
Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

Editor-in-chief
Chefredaktor
Rédacteur en chef
Jürg Meyer, Basel

Editors
Redaktoren
Rédacteurs
Urs Belser, Genève
Peter Hotz, Bern
Heinz Lüthy, Zürich

Assistant Editor
Redaktions-Assistent
Rédacteur assistant
Tuomas Waltimo, Basel

Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture

P. Baehni, Genève
F. Barbakow, Zürich
J.-P. Bernard, Genève
C.E. Besimo, Basel
M. Bickel, Zürich
S. Bouillaguet, Genève
U. Brägger, Bern
E. Budtz-Jørgensen, Genève
D. Buser, Bern
M. Cattani, Genève
B. Ciucchi, Genève
K. Dula, Bern
A. Filippi, Basel
J. Fischer, Bern
L.M. Gallo, Zürich
R. Glauser, Zürich
R. Gmür, Zürich
W. Gnoinski, Zürich
K.W. Grätz, Zürich
Ch. Hämmerle, Zürich

N. Hardt, Luzern
T. Imfeld, Zürich
K.H. Jäger, Basel
J.-P. Joho, Genève
S. Kiliaridis, Genève
I. Krejci, Genève
J.Th. Lambrecht, Basel
N.P. Lang, Bern
T. Lombardi, Genève
H.U. Luder, Zürich
A. Lussi, Bern
P. Magne, Genève
C. Marinello, Basel
G. Menghini, Zürich
R. Mericske-Stern, Bern
J.-M. Meyer, Genève
A. Mombelli, Genève
W. Mörmann, Zürich
G. Pajarola, Zürich
S. Palla, Zürich

S. Paul, Zürich
M. Perrier, Lausanne
M. Richter, Genève
S. Ruf, Bern
H.F. Sailer, Zürich
J. Samson, Genève
U.P. Saxer, Zürich
P. Schärer, Zürich
J.-P. Schatz, Genève
P. Schüpbach, Horgen
P. Stöckli, Zürich
U. Teuscher, Zürich
H. van Waes, Zürich
P. Velvart, Zürich
T. von Arx, Bern
R. Weiger, Basel
A. Wichelhaus, Basel
J. Wirz, Basel
A. Wiskott, Genève

Publisher
Herausgeber
Editeur
Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO
Société Suisse d'Odonto-Stomatologie
CH-3000 Bern 7

Adresse der wissenschaftlichen Redaktion
Prof. Jürg Meyer
Zentrum für Zahnmedizin
Institut für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie
Hebelstr. 3
4056 Basel

Erfolgsrate der direkten Pulpaüberkappung mit Kalziumhydroxid

Zusammenfassung

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, die Erfolgsrate der direkten Pulpaüberkappung mit kalziumhydroxidhaltigen Präparaten und deren Abhängigkeit von Patientenalter, Zahntyp und Behandler zu bestimmen. Über einen Zeitraum von sieben Jahren wurden an 659 Patienten insgesamt 763 direkte Überkappungen durchgeführt. Zur Nachuntersuchung, welche ein bis acht Jahre nach der Behandlung stattfand, erschienen 308 Patienten, sodass 359 direkte Überkappungen beurteilt werden konnten. Von diesen 359 Behandlungen (=100%) erfolgten 45,1% an männlichen und 54,9% an weiblichen Patienten. 61,7% der Pulpaüberkappungen waren im Oberkiefer und 38,3% im Unterkiefer durchgeführt worden.

Von den 359 Zähnen (= 100%) waren 219 Zähne sensibel, beschwerdefrei und nicht perkussionsempfindlich, was einer Erfolgsrate von 61% der nachuntersuchten direkten Pulpaüberkappungen entsprach. 113 (31,4%) der nachuntersuchten Zähne waren zwischenzeitlich wurzelgefüllt und 27 (7,6%) Zähne extrahiert worden. Es konnte eine Erfolgsabhängigkeit von den verschiedenen Zahngruppen festgestellt werden. So nahm die Erfolgsquote vom Frontzahnbereich zum Seitenzahnbereich hin kontinuierlich ab. Die mittleren Schneidezähne zeigten mit 83,3% die höchsten Erfolge, während die Weisheitszähne mit 38,9% die geringste Erfolgsquote aufwiesen.

Die Erfolgsrate war auch altersabhängig und nahm mit steigendem Alter ab. Mit 76,4% war die Behandlung bei der Altersgruppe der 10- bis 19-Jährigen am erfolgreichsten.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 113: 946–952 (2003)

Schlüsselwörter:

direkte Überkappung, Kalziumhydroxid, Pulpa

Zur Veröffentlichung angenommen: 11. Mai 2003

Korrespondenzadresse:

Dr. Thorsten Auschill

Abteilung Poliklinik für Zahnerhaltungskunde
und Parodontologie, Hugstetter Str. 55

Albert-Ludwigs-Universität, D-79106 Freiburg

Tel. 0049 761 270 4846, Fax 0049 761 270 4762

E-Mail: Auschill@zmk2.ukl.uni-freiburg.de

THORSTEN M. AUSCHILL¹, NICOLE B. ARWEILER¹,
ELMAR HELLWIG¹, ALIREZE ZAMANI-ALAEI² und
ANTON SCULEAN³

¹ Abt. Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie,
Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg, Deutschland

² Private Praxis, Kaiserslautern, Deutschland

³ Sektion Parodontologie, Abt. Zahnerhaltung,
Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz, Deutschland

Einleitung

Die pulpale Entzündung stellt – wie andere Entzündungen im Körper auch – einen elementaren Schutzmechanismus als Antwort auf jede Art von Verletzung oder Irritation dar (mikrobiologisch, chemisch und mechanisch) (MJÖR & FERRARI 2002). Es konnte aber gezeigt werden, dass pulpale Entzündungen nicht synonym mit pulpaler Zerstörung sind. Neben lokalen Abszessen oder einer Nekrose können die Weichgewebe der Pulpa auf Reize auch mit verschiedenen Verteidigungsmechanismen antworten. Gleichzeitig mit dem Zugrundegehen von Odontoblasten differenzieren sich Zellen der Pulpa zu neuen Odontoblasten und können so zu einer Ausheilung führen (MJÖR 2002).

Nach HOFFMANN-AXTHELM (1983) versteht man unter einer direkten Pulpaüberkappung das Abdecken der eröffneten Pulpa mit einem Wundverband, der das Pulpagewebe vor weiterer Schädigung schützt und eine Ausheilung der Pulpa sowie die Bildung von neuem Zahnhartgewebe im Bereich der Perforation induziert. Erste Versuche der Vitalerhaltung eines Zahnes mit eröffneter Pulpa durch eine direkte Überkappung lassen sich bis in die Anfänge der modernen Zahnheilkunde zurückverfolgen. Bereits 1765 wurde von PFAFF (zit. in GLAS & ZANDER 1949) die Abdeckung der freiliegenden Pulpa mit einem konkaven Goldplättchen beschrieben. Damit sollte eine für die Pulpa drucklose Applikation einer Füllung ermöglicht werden. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurden weitere Substanzen und Materialien, wie z.B. Zinnfolie und Elfenbein, für die therapeutische Behandlung einer eröffneten Pulpa vorgeschlagen (zit. in BAUME & HOLZ 1981). Bereits seit 1859 wird die direkte Überkappung mit Kalziumhydroxid von UNDERWOOD sowie MACKENZIE & PERKINS (zit. in STAEHLE 1990) zur dauerhaften Vitalerhaltung des direkt überkappten Zahnes empfohlen. Zahlreiche experimentelle Pulpaüberkappungsstudien haben eine Vielzahl von weiteren Medikamenten zur Bedeckung der exponierten Pulpa untersucht (KOZLOV & MASSLER 1966, CVEK et al. 1987). Dabei stellte sich Kalziumhydroxidpulver, entweder mit Wasser oder Kochsalzlösung vermischt oder in festbindender Form, als das bewährteste und am meisten verwendete Überkappungsmaterial heraus.

Mit Wasser vermishtes Kalziumhydroxidpulver verursacht eine limitierte Nekrose der Gewebeschichten an der Wundstelle (mumifizierte Zone), aber nur geringe Reaktionen im Weichgewebe. Die Reorganisation der Gewebe unter der nekrotischen Gewebzone mittels Dentinbrückenbildung durch Odontoblasten-ähnliche Zellen kann innerhalb von 30 Tagen in menschlichen Zähnen beobachtet werden, vorausgesetzt die Pulpa wurde in intaktem Dentin eröffnet. Bereits wenige Tage nach der Überkappung zeigt sich eine Differenzierung der Odontoblasten-ähnlichen Zellen unterhalb der nekrotischen Schicht, woraufhin sich dann in den folgenden 20–30 Tagen unter idealen Bedingungen eine Dentinbrücke bildet (YAMAMURA 1985, MJÖR et al. 1991, YOSHIDA et al. 1996). Allerdings resultieren nicht alle kommerziell erhältlichen Kalziumhydroxid-Präparate in dieser typischen Antwort mit Ausbildung einer begrenzten Nekroseschicht.

Misserfolge einer direkten Überkappung zeigen sich in pulpaler Nekrose, Gangrän und periapikaler Entzündung, während als Erfolgskriterium im Prinzip von allen Autoren der vitale Zahn ohne irreversibel entzündete Pulpa mit Zahnhartsubstanzneubildung im Bereich der Eröffnungsstelle der Pulpa gefordert wird (ATTIN et al. 1993). Unterschiedliche Auffassungen existieren allerdings in der Beurteilung, ob dazu die Sensibilität, die bindegewebige Abgrenzung der Pulpa (MAEGLIN 1971) oder ob die unvollständige (TRONSTAD & MJÖR 1972) beziehungsweise die vollständige (HOLLAND et al. 1979) Dentinbrückenbildung für die Erfolgsbewertung herangezogen werden sollen. Ungeachtet dieser Detaildiskussion sind sich jedoch die meisten Autoren auf Grund zahlreicher kontrollierter klinischer Studien einig, dass die direkte Überkappung – bei richtiger Indikationsstellung – eine sinnvolle und empfehlenswerte endodontische Massnahme darstellt (HASKELL et al. 1978, BAUME & HOLZ 1981, REUVER 1992, ATTIN et al. 1993). Es konnte gezeigt werden, dass eine eröffnete Pulpa keineswegs ein verlorenes Organ ist (PECKERT 1912), sondern dass sie ein beträchtliches Reparativermögen aufweist (HEYS et al. 1985). Eine direkte Überkappung ist bei klinisch symptomlosen, vitalen, im Bereich des Apex röntgenologisch unauffälligen Zähnen, die allenfalls eine

reversible Pulpitis aufweisen, indiziert (LÖRENZY-LANDGRAF 1959, SHANKLE & BRAUER 1962, FRÖHLICH 1962, KÜNZEL 1963, BAUME & HOLZ 1981). Die direkte Überkappung einer irreversibel entzündeten Pulpa hat dagegen eine schlechte Prognose (TRONSTAD & MJÖR 1972); hier ist die Vitalexstirpation vorzuziehen. Eine exakte Pulpadiagnostik ist jedoch nur im Rahmen einer histologischen Untersuchung möglich, eine Methode, die für klinische Studien natürlich ausscheidet. Da das Vorhandensein einer reversiblen Pulpitis nur retrospektiv beurteilt werden kann, steht der Zahnarzt bei Eröffnung der Pulpa nach Exkavation einer tiefen Karies oftmals vor der Frage, ob eine Vitalexstirpation indiziert ist oder ob eine direkte Überkappung Erfolgsaussichten hat.

Als erfolgsbeeinflussende Faktoren werden im Allgemeinen die Grösse der Eröffnungsstelle, das Überkappungsmittel, das Patientenalter, der Zahntyp, die Lage der Eröffnungsstelle, der biologische Zustand der Pulpa, das Zeitintervall zwischen Pulpaeröffnung und Therapie (BEETKE et al. 1990) und die Vermeidung einer bakteriellen Kontamination durch undichte Restaurationen («Microleakage») (COX et al. 1985) angegeben.

Somit war es das Ziel der vorliegenden Untersuchung, die Erfolgsrate direkt überkappter Zähne zu bestimmen und mögliche Einflussfaktoren wie Geschlecht und Alter des Patienten, Zahntyp sowie die Erfahrung des Behandlers (Zahnarzt oder Student) zu ermitteln.

Materialien und Methoden

Über einen Zeitraum von sieben Jahren wurden an einer Universitätszahnklinik (Abteilung für Parodontologie und Zahnerhaltung) bei 659 Patienten an 763 Zähnen direkte Überkappungen durchgeführt. Voraussetzung für die Überkappung war eine gesunde oder eine als reversibel entzündet eingestufte, heilungsfähige Pulpa. Als reversibel pulpitisch wurden Zähne diagnostiziert, bei denen die Beschwerden lediglich durch einen Kältereiz ausgelöst werden konnten, nicht reizüberdauernd waren und sich auf einen Zahn lokalisieren liessen. Es wurden nur kleinflächig eröffnete Pulpafächen, die 1 mm² nicht überschritten, überkappt. Die eröffnete Stelle musste von gesundem und kariesfreiem Dentin umgeben sein. Eine nicht zum Stillstand kommende Blutung wurde nicht überkappt. Zur Anwendung kamen kalziumhydroxidhaltige Präparate wie Calxyl[®] (OCO Präparate GmbH, Dirmstein, Deutschland), Dycal[®] (DENTSPLY DeTrey GmbH, Konstanz, Deutschland) und Kerr life[®] (Kerr GmbH, Karlsruhe, Deutschland). Die genaue Zusammensetzung der verwendeten Materialien ist in Tabelle I dargestellt. Welches der Präparate verwendet wurde, konnte nicht in allen Fällen aus den Patientenakten entnommen werden. Alle Zähne wurden in gleicher Sitzung mit einer definitiven Füllung versorgt. Im Frontzahnbereich erfolgten Kompositfüllungen mittels Schmelz-Ätz-Technik (Pertac[®]-Hybrid, ESPE, Seefeld, Deutschland) und im Seitenzahnbereich Amalgamfüllungen (Vivacap[®], Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein). Zur retrospektiven Nachuntersuchung waren 308 Patienten mit 359 direkt überkappten, bleibenden Zähnen erschienen. Der zeitliche Abstand von der durchgeführten Überkappung bis zur Nachuntersuchung betrug mindestens ein Jahr und höchstens acht Jahre.

Anhand eines Fragebogens wurden das Geschlecht des Patienten, das Geburtsdatum, das Behandlungsdatum, der Behandler (Zahnarzt oder Student), der behandelte Zahn, das Nachuntersuchungsdatum und das Ergebnis der Nachuntersuchung dokumentiert. Die klinische Untersuchung bestand aus Inspek-

Tab. 1 Verwendete Überkappungsmaterialien und deren Bestandteile

Calxyl®	Dycal®	Kerr Life®
10 g pastenförmige Suspension:	Basispaste:	12 g Basismaterial:
2,3 g Kalziumhydroxid,	1,3-Butylenglykol-disalicylat, Zinkoxid, Calciumphosphat,	6,10 g Kalziumhydroxid
2,7 g Bariumsulfat	Calciumwolframat, Eisenoxid-Pigment	1,65 g Zinkoxid
	Katalysator:	12 g Katalysator:
	Calciumhydroxid, N-ethyl-o/p-toluensulfonamid,	5,40 g Disalicyl- und Trisalicyl-Kunstharz,
	Titandioxid, Zinkoxid, Zinkstearat	0,60 g Methylsalicylat

tion, Perkussions- und Palpationstestung sowie aus einer Sensibilitätsprobe, die mittels eines Kohlesäureschneestäbchens bukkal am jeweiligen Zahn durchgeführt wurde. Diese Art der Sensibilitätstestung wurde auch angewandt, wenn der Zahn zwischenzeitlich mit einer Krone versorgt worden war. Die positive Sensibilitätsempfindung und eine klinisch fehlende Symptomatik wurden als Behandlungserfolg bewertet. Fiel die Probe negativ aus, wurde entweder durch Rücksprache mit dem behandelnden Zahnarzt oder anhand der Patientenakte nach einer eventuell vorhandenen Wurzelkanalbehandlung befundet. Bei bereits extrahierten Zähnen wurde das Extraktionsdatum notiert.

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS 10.0. Bei der deskriptiven Datenanalyse wurden anhand der Probandenbögen insbesondere das Geschlecht des Patienten, der Kieferbereich, das Patientenalter, der Zahntyp und der Behandler berücksichtigt. Signifikante Unterschiede zwischen den Erfolgsraten innerhalb der Zahngruppen sowie innerhalb der Altersgruppen wurden mit dem χ^2 -Test ermittelt.

Resultate

Von den 359 (100%) nachuntersuchten Zähnen waren 162 (45,1%) direkte Überkappungen bei männlichen und 197 (54,9%) bei weiblichen Patienten durchgeführt worden. 223 (62,1%) waren im Oberkiefer und 136 (37,9%) im Unterkiefer lokalisiert.

Dabei erwiesen sich 219 Zähne (61%) als sensibel, beschwerdefrei und nicht perkussionsempfindlich, 113 Zähne (31,4%) waren wurzelgefüllt, 27 Zähne (7,6%) waren bereits extrahiert worden.

Es fand sich kein Zahn, der als desensibel getestet wurde und nicht wurzelgefüllt war. Abbildung 1 verdeutlicht, dass die Erfolgsquote der Überkappungen altersabhängig war, d.h., dass die Erfolgsquote mit steigendem Lebensalter kontinuierlich von 76,4% bei den 10- bis 19-Jährigen bis 0% bei den 70- bis 79-Jährigen abnahm. Ausnahme war die Gruppe der 7- bis 9-Jährigen mit 66,7%. Während sich die Erfolgsquoten der Altersgruppen der 10- bis 19-Jährigen, der 20- bis 29-Jährigen sowie der 30- bis 39-Jährigen nicht signifikant voneinander unterschieden, waren die Erfolgsraten dieser Gruppen signifikant unterschiedlich zu denen der übrigen Altersgruppen ($p \leq 0,05$; χ^2 -Test).

Betrachtet man die Erfolgsrate bezogen auf den Zahntypen, zeigte sich, dass im Frontzahnbereich eine Vitalerhaltung bei 83,3% der Zähne erzielt werden konnte, während diese zum Seitenzahnbereich hin kontinuierlich abnahm. So lag sie z.B. bei den Weisheitszähnen nur noch bei 38,9% (Abb. 2). Statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der Erfolgsrate zeigten sich bei allen Gruppen gegenüber der Erfolgsrate bei den Weisheitszähnen. Die Erfolgsquoten bei den Gruppen der 1er bis 7er unterschieden sich jedoch nicht signifikant voneinander. Von den 231 durch Assistenz Zahnärzte behandelten Zähnen waren 132 (57,1%) vital. 128 der untersuchten Zähne waren durch Studenten behandelt worden, davon erwiesen sich 87 Zähne (68%) bei der Nachuntersuchung als vital.

Diskussion

Die vorliegende retrospektive Studie beschreibt das Verteilungsmuster und die Erfolgsrate von nachuntersuchten direkten Pulpaüberkappungen in Bezug auf verschiedene Parameter

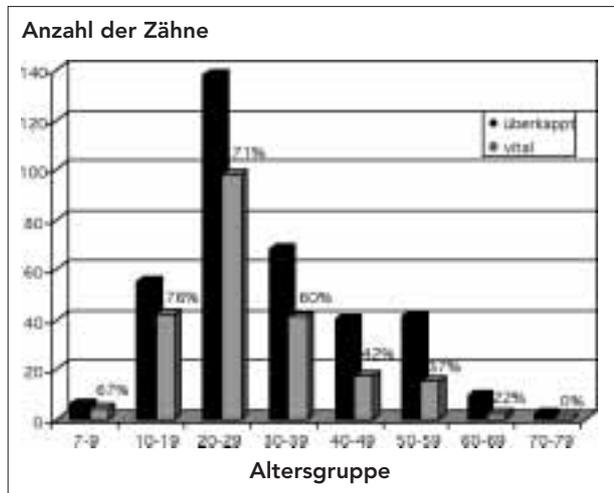


Abb. 1 Verteilung der Überkappungserfolge (Vitalität des Zahnes) auf verschiedene Altersgruppen mit entsprechender Erfolgsrate (in %)

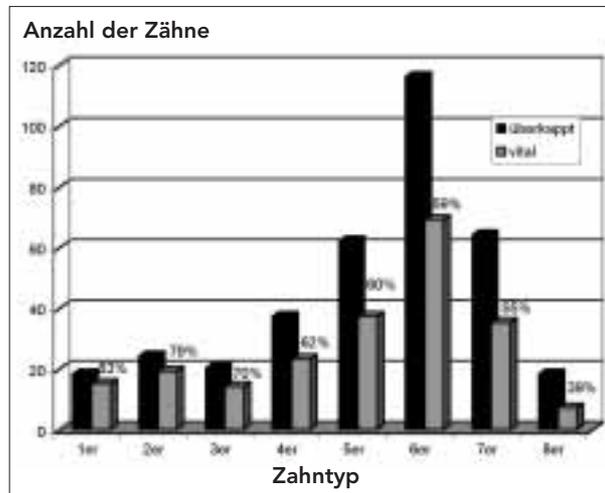


Abb. 2 Verteilung der Überkappungserfolge (Vitalität des Zahnes) auf den Zahntyp mit entsprechender Erfolgsrate (in %)

wie das Geschlecht des Patienten, den Kieferbereich, das Patientenalter, den einzelnen Zahntypen und den Behandler.

Zur Sensibilitätsprüfung wurde Kohlesäureschnee verwendet, da diese Technik als die einfachste und sicherste Methode gilt (SCHROEDER 1981). Auf eine zusätzliche elektrische Sensibilitätsprüfung wurde verzichtet, da sie zum einen bei überkronten Zähnen nicht möglich ist und zum anderen von der subjektiven Empfindlichkeit und der vegetativen Reaktionslage des Patienten sehr stark beeinflusst wird (FESSELER 1988). Auf das zusätzliche Anfertigen von Röntgenbildern wurde im Rahmen dieser Arbeit aus Strahlenschutzgründen verzichtet, zumal die Aussagekraft von Röntgenbildern in diesem Zusammenhang als eingeschränkt gilt (WANNENMACHER 1960, SHANKLE & BRAUER 1962, ARMSTRONG & HOFFMAN 1962, PRITZ 1970, SCHREGER et al. 1988). Die epidemiologische Verteilung der Überkappungen entspricht Studien anderer Arbeitsgruppen (GÜLZOW & MÜLLER 1966, BEETKE et al. 1990, REUVER 1992, ATTIN et al. 1993). Das häufigere Auftreten direkter Überkappungen im Oberkiefer wird sowohl mit einer erhöhten Kariesanfälligkeit (WANNENMACHER 1960, GÜLZOW & MAEGLIN 1964) als auch mit verstärkter Traumahäufigkeit begründet. So betreffen traumatische Pulpaeröffnungen in über 80% der Fälle die Oberkieferfrontzähne (SCHÜTZMANN 1963, WALLENTIN 1967). Die Häufigkeit der durchgeführten Behandlungen bezogen auf den Zahntypen lässt sich ebenfalls mit denen der oben erwähnten Arbeitsgruppen vergleichen. Die meisten Überkappungen weisen Molaren auf, gefolgt von den Prämolaren. Die wenigsten wurden an den Unterkiefer-Frontzähnen durchgeführt.

Die Erfolgsrate von 61% in der vorliegenden Studie liegt im unteren Bereich der in der Literatur angegebenen Erfolgsraten von 60%–98% (HARNDT & SCHACHTSIEK 1962, SHANKLE & BRAUER 1962, GÜLZOW & MÜLLER 1966, SCHREGER et al. 1988, REUVER 1992). Ein direkter Vergleich der einzelnen Arbeiten ist aber auf Grund der unterschiedlichen Indikationsstellungen und Auswertungskriterien nur schwer möglich. In den erwähnten retrospektiven Studien konnte die genaue Ursache der Misserfolge in vielen Fällen ebenfalls nicht ermittelt werden. So konnten weder die Gründe der zwischenzeitlich durchgeführten Wurzelfüllungen noch die der Extraktionen retrospektiv eindeutig bestimmt werden. Prinzipiell gilt es anzumerken, dass der Prozentsatz der Misserfolge (39%) nicht zwingend auf den Misserfolg der direkten Überkappung zurückzuführen ist. Es liegt die Vermutung nahe, dass mehrere Jahre nach der eigentlichen, direkten Überkappung auftretende Misserfolge eventuell auch auf andere Ursachen (z.B. Sekundärkaries, Parodontopathien, Trauma) zurückzuführen sind.

MJÖR (2002) macht drei Hauptfaktoren für eine erfolgreiche Pulpaüberkappung verantwortlich:

Erstens sollten irreversibel entzündete Pulpen nicht überkappert werden sowie eine Entzündung durch ein (chemisch) toxisches oder allergenes Material vermieden werden (SONODA et al. 2001). Als solche Materialien werden Eugenol und zum Teil auch kunststoffbasierte Materialien genannt. Bei einer entzündungsfreien und von intaktem Dentin umgebenen, eröffneten Pulpa besteht Evidenz, dass hier Kalziumhydroxid das Mittel der Wahl ist (HØRSTED et al. 1981, SONODA et al. 2001). Auf Grund der teilweise lückenhaften Dokumentation des jeweils verwendeten Überkappungsmaterials konnte keine Erfolgsrate für das jeweilige Material bestimmt werden. Es handelte sich jedoch bei allen drei verwendeten Materialien um Kalziumhydroxid-Präparate. Während Dycal® und Kerr life® zu den aushärtenden Kalziumhydroxid-Materialien gehören, stellt Calxyl® eine wässrige Paste dar. In welcher Form das Kalziumhydroxid

verwendet werden soll, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Auch wenn sich gezeigt hat, dass aushärtende Präparate nur bedingt OH⁻-Ionen abgeben und somit kaum bakterizid wirken (STAEHLE & PIOCH 1988), so ermöglichen sie dennoch eine bakteriendichte Unterfüllung beziehungsweise Füllung und es kommt auch hier zu einem Verschluss der Perforationsöffnung (CVEK et al. 1987, LIM & KIRK 1987, FITZGERALD & HEYS 1991).

Als Alternative zu Kalziumhydroxid-Präparaten könnten sich auf Grund neuerer Untersuchungen Dentinadhäsive entwickeln. Es finden sich in der Literatur Berichte von einer positiven Heilung nach Anwendung der Total-etch-Technik und direkter Applikation von Komposit (KITASAKO et al. 2001). Der Vorteil dieser Systeme liegt in der Möglichkeit eines bakteriendichten Verbundes und somit in der Vermeidung eines «Microleakage». Auf die Bedeutung der Verhinderung einer bakteriellen Reinfektion für eine erfolgreiche Heilung wird an späterer Stelle detailliert eingegangen. Histologische Studien am Affen (KITASAKO et al. 1999) sowie erste In-vitro/In-vivo-Studien (HEBLING et al. 1999, COSTA et al. 2000 & 2001) zeigen allerdings konträre Resultate bezüglich der Tertiärdentinbildung. Ein Einsatz im täglichen Praxisbetrieb sollte deshalb nach Ansicht der Autoren erst nach positiven Langzeitergebnissen erfolgen.

Eine weitere Möglichkeit stellt der Einsatz des aus der Parodontologie bekannten regenerativen Schmelz-Matrix-Proteins dar. Es wird vermutet, dass es die pulpale Wundheilung bei gleichzeitiger Anregung zur Tertiärdentinbildung unterstützt. Erste Studien (NAKAMURA et al. 2002) zeigen viel versprechende Ergebnisse. Des Weiteren zeigen Studien von FARACO & HOLLAND (2001) und TZIAFAS et al. (2002) einen Heilungsprozess mit Tertiärdentinbildung bei Einsatz von Trikalziumphosphat, freigesetzt aus dem Produkt ProRoot™ MTA. Der derzeit verhältnismässig hohe finanzielle Aufwand lässt diese Behandlungsmöglichkeit jedoch wenig praxistauglich erscheinen.

Eine zweite, wichtige Rolle spielt neben der Auswahl des Überkappungsmaterials selbst auch die Wahl des Füllungsmaterials über der überkapperten Pulpa. Um eine Reinfektion der pulpalen Wunde zu vermeiden, sollte die definitive Restauration eine Versiegelung bieten, die effektiv ein Eindringen von Bakterien und somit eine Reinfektion verhindert (COX et al. 1985). Solch eine bakteriendichte Füllung ist besonders in der Zeit wichtig, bis die Dentinbrücke selbst zu einer undurchdringbaren Barriere wird. Während im Allgemeinen Kofferdam empfohlen wird, um eine bakterielle Kontamination der Weichgewebe zu vermeiden, zeigten allerdings zwei grosse Untersuchungen an Affenzähnen, die mit Kalziumhydroxid überkappert wurden, keine Unterschiede in der Heilung, wenn die Pulpen direkt nach der Eröffnung überkappert oder vor der Überkappung zunächst für bis zu 7 Tage der oralen Umgebung ausgesetzt waren. Misserfolge konnten eher auf eine spätere Kontamination über ein «Leakage» an der Grenzfläche zwischen Zahn und Restauration zurückgeführt werden (COX et al. 1982 & 1985). In der vorliegenden Studie wurden die betroffenen Zähne im Seitenzahngebiet mit Amalgamfüllungen und im Frontzahngebiet mit Kompositfüllungen versorgt. Während in früheren Jahren Composite auf Grund der Polymerisationsschrumpfung eher für «Microleakage» prädestiniert waren, stellen sie heutzutage mit modernen Dentinadhäsiven das Mittel der Wahl für langfristig bakteriendichte Restaurationen dar. Wenn sich solche Dentinadhäsive auch als Überkappungsmaterial durchsetzen, würde das die klinische Prozedur der Pulpaüberkappung vereinfachen und damit eine Zeitersparnis bringen.

Als dritter wichtiger Faktor wird der Zustand der Pulpa und damit deren Regenerationsfähigkeit genannt. Pulpaeröffnungen

bei frisch durchgebrochenen Zähnen oder Zähnen von jungen Personen zeigen unbeeinflusstes, normal durchlässiges Dentin und eine zellreiche und faserarme Pulpa (MJÖR 1996). Nach SCHRÖDER (1981) ist allerdings das biologische Alter gegenüber dem chronologischen Alter der Pulpa für den Erfolg der direkten Überkappung massgebend. Im Gegensatz zum chronologischen Alter können sich Pulpaeröffnungen auch in einem Dentin ereignen, das durch Karies, natürliche Alterungsprozesse, Attrition, Abrasion, Erosion oder frühere Restaurationen verändert sein kann. Die Qualität dieses Dentins und der darunter liegenden «biologisch gealterten» Pulpa kann dadurch sehr variabel sein, sodass die Regenerationsfähigkeit und das Heilungspotenzial der Pulpa auch bei einem relativ jungen Menschen eingeschränkt sein kann. Umgekehrt können auch ältere Menschen Zähne mit einer «biologisch jungen» Pulpa aufweisen. So konnten HØRSTED et al. (1985), SCHREGER et al. (1988) und REUVER (1992) erfolgreiche direkte Überkappungen bis ins hohe Alter nachweisen. REUVER (1992) erzielt bei 70- bis 80-Jährigen Erfolgsraten bis 58%. Die Erfolgsrate nahm aber in dieser Studie sowie in einer Studie von BEETKE et al. (1990) mit steigendem Patientenalter ab. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Auch wenn die Verteilung der Überkappungen auf das Patientenalter eine starke Präsenz von jungen Erwachsenen zwischen dem zwanzigsten und dem vierzigsten Lebensjahr zeigt, so liegt dies aber nicht, wie angenommen werden könnte, an einer strengeren Indikationsstellung in Bezug auf das Patientenalter, sondern mehr an der Zusammensetzung des Patientenguts einer Universitätsklinik (Abteilung Zahnerhaltung) mit vielen jungen Studenten verschiedener Fachrichtungen. Dies wurde auch in den Arbeiten von SCHREGER et al. (1988) und ATTIN et al. (1993) festgestellt. Der Zustand der Pulpa mag auch die Ursache für eine unterschiedliche Heilungstendenz von Front- und Seitenzähnen sein. In der vorliegenden Studie nahm die Erfolgsquote vom Frontzahnbereich zum Seitenzahnbereich hin kontinuierlich ab. Im Gegensatz dazu werden in der Literatur den Seitenzähnen bessere Heilungschancen zugeschrieben (HØRSTED et al. 1985, REUVER 1992, ATTIN et al. 1993), was mit einer besseren Durchblutung der grösseren Pulpa von Seitenzähnen erklärt wird. Eine mögliche Erklärung für die höhere Erfolgsrate bei Frontzähnen in der vorliegenden Studie ist, dass Seitenzähne häufiger aufgrund von tiefer Karies überkappert werden müssen, während die Frontzähne häufiger auf Grund von Traumata behandelt werden. Einige Autoren haben in histologischen Studien gezeigt, dass die Behandlung von traumatischen, iatrogenen Pulpaeröffnungen eine wesentlich bessere Prognose aufweist als die entsprechende Behandlung einer Caries profunda (RUCKTESCHLER 1952, BAUME & HOLZ 1981, BEETKE et al. 1990). Auf die bereits degenerativ veränderte Pulpa bei einem tief kariösen Zahn, auch wenn keine Schmerzsymptomatik vorliegt, wurde bereits eingegangen.

Insgesamt ist es sehr schwer, die Histopathologie, die Physiologie und das Reaktionspotenzial der individuell vorliegenden Gewebe klinisch zu bestimmen. Die klinische Untersuchung der eröffneten Stelle sollte aber auf dem visuellen Erscheinungsbild, der Stärke und Persistenz der Blutung aus der Wundstelle sowie dem Zustand des Zahnes, der Schmerzanamnese und generellen Faktoren wie z.B. – trotz der oben erwähnten Einschränkungen – dem Alter der Patienten basiert sein.

In den Untersuchungen von GÜLZOW & MÜLLER (1966) und SCHREGER et al. (1988) wird eine niedrige Erfolgsrate unter anderem mit der Behandlung durch Studenten erklärt. BARTHEL et al. (2000) fanden bei Pulpaüberkappungen durch Studenten

Misserfolgsraten von 44,5% bzw. 79,7% nach fünf bzw. zehn Jahren, die deutlich über den in der Literatur erwähnten Misserfolgsraten liegen. Meist wird dies auf die mangelnde Berufserfahrung zurückgeführt. Leider wurde in den angeführten Untersuchungen auf einen direkten Vergleich Student versus Zahnarzt verzichtet. In der hier vorliegenden Studie konnte eine höhere Erfolgsrate bei der studentischen Behandlung festgestellt werden, die allerdings auf Grund der geringen Fallzahl statistisch nicht abgesichert werden konnte. Eine Erklärung könnte darin liegen, dass im Rahmen der Schmerzambulanz durch den Assistenz Zahnarzt häufiger Zähne direkt überkappert wurden, die zwar die Indikationskriterien erfüllten, die aber bereits degenerativ veränderte Pulpen aufwiesen.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie kann gefolgert werden, dass die direkte Pulpaüberkappung mit kalziumhydroxidhaltigen Präparaten eine sinnvolle und praxistaugliche endodontische Massnahme darstellt, durch die bei richtiger Indikationsstellung eine eröffnete Pulpa langfristig vital erhalten werden kann. Auf Grund der geringen Datenlage bezüglich Alternativmaterialien stellen kalziumhydroxidhaltige Präparate somit auch heute noch das Mittel der Wahl dar.

Da die Nachuntersuchungen in unterschiedlichen Abständen bezogen auf die Behandlung (1–8 Jahre nach der direkten Überkappung) durchgeführt wurden und nicht in allen Fällen der genaue Zeitpunkt des «Misserfolgs» (Wurzelkanalbehandlung, Extraktion) angegeben werden konnte, ist es nicht möglich, eine generelle Aussage über den Zeitpunkt des Versagens der Pulpaüberkappung zu machen. Es konnte jedoch ermittelt werden, dass mindestens 89 (63,6%) der Misserfolge schon ein Jahr nach der Behandlung auftraten. Ob die übrigen 51 nicht mehr vitalen Zähne (nachuntersucht später als ein Jahr nach der Behandlung) ebenfalls bereits im ersten Jahr behandelt werden mussten oder erst später, kann nicht exakt nachvollzogen werden. Es erscheint aber somit sinnvoll, mit einer prothetischen Versorgung (z.B. Einlagefüllungen, Kronen oder Brücken) mindestens ein Jahr zu warten. Zur Vermeidung einer möglichen bakteriellen Reinfektion (IMURA et al. 1997, BALTO 2002) ist eine sofortige bakteriendichte Restauration (Schmelz-Ätz-Technik) zwingend notwendig (BARTHEL et al. 2000).

Summary

AUSCHILL T M, ARWEILER N B, HELLWIG E, ZAMANI-ALAEI A, SCULEAN A: **Success rate of direct pulp-capping with calcium hydroxide** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 113: 946–952 (2003)

Aim of this retrospective study was to evaluate the success rate of direct pulp-capping treatment using calcium hydroxide-containing agents according to the age of the patient, the type of tooth and the person who performed the treatment. Over a period of seven years a total of 659 patients were treated. 763 direct pulp-cappings were recorded. From these 308 patients a total of 359 pulp-cappings (= 100%) were reexamined one to eight years after treatment. 45.1% of the reexamined teeth were in males and 54.9% in females. 61.7% of the treated teeth were in the upper and 38.8% in the lower jaw.

Out of the 359 teeth (= 100%) the success rate was 61% (219 teeth); while 113 teeth (31.4%) had received a root canal treatment and 27 (7.6%) had been extracted. In this study the success rate depended on the group of teeth. It decreased continuously from the anterior teeth to the molars. The central incisors showed the highest (83.3%) and the wisdom teeth the lowest (38.9%) success rate. In addition, the success rate decreased

with increasing age of the patients. The most successful treatments (76.4%) were registered in the group of patients, aged 10–19 years.

Résumé

Le but de cette étude rétrospective est de définir le taux de réussite du coiffage pulpaire direct avec des préparations contenant de l'hydroxyde de calcium ainsi que son lien avec l'âge du patient, le type de dents et l'opérateur. Sur une durée de sept ans, en tout 763 coiffages directs ont été effectués sur 659 patients. 308 patients se sont présentés à un examen de contrôle, lequel a eu lieu un à huit ans après le traitement, si bien que 359 coiffages directs (= 100%) ont pu être évalués. 45,1% des traitements réexaminés ont été effectués sur des patients masculins, 54,9% sur des patients féminins. 61,7% des coiffages ont été opérés sur le maxillaire supérieur et 38,3% sur le maxillaire inférieur.

Sur les 359 dents, 219 étaient sensibles, exemptes de douleurs et insensibles aux chocs, soit un taux de réussite de 61% de tous les coiffages directs réexaminés. 113 (31,4%) des dents réexaminées ont été entre-temps obturées radicalement et 27 (7,6%) ont été extraites. On a pu déterminer un facteur de réussite dépendant des différents groupes de dents. Ainsi le taux de réussite baissait continuellement en allant des dents antérieures vers les molaires. Les incisives centrales ont présenté le plus haut taux de réussite avec 83,3% de réussite, alors que les dents de sagesse donnaient le taux de réussite le plus bas avec 38,9%.

En outre, le taux de réussite décroissait avec l'âge. Le plus haut taux de réussite (76,4%), a été enregistré pour les patients dans la tranche d'âge de 10 à 19 ans.

Literaturverzeichnis

- ARMSTRONG W P, HOFFMAN S: Pulp-Cap Study. *Oral Surg* 12: 1505–1509 (1962)
- ATTIN T, HELLWIG E, KALETSCHEK H: Erfolgsaussichten der direkten Pulpaüberkappung bei Zähnen mit Caries profunda. *Quintessenz* 44: 1613–1622 (1993)
- BALTO H: An assessment of microbial coronal leakage of temporary filling materials in endodontically treated teeth. *J Endod* 11: 762–764 (2002)
- BARTHEL C R, ROSENKRANZ B, LEUENBERG A, ROULET J C: Pulp capping of carious exposures: Treatment outcome after 5 and 10 years: a retrospective study. *J Endod* 9: 525–528 (2000)
- BAUME L J, HOLZ J: Long term clinical assessment of direct pulp capping. *Int Dent J* 31: 251–260 (1981)
- BEETKE E, BINENGRÄBER V, LAU B, WENZEL B: Zur direkten Überkappung der artifiziell freigelegten Pulpa bei Caries profunda. *Stomatol DDR* 40: 246–249 (1990)
- COSTA C A S, HEBLING J, HANKS C T: Current status of pulp capping with dentin adhesive systems: a review. *Dent Mat* 16: 188–197 (2000)
- COSTA C A S, LOPES DO NASCIMENTO, TEIXEIRA H M, FONTANA U F: Response of human pulps capped with a self-etching adhesive system. *Dent Mat* 17: 230–240 (2001)
- COX C F, BERGENHOLTZ G, FITZGERALD M, HEYS D R, HEYS R J, AVERY J K, BAKER J A: Capping of the dental pulp mechanically exposed to the oral microflora – a 5 week observation of wound healing in the monkey. *J Oral Pathol* 11: 327–339 (1982)
- COX C F, BERGENHOLTZ G, HEYS D, SYED S A, FITZGERALD M, HEYS R: Capping of the dental pulp mechanically exposed to the oral microflora: a 1–2 year observation of wound healing in the monkey. *J Oral Pathol* 14: 156–168 (1985)
- CVEK M, GRANATH L, CLEATON-JONES P, AUSTIN J: Hard tissue barrier formation in pulpotomized monkey teeth capped with cyanoacrylate or calcium hydroxide for 10 and 60 minutes. *J Dent Res* 6: 1166–1174 (1987)
- FARACO I M, HOLLAND R: Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol* 4: 163–166 (2001)
- FESSELER A: *Praxis der Zahnheilkunde*, Band 1: 105–106 (1988)
- FITZGERALD M, HEYS R J: A clinical and histological evaluation of conservative pulp therapy in human teeth. *Oper Dent* 16: 101–112 (1991)
- FRÖHLICH E: Unsere Auffassung über die Möglichkeit der Erhaltung der Pulpa einst und jetzt. *Dtsch Zahnärztl Z* 17: 1464–1471 (1962)
- GLAS R L, ZANDER H A: Pulp healing. *J Dent Res* 28: 97–107 (1949)
- GÜLZOW H J, MAEGLIN B: Über die symmetrische Verteilung der Zahnkaries und deren Bedeutung für kariesstatistische Untersuchungen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 74: 315–326 (1964)
- GÜLZOW H J, MÜLLER H: Klinische und röntgenologische Nachuntersuchungen von direkten Überkappungen und Vitalamputationen. *Dtsch Zahnärztl Z* 21: 176–179 (1966)
- HARNDT R, SCHACHTSIEK G: Klinische Kontrolle direkter Überkappungen der gesunden Pulpa. *Dtsch Zahnärzteblatt* 16, 734–739 (1962)
- HASKELL E W, STANLEY H R, CHELLEMI J, STRINGFELLOW H: Direct pulp capping treatment: A long-term follow-up. *J Am Dent Assoc* 97: 607–612 (1978)
- HEBLING J, GIRO E M A, COSTA C A S: Biocompatibility of an adhesive system applied to exposed human dental pulp. *J Endod* 25: 676–682 (1999)
- HEYS D R, FITZGERALD R J, COX C F, AVERY J K: The inherent healing capacity of the dental pulp. *J Dent Res* 64: 221–229 (1985)
- HOFFMANN-AXTHELM W: *Lexikon der Zahnmedizin*. Quintessenz, Berlin (1983)
- HOLLAND R, DE SOUZA V, DE MELLO W, NERY M J, BERNABE P F, OTOBONI FILHO J A: Permeability of hard tissue bridge formed after pulpotomy with calcium hydroxide: a histologic study. *J Am Dent Assoc* 99: 472–475 (1979)
- HØRSTED P, EL-ATTAR K, LANGELAND K: Capping of monkey pulps with Dycal and Ca-eugenol cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 52: 531–553 (1981)
- HØRSTED P, SØNDERGAARD B, THYLSTRUP A, EL-ATTAR K, FEJERSKOV O A: A retrospective study of direct pulp capping with calcium hydroxide compounds. *Endod Dent Traumatol* 1: 29–34 (1985)
- IMURA N, OTANI S M, CAMPOS M J, JARDIM JUNIOR E G, ZUOLO M L: Bacterial penetration through temporary restorative materials in root-canal-treated teeth in vitro. *Int Endod J* 6: 381–385 (1997)
- KITASAKO Y, INOKOSHI S, TAGAMI J: Effects of direct resin pulp capping techniques on short-term response of mechanically exposed pulps. *J Dent* 27: 257–263 (1999)
- KITASAKO Y, SHIBATA S, PEREIRA P N R, TAGAMI J: Short-term dentin bridging of mechanically-exposed pulps capped with adhesive systems. *Oper Dent* 25: 155–162 (2001)
- KOZLOV M, MASSLER M: Histologic effects of various drugs on amputated pulps of rat molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 13: 455–469 (1966)
- KÜNZEL W: Die Beziehung der tiefen Karies zur Pathomorphologie der Pulpa. *Zahn-, Mund- Kieferheilkunde* 39: 433–451 (1963)

- LIM K C, KIRK E E: Direct pulp capping: a review. *Endod Dent Traumatol* 3: 213–219 (1987)
- LÖRENZY-LANDGRAF E: Lebenderhaltung der entzündeten Pulpa. *Zahnärztl Praxis* 10: 49–52, 81–81 (1959)
- MAEGLIN B: Die Chirurgie der Pulpa. *Zahnärztl Praxis* 22: 117–118 (1971)
- MJÖR I A: Age changes in teeth. In: Holm-Pedersen P, Løe H (Eds): *Geriatric Dentistry*. Munksgaard, Copenhagen, pp 94–102 (1996)
- MJÖR I A: Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 7: The exposed pulp. *Quintessence Int* 33: 113–135 (2002)
- MJÖR I A, DAHL E, COX C F: Healing of pulp exposures: An ultrastructural study. *J Oral Pathol Med* 20: 496–501 (1991)
- MJÖR I A, FERRARI M: Pulp-dentin biology in restorative dentistry. Part 6: Reactions to restorative materials, tooth-restoration interfaces, and adhesive techniques. *Quintessence Int* 33: 35–63 (2002)
- NAKAMURA Y, HAMMARSTROM L, MATSUMOTO K, LYGSTADAAS S P: The induction of reparative dentine by enamel proteins. *Int Endod J* 35: 407–417 (2002)
- PECKERT H: Einführung in die konservierende Zahnheilkunde. S Hirzel, Leipzig (1912)
- PRITZ W: Über die Lebenderhaltung der menschlichen Zahnpulpa. *Öst Z Stomat* 67: 48–58, 93–105 (1970)
- REUVER J: 592 Pulpaüberkappungen in der zahnärztlichen Praxis – eine klinische Prüfung (1966–1990). *Dtsch Zahnärztl Z* 47: 29–32 (1992)
- RUCKTESCHLER H: Untersuchungen über die Erfolgszahlen bei der direkten Überkappung der Pulpa. *Zahnärztl Welt* 7: 165–167 (1952)
- SCHREGER E, JUNGnickel U, NOSSEK H, KCIUK K: Klinische und röntgenologische Untersuchung nach direkter Überkappung. *Stomatol DDR* 38: 754–757 (1988)
- SCHRÖDER A: Endodontie: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Quintessenz, 2. Auflage: 17–20, 47–68 (1981)
- SCHÜTZMANNsky G: Unfallverletzungen an jugendlichen Zähnen. *Dtsch Stomatol* 13: 919–927 (1963)
- SHANKLE R J, BRAUER J S: Pulp capping. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 15: 1121–1127 (1962)
- SONODA H, INOKOSHI S, OTZUKI M, TAGAMI J: Pulp tissue reaction to four dental cements. *Oper Dent* 26: 201–207 (2001)
- STAEHLE H J: Calciumhydroxid in der Zahnheilkunde. Hanser, München (1990)
- STAEHLE H J, PLOCH T: Die alkalisierende Wirkung kalziumhydroxidhaltiger Handelspräparate. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 10: 1072–1077 (1988)
- TRONSTAD L, MJÖR I A: Capping of the inflamed pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 34: 477–485 (1972)
- TZIAFAS D, PANTELIDOU O, ALVANOU A, BELIBASAKIS G, PAPADIMITRIOU S: The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J* 3: 245–254 (2002)
- WALLENTIN I: Zahnfrakturen bei Kinder und Jugendlichen. *Zahnärztl Mitt* 57: 875–877 (1967)
- WANNENMACHER E: Pathologie und Therapie des Zahnmarkes. *Dtsch Zahnärztl Z* 15: 174–184 (1960)
- YAMAMURA T: Differentiation of pulp cells and inductive influences of various matrices with reference to pulpal wound healing. *J Dent Res* 64: 530–540 (1985)
- YOSHIBA K, YOSHIBA N, NAKAMURA H, IWAKU M, OZAWA H: Immunolocalization of Fibronectin during Reparative Dentinogenesis in Human Teeth after Pulp Capping with Calcium Hydroxide. *J Dent Res* 75: 1590–1597 (1996)