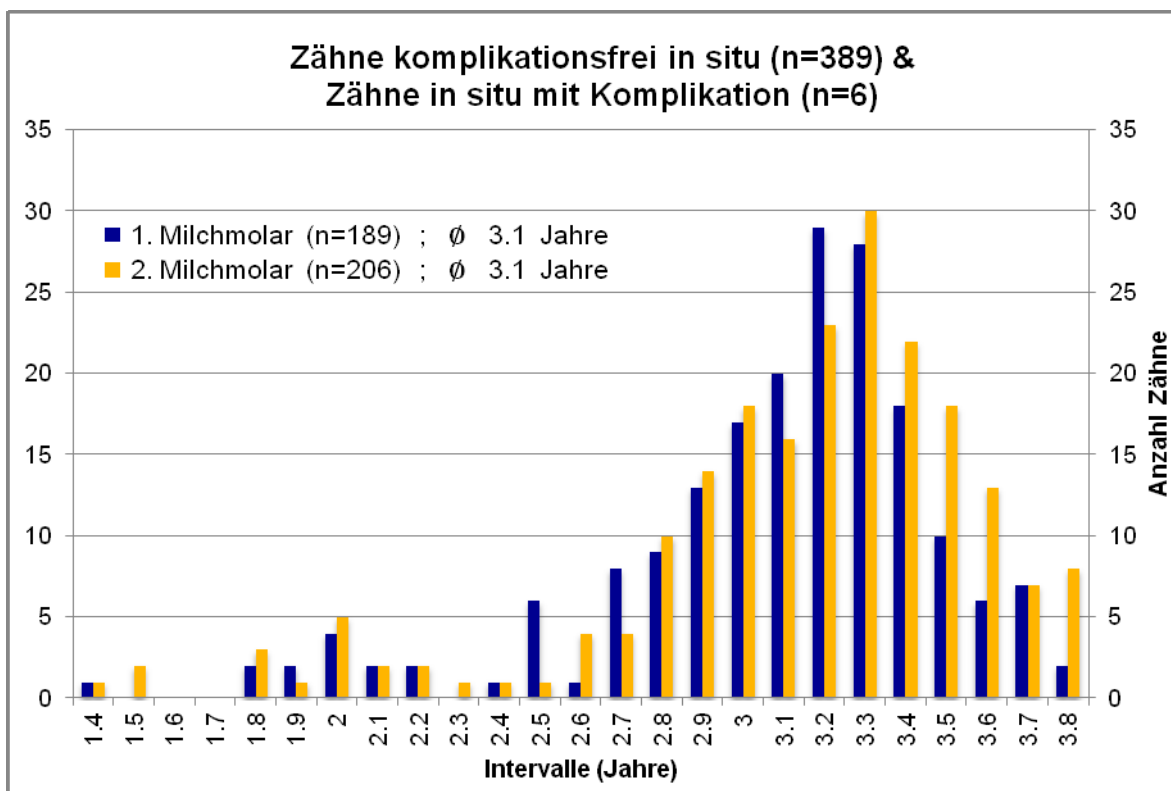


Abbildung 2 (Zähne der Kategorie 1 & Kategorie 2) : Intervalle zwischen Pulpotomie und letztem Zahnbefund per Dezember 2009, sowie die durchschnittlichen Intervalle (\emptyset) der beiden Zahntypen

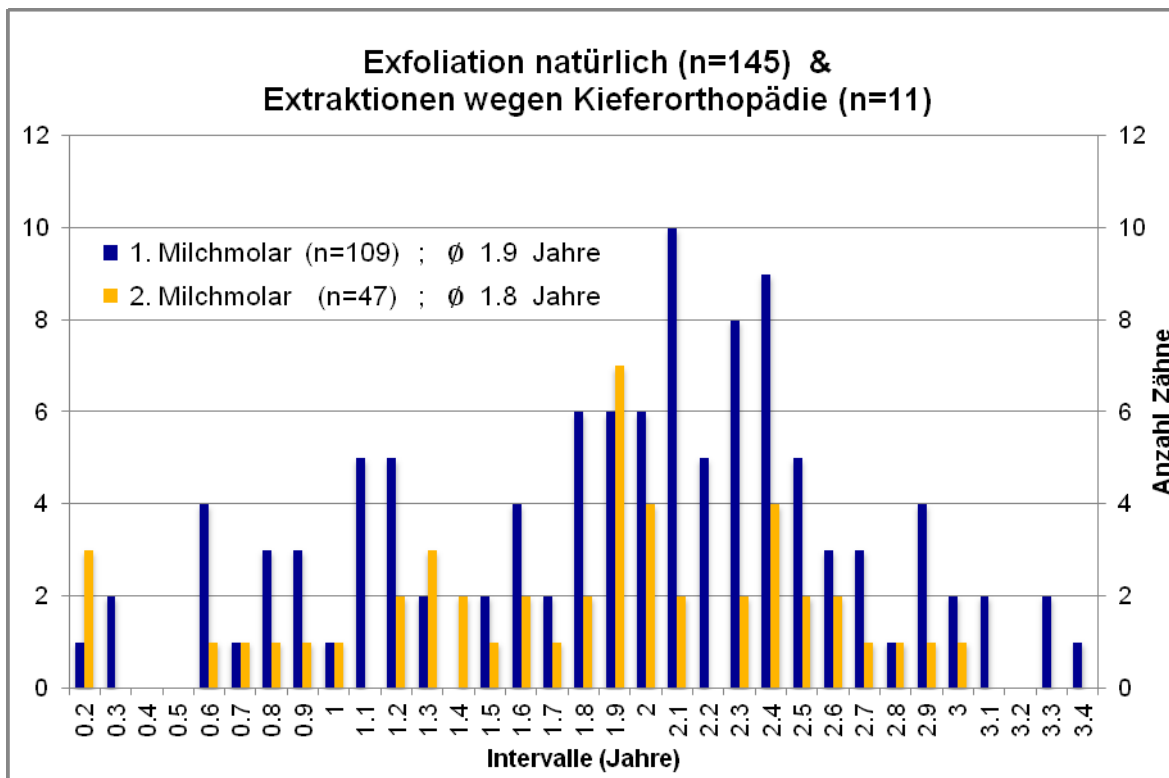


Abbildung 3 (Zähne der Kategorie 3 & Kategorie 6) : Intervalle zwischen Pulpotomie und letztem Zahnbefund, der die Zähne als „in situ“ registrierte, sowie die durchschnittlichen Intervalle (Ø) für die einzelnen Zahntypen

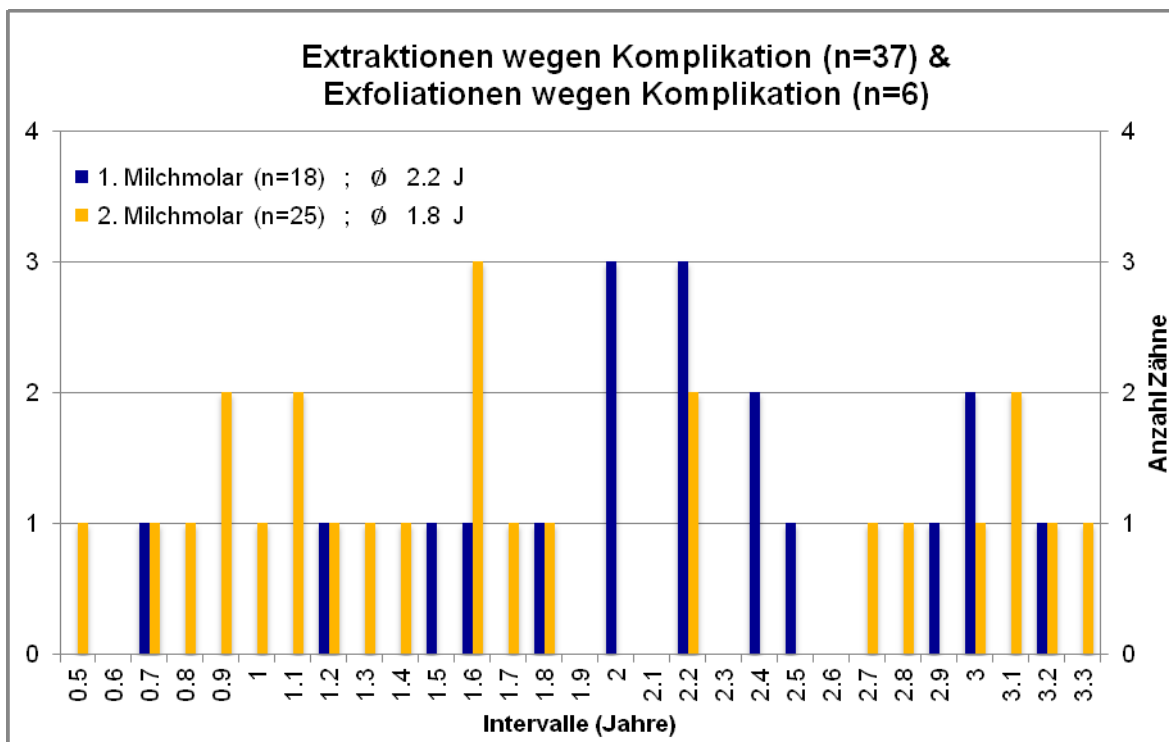


Abbildung 4 (Zähne der Kategorie 4 & Kategorie 7) : Intervalle zwischen Pulpotomie und Extraktionszeitpunkt bzw. letztem Zahnbefund, der die Zähne als „in situ“ registrierte, sowie die durchschnittlichen Intervalle (Ø) der beiden Zahntypen

Zahlenmässig ist hier der erste Milchmolar (n=109) deutlich stärker vertreten als der zweite Milchmolar (n=47).

Kategorie 4 und 7

37 (6%) Zähne wurden während der Beobachtungsperiode wegen einer endodontischen Komplikation extrahiert (Kategorie 7) und 6 (1%) Zähne exfolierten spontan, infolge einer endodontischen Komplikation (Kategorie 4). Das durchschnittliche Intervall zwischen Pulpotomie und Extraktionszeitpunkt bzw. Exfoliation beträgt 1.9 Jahre. Die Verteilung erstreckt sich von 0.5 bis 3.5 Jahren. Abbildung 4 zeigt, dass die 2. Milchmolaren deutlich öfter eine endodontische Komplikation verursachten als die 1. Milchmolaren. Auch sind es die zweiten Milchmolaren, die mit 1.8 Jahren eine deutlich niedrigere durchschnittliche Verweildauer aufwiesen, als die ersten mit 2.2 Jahren.

Kategorie 5

Bei 10 (2%) Zähnen wurde die Exfoliation als vorzeitig erachtet, da der Zahnverlust keine Symmetrie mit Antimeren und/oder Antagonisten aufwies. Das durchschnittliche Intervall zwischen Pulpotomie und Zahnverlust beträgt 1.4 Jahre, wobei der zeitlich erste Zahnverlust mit 0.3 Jahren und der letzte mit 2.7 Jahren eintrat.

3.5 Erfolgs - Misserfolgsraten

Für die Analyse von Erfolg und Misserfolg wurden die 7 Kategorien aufgrund des Vorhandenseins einer endodontischen Komplikation in 2 Gruppen aufgeteilt. Die Kategorien 1, 3, und 6 bildeten die Erfolgsgruppe, während die Kategorien 2, 4 und 7 zur Misserfolgsgruppe zusammengefasst wurden. Die Kategorie 5 wurde, wie in Material und Methoden beschrieben bei der Erfolgsauswertung nicht berücksichtigt.

Abbildung 5 stellt die total 543 Erfolge den total 51 Misserfolgen gegenüber und zwar unterteilt nach Zahntyp. Der obere 2. Milchmolar weist, bedingt durch seine relative Untervertretung bei den Pulpotomien (vgl. Zahntypen, Tabelle 3), deutlich weniger Erfolge auf als die übrigen. Gemessen an der jeweiligen Anzahl Behandlungen, stellen oberer und unterer 1. Milchmolar und oberer 2. Milchmolar prozentual gleich viele Erfolge bzw.

Misserfolge. Der untere 2. Milchmolar weist ein etwas schlechteres Erfolgs-Misserfolgs-Verhältnis auf.

Die über 594 Behandlungen kumulierte Erfolgs- und Misserfolgsrate wird von Abbildung 6 wiedergegeben. Es steht eine Gesamterfolgsquote von 91.4% einer Gesamtmisserfolgsquote von 8.6% gegenüber.

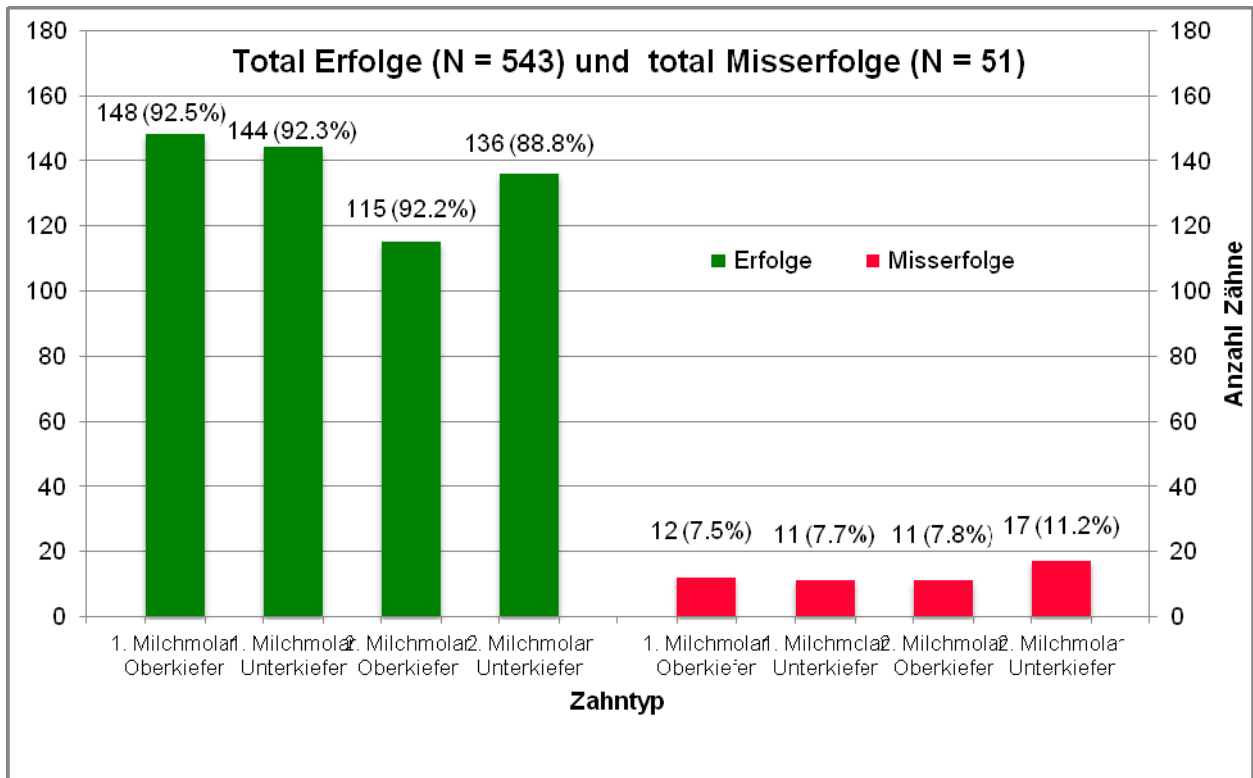


Abbildung 5 : Zähne der Erfolgsgruppe (Kategorien 1,3,6) und der Misserfolgsgruppe (Kategorien 2,4,7) aufgeteilt nach Zahntyp und Lokalisation im Patientengebiss. Wert in Klammern gibt den prozentualen Anteil am Total der Behandlungen des jeweiligen Zahntypus wieder.

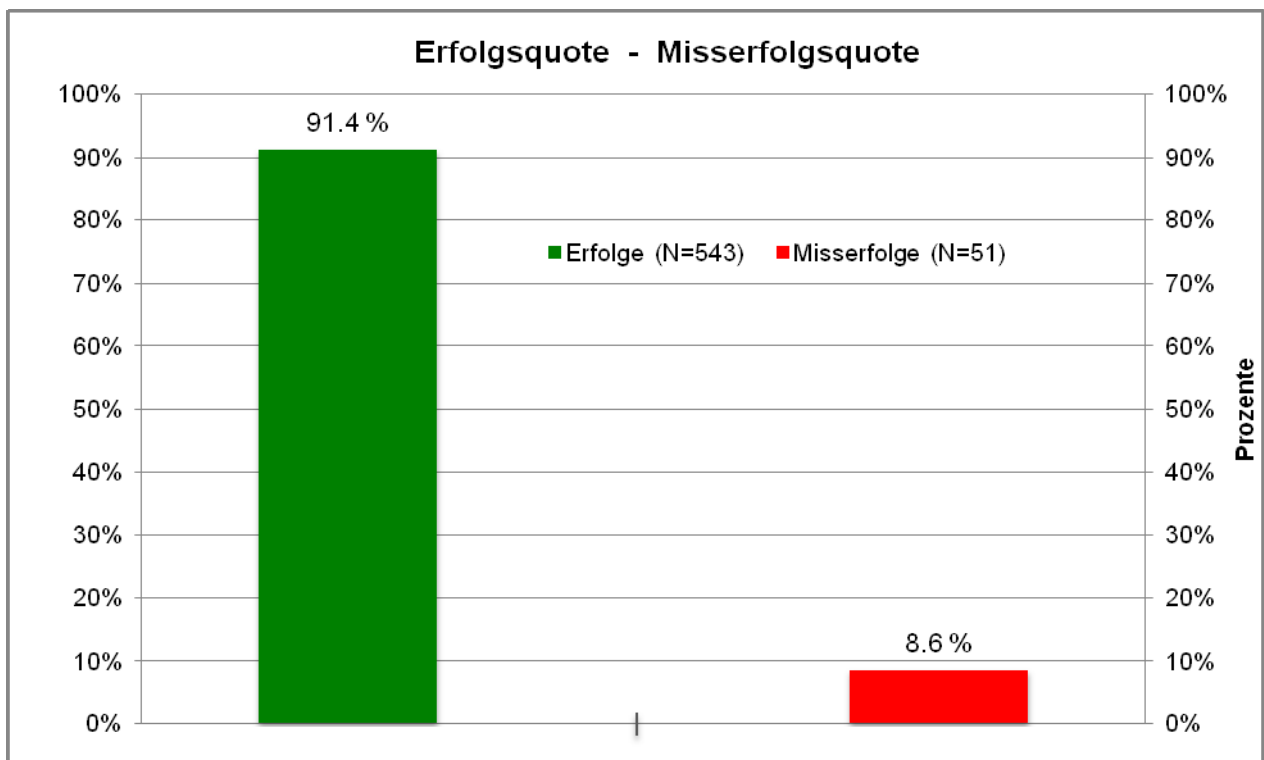


Abbildung 6 : Erfolgs - Misserfolgsrate der 594 in die Auswertung einbezogenen pulpotomierten, mit MTA überkappten Milchmolaren

4. DISKUSSION

In der vorliegenden Nachkontroll-Studie sollte die Bewährung von weissem Mineral Trioxide Aggregate (**MTA**) als Überkappungsmaterial nach einer Pulpotomie an Milchmolaren unter den Bedingungen einer Grossklinik retrospektiv untersucht werden. Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um keine experimentelle Studie, sie wird aber in der Folge mit solchen verglichen. Die in der Einleitung zitierten prospektiven Studien (vgl. Tab. 2 und MORETTI et al. 2008, NOOROLLAHIAN et al. 2008, SUBRAMANIAM et al. 2009) haben mit einer Ausnahme (SONMEZ et al. 2008) nachgewiesen, dass MTA gegenüber dem bis anhin geltenden „Goldstandard“ Formokresol (**FC**) mindestens zu ebenbürtigen, meist aber zu deutlich besseren Resultaten führten. Für Eisen-III-Sulfat (Ferric Sulfate, **FS**) wurden im Vergleich zu FC ebenfalls ungefähr gleichwertige Resultate erhoben, wogegen Kalziumhydroxid (**CH**) und Zink-Eugenol (**ZOE**) erheblich schlechter abschnitten (MORETTI 2008, NG & MESSER 2008, SONMEZ 2008, DOYLE 2010).

An den 6 Schulzahnkliniken der Stadt Zürich, die einer zentralen Leitung unterstehen, wurden im Jahr 2006, im Bestreben das Formokresol zu ersetzen, 604 pulpotomierte Milchmolaren mit MTA versorgt. Es wurde eine Erfolgsrate von 91.4% erzielt, bei einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 2.7 Jahren (32 Monaten). Die hier vorliegende Erfolgsrate liegt etwas tiefer, als bei den oben erwähnten Studien, welche mehrheitlich über klinische Erfolgsraten mit MTA zwischen 94% und 100% berichteten. Als frappante Abweichung davon sollte einzig, wie bereits erwähnt, der Bericht von SONMEZ et al. (2008) zur Kenntnis genommen werden, welcher mit MTA lediglich einen Erfolg von 66% verzeichnete. Das vorliegende Resultat aus der Schulzahnklinik Zürich, muss unter anderem auch unter dem Aspekt der Vielzahl der beteiligten Zahnärzte gewertet werden. Die 604 Pulpotomien wurden von insgesamt 27 Zahnärzten durchgeführt, wobei anzumerken ist, dass nicht wenige dieser Zahnärzte das erste Arbeitsjahr nach dem Staatsexamen absolvierten. Bei zwei der beteiligten Zahnärzte wurde eine auffällig hohe Misserfolgsrate festgestellt. Dies weist einmal mehr darauf hin, dass das Gelingen einer endodontischen Behandlung an Milchmolaren nicht nur vom verwendeten Überkappungsmaterial abhängt, sondern genauso von der Erfahrung, vom richtigen klinischen Vorgehen und der korrekten Beurteilung des Zustandes der Wurzelpulpa. In den besprochenen Publikationen haben nur erfahrene Kinderzahnmediziner die Pulpotomien

durchgeführt, bei HOLAN et al. (2005), MORETTI et al. (2008) und DOYLE et al. (2010) waren es sogar die Autoren selbst.

Ein entscheidender Faktor für eine erfolgreiche Pulpotomie ist der Zustand der Wurzelpulpa. Nach der Entfernung des koronalen Gewebes kommt es natürlicherweise zu Blutungen der Wurzelpulpa an deren Abrissstellen. Art und Intensität dieser Blutung liefern den entscheidenden Hinweis über den Entzündungsgrad der Wurzelpulpa. Eine intensive, überschüssende Blutung, die mechanisch nicht gestillt werden kann, weist auf eine irreversible Pulpitis hin. Die Verwendung von sehr potenten hämostatischen Mitteln, kann deshalb den wahren Zustand der Wurzelpulpa verschleiern und den Behandler von einer in diesen Fällen indizierten Pulpaextripation abhalten. Eisen-III-Sulfat (Ferric Sulfate, FS) ist ein solches Mittel. MÜLLER (2006) hat in ihrer Untersuchung festgestellt, dass bei den verzeichneten Misserfolgen FS in Kombination mit MTA angewandt worden war. Nach deren Ausschluss, konnte eine 100%-ige Erfolgsrate verzeichnet werden. Diese Beobachtung wird von FUKS & PAPAGIANNOULIS (2006) untermauert. Sie wiesen darauf hin, dass der Einsatz von FS eine korrekte klinische Evaluation des Wurzelgewebes verhindert und der Behandler damit die Fälle, welche bereits primär schlechte Voraussetzungen für eine erfolgreiche Pulpotomie haben, nicht ausschliessen kann. Auch DOYLE et al. (2010) empfiehlt aufgrund seiner Resultate, FS zwecks Beschleunigung der Hämostase nicht zu verwenden, sondern diese mechanisch mittels eines angefeuchteten Wattepellet zu erzielen. Sollte es mit letzterer Methode nicht gelingen die Blutung zu stillen, muss eine Pulpaamputation tiefer im Kanal versucht oder der betreffende Zahn gar extrahiert werden. In der vorliegenden Studie wurde zur Blutstillung in mindestens 230 Fällen FS eingesetzt, was möglicherweise zu einer Steigerung der Misserfolgsrate beitrug.

Für die Erfolgs- und Misserfolgsrate einer Untersuchung spielt die Anzahl der einbezogenen Einheiten, sowie die Länge der Kontroll-Phase eine entscheidende Rolle. In den Vergleichsstudien, in denen bis zu vier verschiedene Überkappungsmaterialien miteinander verglichen wurden, war die Anzahl der mit MTA versorgten Milchmolaren erwartungsgemäss eher klein. Sie betrug in den in den in Tabelle 2 zitierten Arbeiten zwischen 19 und 38 Milchmolaren. In den späteren Publikationen wurden 15 (MORETTI et al. 2008), 20 (SONMEZ et al. 2008, sowie SUBRAMANIAM et al. 2009) und 57 Milchmolaren (DOYLE et al. 2010) mit MTA versorgt. Eine andere Grössenordnung liegt bei Studien vor, bei denen ausschliesslich der Verlauf von mit MTA versorgten Milchmolaren im Zentrum

der Untersuchung stand. Bei MÜLLER (2006) waren dies 166, bei MAROTO et al. (2007) 69 Milchmolaren. Mit 604 pulpotomierten und mit MTA überkappten Milchmolaren wurde in der vorliegenden Arbeit eine Fallzahl erreicht, welche selbst die Summe der Fallzahlen aller zitierten Studien (N=469) bei weitem übertrifft. Dazu ist allerdings anzumerken, dass das vorliegende Untersuchungsgut von 6 städtischen Einzelkliniken stammt, an welchem 27 Zahnärzte beteiligt waren.

Die Verlaufskontrolle behandelter Milchzähne ist insofern problematisch, da viele Einheiten nicht wegen eines Misserfolges, sondern durch natürliche Exfoliation verloren gehen. Dies ist desto stärker der Fall, je altersmässig später eine Behandlung vorgenommen wird. Zudem ist die Möglichkeit einer Verlaufskontrolle bei ersten Milchmolaren nahezu um ein Jahr kürzer als bei zweiten. Bei AGAMY et al. (2004) und JABBARIFAR et al. (2004) betrug die Beobachtungszeit lediglich 12 Monate. Bei den allermeisten Autoren wurde eine Kontrolldauer von 24 Monaten angegeben (FARSI et al. 2005, MORETTI et al. 2008, SONMEZ et al. 2008, SUBRAMANIAM et al. 2009, DOYLE et al. 2010). Häufig wurde in 6-monatigen Intervallschritten nachkontrolliert. Keine oder nur eine äusserst geringe Zunahme an Misserfolgen von MTA-Molaren zwischen erster und letzter Kontrolle war ausser in einem Bericht (SONMEZ et al. 2008) zu verzeichnen. Diese Untersuchung stellte fest, dass nach 6 Monaten ein 100%-iger Erfolg bei den mit MTA behandelten Milchmolaren festgehalten werden konnte, dieser jedoch nach 12 Monaten auf rund 87%, nach 18 Monaten auf 80% und nach 24 Monaten sogar auf 67% absank. Dieses Ergebnis steht in deutlichem Kontrast zu allen anderen zitierten Publikationen. So konnte HOLAN et al. (2005), der gegenüber allen anderen zitierten Autoren von Vergleichsstudien über die längste Überwachungsperiode bei MTA-Molaren berichtete (durchschnittlich rund 40 Monate mit einem Range von 21 bis 68 Monaten), diesen Absturz der Erfolgsrate während der Nachkontrollzeit in keiner Weise beobachten. Von den 33 mit MTA versorgten Milchmolaren konnte er einen einzigen Misserfolg nach 12 Monaten feststellen und keinen einzigen zusätzlichen in den späteren Erhebungen. Auch SUBRAMANIAM et al. (2009) konnte zwischen dem 12-ten und 24-ten Monat keine Zunahme an Misserfolgen registrieren.

Bei den reinen MTA-Longitudinalstudien wurde von MÜLLER (2006) eine durchschnittlich 16-monatige Nachkontrollzeit erreicht. Bei MAROTO et al. (2007) wurde in 6-monatlichen Abständen bis zu 42 Monaten nachkontrolliert. Nach 24 Monaten konnten noch 58 von

initial 69 MTA-Milchmolaren, nach 42 Monaten noch 26 beurteilt werden. Auch in dieser Untersuchung konnte eine abnehmende Erfolgsrate, wie später von SONMEZ et al. (2008) berichtet, nicht beobachtet werden. Es konnten bis zum 42-ten Monat klinisch keine Misserfolge festgestellt werden, ausser in einem einzigen Fall, bei dem radiologisch eine interne Resorption beobachtet wurde. Eine wichtige Feststellung in dieser längeren Überwachungsstudie war, dass kein einziger Nachfolgeprämolare irgendein Zeichen klinischer oder radiologischer Pathologie aufwies.

Im Vergleich zu allen zitierten Publikationen mit einem MTA-Untersuchungsgut, gehört die Beobachtungsdauer in der vorliegenden Arbeit mit einem Durchschnitt von rund 32 Monaten zu den längsten. Zu beachten gilt die asymmetrische Verteilung. Lediglich 18% der Fälle wurden im Bereich unter 23 Monaten registriert und somit die überwiegende Mehrheit zwischen 24 und 45 Monaten (vgl. Abb. 1).

Bei den Publikationen mit den längsten Überwachungsperioden betrug die Zeitspanne zwischen kürzester und längster Beobachtungszeit bei MAROTO et al. (2007) bei 69 Milchmolaren 36 Monate und bei HOLAN et al. (2005) bei lediglich 33 Zähnen sogar 56 Monate. Zu dem beachtlichen Durchschnitt von 32 Monaten Beobachtungszeit in der vorliegenden Studie trugen vor allem die 387 Zähne der Gruppe „Zahn in situ“ bei, deren überwiegender Teil in einer Nachkontrollzeit zwischen dem Durchschnittswert und 45 Monaten anzusiedeln war (vgl. Abb. 2). Demgegenüber belasteten die exfolierten und extrahierten Zähne den Durchschnittswert (vgl. Abb. 3 & 4). Insbesondere taten dies die 145 Zähne, welche natürlich exfolierten, sowie die 10 Zähne, die aus unbekannter Ursache vorzeitig verloren gingen. Zu beachten gilt es hier, dass bei den letztgenannten Zahngruppen zur Berechnung der Beobachtungszeit der letzte Krankengeschichteintrag herangezogen wurde, in welchem der betreffende Zahn noch als in situ registriert wurde. Es ist anzunehmen, dass die Mehrheit dieser Zähne länger in situ verweilte, als dies die angegebenen Beobachtungszeiten wiedergeben.

Die natürlich exfolierten Zähne der Erfolgsgruppe zuzuschlagen, wird damit begründet, dass die Krankengeschichte für die betreffenden Zähne keinerlei Hinweise auf irgendeine pathologische Komplikation enthält. Den Zahnstaten allerdings ist zu entnehmen, dass der Zahnverlust in Übereinstimmung mit mindestens einem, nicht endodontisch behandelten Antimer oder Antagonisten erfolgte. Die zwei letztgenannten Argumente waren in der hier vorliegenden Studie die Voraussetzung dafür, die Exfoliation eines Zahnes als „natürlich“

einzustufen. Es muss zugegeben werden, dass das Eintreten einer endodontischen Komplikation zwischen dem letzten Zahnbefund und dem tatsächlichen Exfoliationszeitpunkt, der nicht bekannt ist, nicht ausgeschlossen werden kann. Genauso verhält es sich bei den 10 vorzeitig exfolierten Milchmolaren. Hier fehlte jedoch, die oben geforderte Symmetrie mit Antimeren und/oder Antagonisten. Die Unsicherheit, ob ein lokaler frühzeitiger Durchbruch eines Prämolaren oder eben doch ein pathologischer Prozess Grund des Zahnverlustes war, führte dazu, dass diese Zähne nicht in die Erfolgsauswertung miteinbezogen wurden. Anders verhielt sich die Situation bei den 11 aus kieferorthopädischen Gründen extrahierten Milchmolaren. Hier war die Durchbruchsabweichung des Nachfolgers oder die für den Patienten lästige Milchzahnpersistenz bei durchbrechendem Nachfolger Grund für die Extraktion.

Bei der Erfolgs - Misserfolgs - Auswertung waren in dieser Untersuchung obere und untere, sowie erste und zweite Milchmolaren mit nahezu gleichen Anteilen vertreten. Die erzielte Erfolgsquote von 91.4% liegt zwar wie schon erwähnt etwas tiefer als in den meisten der zitierten Publikationen, doch ist sie in Anbetracht der beschriebenen Besonderheiten dieser Untersuchung sehr beachtlich. Generell kann festgestellt werden, dass MTA die übrigen Überkappungsmaterialien bei der Pulpotomie an Milchmolaren in der Erfolgsrate übertrifft und damit als hochwertiger Ersatz des Formokresols einzustufen ist. Eine negative Eigenschaft bei der Anwendung von MTA im koronalen Bereich ist die Tendenz zur Verfärbung der Zahnkrone, wie sie von MÜLLER (2006) photographisch bei Milchmolaren dokumentiert wurde. MAROTO et al. (2005) stellten diese Nebenwirkungen an Milcheckzähnen fest. Es wurde dann 2002 das weisse „ästhetische“ MTA eingeführt (AGAMY et al. 2006), doch selbst bei diesem Material wird vom Hersteller vor einer möglichen Zahnverfärbung gewarnt und von einer koronalen Anwendung bei bleibenden Zähnen abgeraten. Tatsächlich stellte MÜLLER (2006) Verfärbungen an Milchmolaren, sowohl bei grauer als auch bei weisser MTA-Anwendung fest. Nach ASGARY et al. (2005) ist die Reduktion von Eisenoxid der primäre Grund für diese Verfärbungen. Nach diesen Autoren tragen der um 90% geringere FeO-Anteil, der 50% geringere Magnesiumoxid-Anteil und die kleinere Teilchengrösse des weissen MTA, zu dessen geringerer Verfärbungstendenz bei. STEFFEN & van WAES (2009) hingegen halten den Grund für die Verfärbungen beim Einsatz von MTA noch immer als ungelöst. Sie weisen darauf hin, dass die Rolle des Wismuthoxids diesbezüglich dringend untersucht werden sollte. Bei den

zitierten MTA-Studien wurde, mit der Ausnahme von AGAMY et al. (2004) und NOOROLLAHIAN (2008), ausschliesslich die graue Variante gewählt, wobei die Angaben nicht immer eindeutig waren. Verfärbungen wurden zwar erwähnt, spielten aber keine grosse Rolle, da die Milchmolaren meist mit Stahlkronen versorgt worden waren. Bei den heutigen Versorgungsmöglichkeiten mit Kunststoffmaterialien werden die Zahnverfärbungen von der Patienten-Elternseite vermehrt wahrgenommen und zum Teil auch beanstandet. Den Trend hin zur Adhaesivtechnik bei der Versorgung von Milchmolaren zeigt auch die vorliegende Arbeit. Lediglich 38 (6%) von insgesamt 604 Milchmolaren wurden initial mit Stahlkronen versorgt, während in 549 Fällen (91%) auf Komposit- oder Kompomermaterialien zurückgegriffen wurde. Obwohl ausschliesslich weisses ProRoot-MTA benützt worden war, wurden wie bei MÜLLER (2006) auch hier bisweilen deutliche Zahnverfärbungen festgestellt. Die krankengeschichtliche Dokumentation dieser Zahnverfärbungen erfolgte jedoch nicht systematisch und nicht durch alle beteiligten Zahnärzte gleich zuverlässig, weshalb eine zahlenmässige Auswertung in diesem Punkt nicht möglich war.

Es besteht eine gewisse Unsicherheit, ob bei der Pulpotomieversorgung, weisses MTA qualitativ dem grauen ebenbürtig ist (SRINIVASAN et al. 2009). AGAMY et al. (2004) verglichen die beiden Mittel gegenüber Formokresol. Bei den jeweils 24 auswertbaren Milchmolaren traten bei 4 mit weissem MTA und bei 2 mit FC behandelten Zähnen Abszesse auf, wobei bei grauem MTA keine Zwischenfälle zu verzeichnen waren. Eine bedeutende Charakteristik dieser Studie war, dass 15 Milchmolaren im Rahmen einer Serienextraktionsbehandlung nach 6 Monaten histologisch untersucht werden konnten. Bei beiden MTA-Gruppen, konnte eine dicke Dentinbrücke beobachtet werden, wogegen bei der FC-Gruppe nur dünnes kaum kalzifiziertes Dentin festgestellt werden konnte. Bei grauem MTA konnte eine Pulpaarchitektur beobachtet werden, die der Normalität am nächsten kam und sich durch den Erhalt eines Odontoblastensaumes sowie einer fibrozellulären Matrix mit wenigen Entzündungszellen auszeichnete. Bei weissem MTA wurde ein dichteres fibröses Muster mit mehr isolierten Kalzifikationen festgestellt. Aufgrund nur dieser Ergebnisse auf eine Überlegenheit des grauen gegenüber dem weissen MTA zu schliessen, ist kaum vertretbar. Doch mag die Verwendung des weissen MTA in der vorliegenden Studie mit ein Grund für die etwas tiefere Erfolgsrate gegenüber den zitierten Studien mit grauem MTA sein. Die unvergleichlich viel höhere Anzahl pulpotomierter

Milchmolaren und die langen Intervalle zwischen Behandlung und Nachkontrolle dürften jedoch eine sehr viel grössere Rolle gespielt haben. Jedenfalls konnte in einer Vergleichsstudie mit je 30 Milchmolaren, zwischen weissem MTA und FC nach 24 Monaten klinisch 100% Erfolg verzeichnet werden (NOOROLLAHIAN 2008). OVIIR et al. (2006) hielten sogar fest, dass weisses MTA eine bessere Biokompatibilität als graues aufwies und das Wachstum von Zementblasten und Keratinozyten unterstützte. Aus dem gesagten kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass die verfügbare Literatur die Frage, ob zwischen grauem und weissem MTA eine wesentliche Differenz in der Erfolgspotenz besteht, nicht eindeutig beantworten kann.

Als eine schwerwiegende Belastung des klinisch zwar erfolgreichen MTA werden von den meisten Autoren die Kosten dieses Medikamentes beanstandet. Sie werden für die breite Anwendung in der Kinderzahnmedizin als geradezu prohibitiv bezeichnet (CONTI et al. 2009, SAKAI et al. 2009, SONMEZ et al. 2008, SRINIVASAN et al. 2009, STEFFEN & van WAES 2009). So kostet ein Paket weisses ProRoot-MTA mit 5 x 1g ca. CHF 431 (ca. EUR 308). Ein Gramm reicht für drei Anwendungen. Somit kostet bei einer Pulpotomie schon nur das MTA-Überkappungsmaterial CHF 28.- (ca. EUR 20). Dazu kommt, dass ein angebrochener 1g-Beutel aufwendig vor Feuchtigkeit geschützt werden muss, da sonst wegen der ausgeprägten hygroskopischen Eigenschaften die Materialqualität massiv beeinträchtigt wird. Um diese zu erhalten, genügt eine Wiederverpackung nicht, das Pulver muss zusätzlich in einem leistungsfähigen Dehydratorgerät aufbewahrt werden (SRINIVASAN et al. 2009).

Aus diesen Gründen wurden Anstrengungen unternommen, das Mineral Trioxide Aggregate (MTA) durch speziell selektionierten Portlandzement (PC) zu ersetzen (STEFFEN & van WAES 2009). In ihrer Besprechung von 50 Publikationen stellten sie fest, dass MTA und PC die gleichen klinischen, biologischen und technischen Merkmale aufweisen und sehr ähnliche Eigenschaften besitzen. MTA basiert auf industriellem PC und der wesentliche Unterschied besteht lediglich im hinzufügen von Wismuthoxyd (BiO_3) zur Steigerung der Röntgenopazität des Materials. ROBERTS et al. (2008) rät allerdings vom Ersatz von MTA durch PC ab, da MTA eine zusätzliche Verarbeitung und Reinigung durchlaufen habe, kleinere Partikelgrössen aufweise und weniger Schwermetalle beinhalte. Dieser Auffassung widersprechen STEFFEN & van WAES (2009), da die von Roberts

aufgeführte Begründung aufgrund zweier von ihm selbst zitierten Publikationen nicht akzeptiert werden kann. Diese nämlich kamen genau zu gegenteiligen Schlussfolgerungen. Auch CAMILLERI & PITT FORD (2006) stellten fest, dass MTA und PC in der Pulpaprotektion gleichwertig waren. Der erste Bericht über die klinische Anwendung von Portlandzement (PC, Votorantim-Cementos, Sao Paulo, SP, Brasil) nach Pulpotomie an Milchmolaren, stammt von CONTI et al. (2009). Sie beobachteten an drei unteren Milchmolaren die Bildung einer Dentinbrücke unmittelbar unter der PC-Schicht und während 12 Monaten einen völlig asymptomatischen Verlauf. Fast gleichzeitig berichtete SAKAI et al. (2009) von einer Vergleichsstudie, bei der je 15 erste untere Milchmolaren bei der Pulpotomie zufällig einer MTA-, respektive einer PC- Gruppe zugeteilt wurden. Alle überprüfbaren Zähne waren in allen Kontrollperioden von 6, 12, 18 und 24 Monaten sowohl klinisch, wie auch radiologisch erfolgreich. Allerdings exfolierten während der Überwachung sechs der 15 Milchmolaren in der PC-Gruppe und fünf in der MTA-Gruppe. Kein statistischer Unterschied konnte bei der Bildung einer Dentinbrücke zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden, wohl aber hinsichtlich Wurzelkanalobliterationen. Nach 6 Monaten war der Beginn von mineralisierten Ablagerungen radiologisch bei 100% der PC-Fälle, wogegen nur bei 57% der MTA-Fälle nachweisbar. Dass angemessen bearbeiteter Portlandzement eine ebenso effektive und wesentlich preisgünstigere Variante zu MTA sein dürfte, haben auch STEFFEN & van Waes (2009) begründet. Für die klinische Anwendung, ist weisser Portlandzement für eine einzelne Anwendung zum Preis von CHF 6.50 (EUR 4.50) erhältlich, sofern eine Packung von 40 Kapseln bezogen wird. Dies bedeutet eine Preisreduktion von 77% gegenüber dem ProRoot-MTA. In der Schulzahnklinik Zürich wird deshalb seit 2008 dieser in Einzeldosen verfügbare Portlandzement der Firma MedCem* an Stelle von MTA verwendet, ohne dass bis anhin negative Begleitbefunde zu verzeichnen waren.

* MedCem GmbH , Bahnhofstrasse 14 , Weinfelden , Schweiz

Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit stellt eine retrospektive Nachuntersuchung an einer Grossklinik mit klinisch reellen Bedingungen dar. Die Resultate der Studie widerspiegeln daher die Erfolgspotenz von MTA als Überkappungsmaterial nach Pulpotomie an Milchmolaren im alltäglichen kinderzahnärztlichen Einsatz. Die Studie hat nachgewiesen, dass mit weissem Mineral Trioxide Aggregate (MTA), unter den genannten klinischen Bedingungen, eine Erfolgsquote von über 91% bei einer durchschnittlichen Überwachungszeit von 32 Monaten erzielt werden kann. Diese beachtliche Erfolgsquote liegt nicht stark unter den von experimentellen Studien berichteten Erfolgsquoten von MTA.

LITERATURVERZEICHNIS

- 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* 26(4) : 302-309 (2004)
- Asgary S, Parirokh M, Egbbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 31 : 101-103 (2005)
- Ben-Zur ED. Pathologie und konservierende Behandlung der Milchzähne. In: Stöckli PW , Ben-Zur ED (Hrsg.): Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen. Thieme, Stuttgart, 136-152 (1994)
- Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 39 : 747-754 (2006)
- Casas MJ, Kenny DJ, Johnston DH, Judd PL. Long-term outcomes of primary molar ferric sulphate pulpotomy and root canal therapy. *Pediatr Dent* 26 : 44-48 (2004)
- Conti TR, Sakai VT, Fornetti APC, Moretti ABS, Oliveira TM, Lourenco Neto N, Machado MAAM, Abdo RCC. Pulpotomies with portland cement in human primary molars. *J Appl Oral Sci* 17(1) : 66-69 (2009)
- De-Deus G, de Souza MC, Sergio Fidel RA, Fidel SR, de Campos RC, Luna AS. Negligible expression of arsenic in some commercially available brands of portland cement and mineral trioxide aggregate. *J Endod* 35(6) : 887-890 (2009)
- Doyle TL, Casas MJ, Kenny DJ, Judd PL. Mineral trioxide aggregate produces superior outcomes in vital primary molar pulpotomy. *Pediatr Dent* 32(1) : 41-47 (2010)
- Eidelman E, Holan G, Fuks AB. Mineral trioxide aggregate vs. Formocresol in pulpotomized molars: a preliminary report. *Pediatr Dent* 23(1) : 15-18 (2001)
- Farsi N, Alamoudi N, Balto K, Mushayt A. Success of mineral trioxide aggregate in pulpotomized primary molars. *J Clin Pediatr Dent* 29(4) : 307-312 (2005)
- Fuks AB, Papagiannoulis L. Pulpotomy in primary teeth: review of the literature according to standardized criteria. *Eur Arch Paediatr Dent* 7 (2): 64-71 (2006)
- Fuks AB. Vital pulp therapy with new materials for primary teeth: new directions and treatment perspectives. *Pediatr Dent* 30 : 211-219 (2008)
- Garcia-Godoy F. Direct pulp capping and partial pulpotomy with diluted formocresol in primary molars. *Acta Odontol Pediatr* 5 : 57-61 (1984)
- Holan G, Eidelman E, Fuks AB. Long-term evaluation of pulpotomy in primary molars using mineral trioxide aggregate or formocresol. *Pediatr Dent* 27 : 129-136 (2005)

- Huth KC, Paschos E, Hajek-Al-Khatat N. Effectiveness of 4 pulpotomy techniques: Randomized controlled trial. *J Dent Res* 84 : 1144-1148 (2005)
- Jabbarifar SE, Khademi DD, Ghaseni DD. Success rates of formocresol pulpotomy vs mineral trioxide aggregate in human primary molar tooth. *J Res Med Sci* 6 : 55-58 (2004)
- Lee SJ, Monself M, Torabinejad. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod* 19 : 541-544 (1993)
- Lewis B. The obsolescence of formocresol. *J Calif Dent Assoc* 38(2) :103-107 (2010)
- Markovic D, Zibojinovic V, Bucetic M. Evaluation of three pulpotomy medicaments in primary teeth. *Eur J Paediatr Dent* 6 : 133-138 (2005)
- Maroto M, Barberia E, Planells P, Garcia-Godoy F. Dentin bridge formation after mineral trioxide aggregate (MTA) pulpotomies in primary teeth. *Am J Dent* 18 : 151-154 (2005)
- Maroto M, Barberia E, Vera V, Garcia-Godoy F. Mineral trioxide aggregate as pulp dressing agent in pulpotomy treatment of primary molars: 42-month clinical study. *Am J Dent* 20 : 283-286 (2007)
- McDonald RE, Avery DR, Dean JA. Treatment of deep carie, vital pulp exposure and pulpless teeth. In: McDonald and Avery's Dentistry for the Child and Adolescent. Mosby 9.ed., Missouri (2011)
- Menezes JV, Takamori ER, Bijellaa MFTB, Granjeiro JM. In vitro toxicity of MTA compared with other primary teeth pulpotomy agents. *J Clin Pediatr Dent* 33(3) : 217-222 (2009)
- Moretti ABS, Sakai VT, Oliveira TM, Fornetti APC, Santos CF, Machado MAAM, Abdo RCC. The effectiveness of mineral trioxide aggregate, calcium hydroxide and formocresol for pulpotomies in primary teeth. *Int Endod J* 41: 547-555 (2008)
- Müller M. Klinische und radiologische Erfolgsrate von Vitalamputationen an Milchmolaren mit Eisensulfat und MTA. *MedDiss Zürich* (2006)
- Ng FK, Messer LB. Mineral trioxide aggregate as a pulpotomy medicament: an evidence-based assessment. *Eur Arch Paediatr Dent* 9(2) : 58-73 (2008)
- Noorollahian H. Comparison of mineral trioxide aggregate and formocresol as pulp medicaments for pulpotomies in primary molars. *Br Dent J* 204(11) : E20 (2008)
- Oviir T, Pagoria D, Ibarra G, Geurtsen W. Effects of gray and white mineral trioxide aggregate on the proliferation of oral keratinocytes and cementoblasts. *J Endod* 32 : 21-23 (2006)
- Paranjpe A, Zhang H, Johnson JD. Effects of mineral trioxide aggregate an human dental pulp cells after pulp-capping procedures. *J Endod* 36 : 1042-1047 (2010)

- Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature. *Dental Materials* 24 : 149-164 (2008)
- Sakai VT, Moretti ABS, Oliveira TM, Fornetti APC, Santos CF, Machado MAAM, Abdo RCC. Pulpotomy of human primary molars with MTA and Portland cement: a randomised controlled trial. *Br Dent J* 207 : E5 (2009)
- Seale NS, Glickman GN. Contemporary perspectives on vital pulp therapy: views from the endodontists and pediatric dentists. *Pediatr Dent* 30(3) : 261-267 (2008)
- Shahi S, Rahimi S, Yavari HR, Mokhtari H, Roshangar L, Abasi MM, Sattari S, Abdolrahini M. Effect of mineral trioxide aggregate and portland cements on inflammatory cells. *J Endod* 36(5) : 899-903 (2010)
- Shayegan A, Petein M, Vanden Abbee A. 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* 105 : 536-542 (2008)
- Sonmez D, Sari S, Cetinbas T. A comparison of four pulpotomy techniques in primary molars: a long-term follow-up. *J Endod* 34(8) : 950-955 (2008)
- Srinivasan V, Waterhouse P, Withworth J. Mineral trioxide aggregate in paediatric dentistry. *Int J Paed Dent* 19: 34-47 (2009)
- Steffen R, van Waes H. Understanding mineral trioxide aggregate/Portland-cement: A review of literature and background factors. *Eur Arch Paediatr Dent* 10(2) : 93-97 (2009)
- Subramaniam P, KondeS, Mathew S, Sugnani S. Mineral trioxide aggregate as pulp capping agent for primary teeth pulpotomy: 2 year follow up study. *J Clin Pediatr Dent* 33(4) : 311-314 (2009)
- van Waes H, Koch M, Garcia-Godoy F. Endodontie in Milch- und Wechselgebiss. In: van Waes H, Stöckli PW: *Kinderzahnmedizin*. Thieme, Stuttgart. *Farbatlant der Zahnmedizin*. Bd. 17 : 209-226 (2001)
- van Waes H, Steffen R. Die Pulpotomie in der Milchzahnendodontie: das Vorgehen, die Materialien und die besondere Rolle des Portland-Zements. *Endodontie Journal* 8(4) : 20-25 (2009)
- Yoon RK, Chussid S, et al. Preferred treatment methods for primary tooth vital pulpotomies. A survey. *NY State Dent J* 74(2) : 47-49 (2008)