
Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

**Editor-in-chief
Chefredaktor
Rédacteur en chef**

Jürg Meyer, Basel

**Editors
Redaktoren
Rédacteurs**

Urs Belser, Genève
Rudolf Gmür, Zürich
Peter Hotz, Bern

**Assistant Editor
Redaktions-Assistent
Rédacteur assistant**

Tuomas Waltimo, Basel

Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture

P. Baehni, Genève
J.-P. Bernard, Genève
C.E. Besimo, Basel
M. Bornstein, Bern
S. Bouillaguet, Genève
U. Brägger, Bern
D. Buser, Bern
M. Cattani, Genève
B. Ciucchi, Genève
K. Dula, Bern
D. Ettlín, Zürich
G. Eyrich, Zürich
A. Filippi, Basel
J. Fischer, Bern
L.M. Gallo, Zürich
R. Glauser, 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
R. Jung, Zürich
S. Kiliaridis, Genève
I. Krejci, Genève
J.Th. Lambrecht, Basel
N.P. Lang, Bern
T. Lombardi, Genève
H.U. Luder, Zürich
A. Lussi, Bern
H. Lüthy, Basel
C. Marinello, Basel
G. Menghini, Zürich
R. Mericske-Stern, Bern
J.-M. Meyer, Genève
A. Mombelli, Genève
W. Mörmann, Zürich
F. Müller, Genève
G. Pajarola, Zürich
S. Palla, Zürich
S. Paul, Zürich

M. Perrier, Lausanne
B. Pjetursson, Bern
M. Ramseier, Bern
M. Richter, Genève
S. Ruf, Bern
H.F. Sailer, Zürich
J. Samson, Genève
U.P. Saxer, Zürich
J.-P. Schatz, Genève
S. Scherrer, Genève
P. Schüpbach, Horgen
H. van Waes, Zürich
P. Velvart, Zürich
T. von Arx, Bern
F. Weber, Zürich
R. Weiger, Basel
A. Wichelhaus, Basel
A. Wiskott, Genève
H.F. Zeilhofer, Basel
N.U. Zitzmann, Basel

**Publisher
Herausgeber
Editeur**

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

Adresse der wissenschaftlichen Redaktion

Prof. Jürg Meyer
Universitätskliniken für Zahnmedizin
Institut für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie
Hebelstr. 3
4056 Basel

Temperaturentwicklung im Dentin bei Kariesexkavation mit oszillierenden Instrumenten

Zusammenfassung

Um das Ausmass des thermischen Traumas bei der Kariesexkavation mit oszillierenden Ansätzen abschätzen zu können, wurden Temperaturmessungen an standardisierten Testkavitäten *in vitro* durchgeführt. Neben einem diamantierten kugelförmigen Ansatz (Cariex D, KaVo) wurde auch ein neuartiger Ansatz mit Hartmetalllamellen (Cariex TC, KaVo) getestet. Untersucht wurde die Temperaturerhöhung für beide Instrumente ohne Spraykühlung, mit Spray bei verschiedenen Kühlwassermengen sowie bei Verwendung von Plakout-Gel (Kerr/HaWe) als Kühlmedium.

Für beide Ansätze lagen die Temperaturwerte ohne Wasserkühlung – mit Werten über 3,5 °C – signifikant über denen mit Wasserkühlung, welche Temperaturanstiege deutlich unter 1 °C bewirkten. Eine Steigerung der Spraywassermenge von 7,3 ml/min auf 25 ml/min führte zu keiner besseren Kühlwirkung. Zwischen beiden Verfahren bestanden für die getesteten Modi keine signifikanten Unterschiede. Der Einsatz von Cariex TC in Kombination mit Plakout Gel führte zu Werten, welche zwischen denen für Luft- und Wasserspraykühlung lagen.

Während schon eine äusserst geringe Spraywassermenge ausreicht, um auch im pulpanahen Dentin exkavieren zu können, ist eine länger andauernde Exkavation ohne Wasserspray nicht zu empfehlen. Die Verwendung höhervisköser, wasserbasierender Substanzen als Medikamententräger hingegen scheint im zeitlich begrenzten Rahmen zur Kühlung bei Kariesexkavation durchaus praktikabel.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 536–541 (2005)

Schlüsselwörter: Kariesexkavation, Temperaturentwicklung, oszillierende Präparationstechnik

Zur Veröffentlichung angenommen: 23. Februar 2005

Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. med. dent. Burkard Hugo
Universität Würzburg, Poliklinik für Kieferorthopädie
Pleicherwall 2, D-97070 Würzburg
Tel. 0049/(0)931/20173350
E-Mail: burkard.hugo@mail.uni-wuerzburg.de

HANS ZESEWITZ¹, BERND KLAIBER³, PETER HOTZ¹
und BURKARD HUGO²

¹ Universität Bern, Klinik für Zahnerhaltung

² Universität Würzburg, Poliklinik für Kieferorthopädie

³ Universität Würzburg, Poliklinik für Zahnerhaltung
und Parodontologie

Einleitung

Zahlreiche Untersuchungen sind bisher mit rotierenden Instrumenten bezüglich der durch sie verursachten Temperaturentwicklung durchgeführt worden. Dabei sind eine Anzahl von Parametern variiert worden, um deren Stellenwert und Einfluss auf den Temperaturverlauf beurteilen zu können. Wichtigstes Ergebnis ist die Tatsache, dass vor allem die Spraykühlung in der Lage ist, den pulpalen Temperaturanstieg in moderaten Grenzen zu halten. So zeigte sich, dass bei vorhandener adäquater Wasserkühlung und sonst klinisch üblichen Rahmenbedingungen

die pulpale Temperatur entweder gar nicht (FUHR 1963, GOODIS et al. 1988) oder zumindest nicht um mehr als 4 °C anstieg (STOLL et al. 1988, LAUER et al. 1990, OTTL & LAUER 1998). Ohne Kühlwassergebrauch oder bei inadäquater Kühlung hingegen wurden pulpale Temperaturerhöhungen zwischen 6,5 °C und 11 °C (SCHUBERT 1957, HOFMANN 1961, GOODIS et al. 1988) gemessen. Im Gegensatz zu den rotierenden Instrumenten sind oszillierende Präparationsverfahren weniger intensiv untersucht worden. Die meisten bisherigen Untersuchungen beziehen sich auf nichtschneidende Ansätze zur Zahnsteinentfernung. Wurden schneidende Ansätze verwendet, so zeigte sich, dass diese durchwegs grössere Temperaturerhöhungen als deren stumpfe Pendant hervorriefen (KOCHER & PLAGMANN 1996). Bei ungekühlter Verwendung entstanden Temperaturspitzen bis zu 36 °C, welche sich allerdings bei Kühlung je nach Instrumentendesign und Anpresskraft auf höchstens 3,3 bis 4,2 °C reduzieren liessen (KOCHER & PLAGMANN 1996, HUGO et al. 1999). Die dazu benötigte Kühlwassermenge ist mit 15–30 ml deutlich unter den für die rotierende Präparation geforderten Werten von 50 ml/min (KLAIBER et al. 1985).

Bisher wurden oszillierende Verfahren nicht explizit zur Kariesexkavation herangezogen. Dementsprechend finden sich keine Untersuchungen über die Hitzeentwicklung bei Verwendung von oszillierenden Ansätzen. Da gerade bei der Kariesexkavation oft sehr pulpanah und der besseren Übersicht halber ohne Kühlwasser gearbeitet wird, interessiert, inwiefern dies mit einem neuen Ansatz für das Sonicflex-Handstück vertretbar ist. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Temperaturentwicklung im pulpanahen Dentin in Abhängigkeit verschiedener Exkavationsansätze, Kühlmedien und Kühlmittelmengen getestet.

Material und Methode

Vorbereitung der Testzähne

Die untersuchten Exkavationsansätze sind in Abbildung 1 dargestellt. Der Versuchsaufbau zur Temperaturmessung während des Exkavationsvorganges ist schematisch in der Abbildung 2 zu sehen.

Zur Exkavation stand das Set «Cariex D» (KaVo, Biberach) mit diamantierten kugelförmigen Ansätzen für das Sonicflex-Handstück (KaVo, Biberach) in den Durchmessern von 0,8 und 1,2 mm zur Verfügung. Die mittlere Körnung der Diamantbelegung betrug 40 µm. Weiterhin wurden spezifische kugelförmige Exkavationsansätze mit Hartmetallschneiden des Sets «Cariex

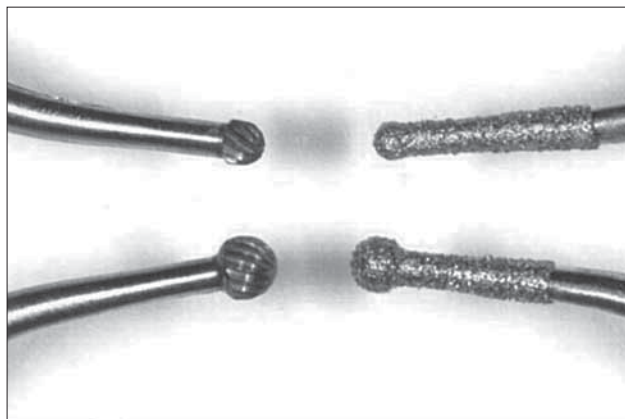


Abb. 1 Die untersuchten Exkavationsansätze: links das Cariex-TC-Set mit den Durchmessern 1,0 und 1,4 mm und rechts das Cariex-D-Set in den Durchmessern 0,8 und 1,2 mm.

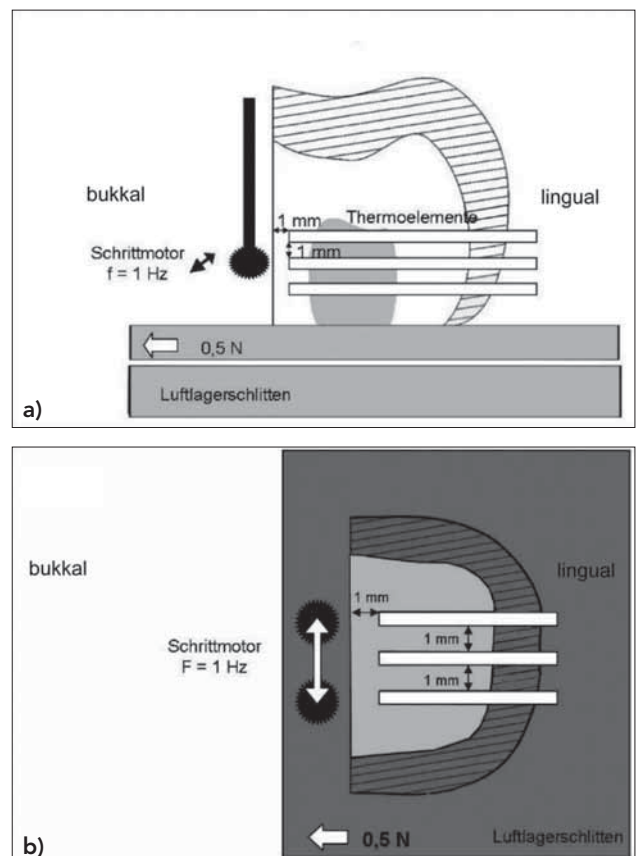


Abb. 2 Versuchsaufbau mit Luftlagerschlitten zur Überprüfung der pulpalen Wärmeentwicklung in Abhängigkeit von verwendetem Exkavationsansatz sowie Art und Menge des Kühlmediums: a) vertikales Schnittbild; b) horizontales Schnittbild. Der Schrittmotor bewegt den Ansatz in horizontaler Richtung. Die Temperaturmessung erfolgt über drei Messsonden.

TC» (KaVo, Biberach) in den Durchmessern 1,0 und 1,4 mm untersucht.

Als Testobjekte dienen 54 nicht kariöse Molaren. Diese wurden unmittelbar nach der Extraktion in 0,1%-T-Chloramin-Lösung bei Raumtemperatur gelagert. Die Lagerungszeit bis zur Exkavation betrug weniger als sechs Monate.

Die Zähne wurden mit ihrer Wurzel der besseren Handhabbarkeit wegen mittels Autopolymerisat (Ivoclar SR Ivolen) in Aluminiumsockeln fixiert. Anschliessend wurden die Zähne derart beschliffen, dass eine ebene Fläche parallel zu deren Bukkalfläche mit einer mesio-distalen Mindestlänge von 5 mm im Dentin entstand. Weiterhin wurden von der Testzahnrückseite drei Bohrungen, welche im 90° Winkel senkrecht auf die ebene Fläche zuliefen und in einem Abstand von 1 mm vor dieser enden. Die Kanäle weisen Abstände von 1 mm zueinander auf und sind zudem um jeweils 1 mm höhenversetzt angeordnet.

Beschreibung des Versuchsaufbaus

Die gesockelten und präparierten Proben wurden auf einem luftgelagerten Schlitten (KaVo-Eigenproduktion) befestigt. Dieser ist über eine Umlenkrolle mit einer frei hängenden Waagschale verbunden, sodass je nach in diese eingelegte Gewichtsstücke eine definierte Kraft auf den Testzahn in horizontaler Richtung wirkt. Die Proben wurden derart auf dem Schlitten

befestigt, dass ihre präparierte Fläche stirnseitig in Krafrichtung wies.

Das Präparationsinstrument wurde – unabhängig von dem Schlitten – so in eine Haltevorrichtung gebracht, dass der Arbeitskopf mittig auf der Präparationsfläche – auf Höhe der mittleren Kanalbohrung – zu liegen kam. Nach Aktivierung des Schlittens wurde also der Arbeitskopf mit der durch das in die Waagschale eingebrachte Gewichtstück verursachten Gewichtskraft gegen den zu bearbeitenden Testzahn gedrückt (Anpresskraft 0,5 N).

Das Präparationsinstrument wurde durch die Haltevorrichtung mit einem Elektromotor verbunden, welcher dieses zu einer linear horizontalen Bewegung von einem Hub von 5 mm und einer Frequenz von 1 Hz veranlasst.

Die Kanäle der Testzähne wurden mit einer Temperaturleitpaste der Firma Wacker Chemie aufgefüllt. Anschliessend wurden Ni-Cr-Ni Temperatursensoren (Typ TKI 05/10/DIN, THERMO-COAX, Suresnes, Frankreich) zur Messung der bei der Exkavation entstehenden Abwärme in die Bohrlöcher eingebracht. Die Temperaturwerte wurden für jedes der Löcher separat gemessen, einem Messverstärker (Therm 2210/7, Fa. Ahlborn Mess- und Regelungstechnik AMR, Holzkirchen) zugeführt und mittels eines analogen 6-Kanal-xt-Messschreibers (SE 460, Fa. BBC-Goerz Metrawatt, Nürnberg, Deutschland) aufgezeichnet. Neben den im Zahn registrierten Temperaturwerten wurden auch Informationen über Raum- und Spraywassertemperatur festgehalten.

Einstellung der individuellen Versuchsparemeter

Die Raumtemperatur betrug für alle Versuchsreihen $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Sofern bei dem jeweiligen Präparationsmodus Spraywasser benötigt wurde, wurde dieses durch ein Peltier-Heizelement aufgewärmt, bis die Wassertemperatur am Zahn $32 \pm 1^\circ\text{C}$ betrug.

Die Cariex-D-Ansätze wurden in einem Sonicflex Handstück bei einem Betriebsdruck von 2 bar ohne Wasserkühlung, mit 7,3 ml Wasser/min und 25 ml Wasser/min betrieben. Die Arbeitsfrequenz des Sonicflex-Handstückes lag bei 6 kHz. Die Cariex-TC-Ansätze wurden unter analogen Bedingungen getestet. Zusätzlich wurde bei letzteren jedoch auch die Kühlwirkung von Plakout-Gel in 2 Modi getestet. Zum einen bei Applikation einer definierten Menge von 2 ml Gel und zum anderen bei steter Erneuerung des Gels. Die aufgezeichneten Temperaturmesswerte wurden jeweils im 10-Sekunden-Abstand, beginnend nach Exkavationsbeginn, registriert.

Statistische Auswertung

Für jede Exkavationsart wurden die Mittelwerte aus den Versuchsreihen (n=6) ermittelt. Die verschiedenen Versuchseinstellungen innerhalb einer Exkavationsart wurden mittels Tukey-HSD-Test miteinander verglichen. Verschiedene Exkavationsarten bei zudem ungleichen Versuchseinstellungen wurden mittels T-Test auf Unterschiede hin untersucht. Als Signifikanzniveau wurde $p \leq 0,05$ gewählt.

Resultate

Cariex TC

Die Temperaturerhöhung bei Verwendung des Cariex-TC-Ansatzes erreichte ihre maximalen Werte beim Exkavationsmodus ohne Kühlmedium (Abb. 3). Sie betrug nach 30s $5,63^\circ\text{C}$. Durch den Einsatz von Kühlmedien wurden niedrigere Temperaturanstiege verzeichnet (Abb. 4a). So verringerte die einmalige Applikation von Plakout-Gel als Kühlmittel die durchschnittliche

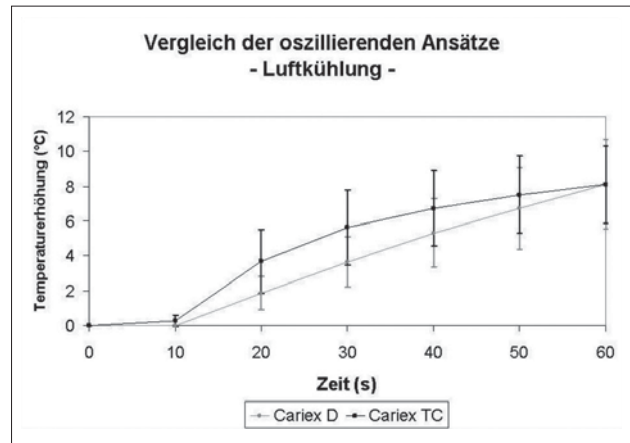


Abb. 3 Vergleich der mittleren Temperaturerhöhung (\pm S. D.) zwischen Cariex-D- und Cariex-TC-Ansatz bei Exkavation ohne Kühlmedium.

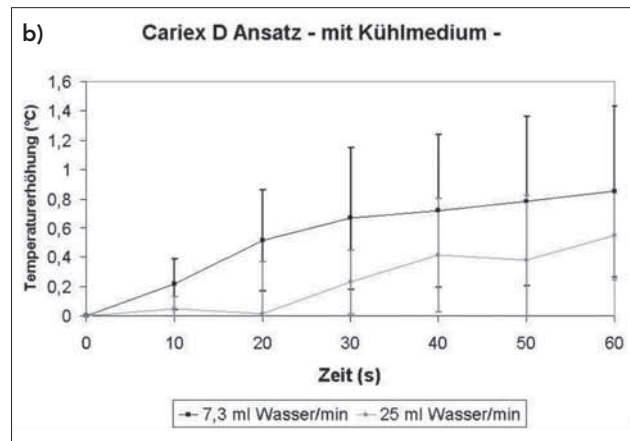
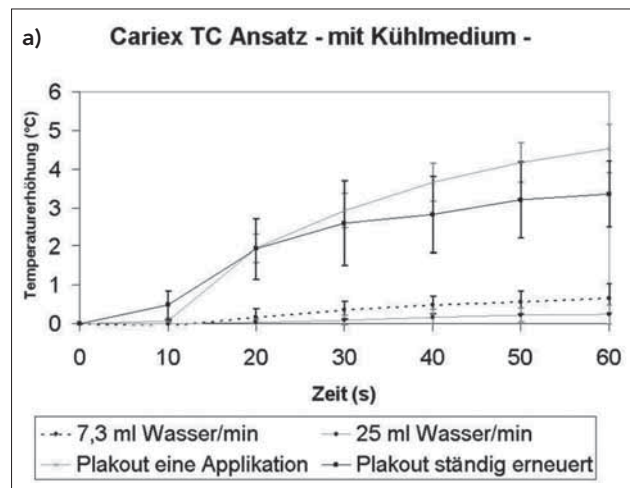


Abb. 4 Mittlere Temperaturerhöhung (\pm S. D.) als Funktion der Zeit bei Exkavation mit dem a) Cariex TC-Ansatz; b) Cariex D-Ansatz unter Verwendung von Kühlmedien.

Temperaturerhöhung auf $2,92^\circ\text{C}$. Bei ständiger Erneuerung des Gels reduzierte sie sich auf $2,60^\circ\text{C}$. Eine Wasserkühlung von 7,3 ml/min begrenzte die durchschnittliche Wärmeentwicklung nach 30s auf $0,37^\circ\text{C}$. Eine Wassermenge von 25 ml/min führte zu einem maximalen Temperaturanstieg von $0,10^\circ\text{C}$.

Signifikante Unterschiede existieren nur zwischen den verschiedenen Arten von Kühlmitteln, nicht aber zwischen den Mengen bzw. Applikationsformen derselben. Somit führt Plakout-Gel die entstehende Wärme besser ab als die alleinige Luftkühlung ($p=0,02$), und Wasserspray wiederum führt zu einer weiteren deutlichen Temperaturabsenkung ($p=0,013$) gegenüber dem Plakout-Gel. Eine Erhöhung der Kühlwassermenge von 7,3 ml/min auf 25 ml/min hingegen hat keinen Einfluss auf die Temperatur im Zahn ($p=0,993$). Auch die ständige Erneuerung des Plakout-Gels hat gegenüber der einmaligen Applikation keinen signifikanten Einfluss auf die Temperaturerhöhung ($p=0,987$).

Cariex D

Die grösste Wärmeentwicklung entstand bei der Exkavation ohne Kühlmedium und betrug nach 30s 3,67 °C (Abb. 3). Bei Kühlung mit Wasser (Abb. 4b) sanken die beobachteten Temperaturmaxima im gleichen Zeitraum auf 0,67 °C im 7,3 ml/min-Modus und auf 0,23 °C im 25 ml/min-Modus.

Bei Verwendung von Wasser als Kühlmedium war gegenüber der alleinigen Luftkühlung eine signifikante Absenkung der Temperaturerhöhung ($p < 0,001$) zu verzeichnen. Eine Erhöhung der Kühlwassermenge von 7,3 ml/min auf 25 ml/min hingegen hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Temperaturentwicklung.

Vergleich der Exkavationsverfahren untereinander

Bei der Exkavation ohne Kühlmedium sind nach 30s ununterbrochener Instrumentation des pulpenahen Dentins keine signifikanten ($p=0,082$) Unterschiede zwischen der Exkavation mit dem Cariex-TC- und Cariex-D-Ansatz festzustellen. Unter Verwendung von Wasser als Kühlmedium führt eine Erhöhung des Wasserdurchsatzes über 7,3 ml/min bei beiden Verfahren zu keiner weiteren signifikanten Reduktion der pulpalen Temperaturentwicklung.

Diskussion

Diskussion der Methoden

Wahl der instrumentenspezifischen Versuchsparameter: Der Antriebsdruck der oszillierenden Instrumente wurde entsprechend den Herstellerangaben so gewählt, dass die maximal mögliche Arbeitsleistung gefordert werden konnte. Ebenso wurde der Anpressdruck verwendet, welcher einen maximal effektiven Materialabtrag ermöglicht. Im Gegensatz zur Exkavation mit Mikromotoren hat eine Steigerung der Anpresskraft über einen Maximalwert einen Abfall der Arbeitsleistung und auch der Temperaturentwicklung (HUGO et al. 1999) zur Folge. Dies gewährleistet vor allem in der klinischen Anwendung eine wesentlich kontrollierbare Instrumentation im pulpenahen Gewebe. Denn gerade der Anpressdruck, welcher bei der Exkavation mit Mikromotoren durch das enorm grosse Drehmoment der Elektromotoren nahezu beliebig gesteigert werden kann, ist bei stumpfen Instrumenten (FIBIG 1975) der vorrangige Grund für Temperatursteigerungen, welche dann extreme Temperaturen erreichen können (HOFMANN 1961, KERESZTESI 1963).

Diskussion der Ergebnisse

Grenzwerte in der Literatur: Nicht jede Erhöhung der intrapulpalen Temperatur über den erwartungsgemäss physiologisch vertretbaren Grenzwert führt zwangsläufig zu einer histologischen oder subjektiv klinischen Reaktion. So kann alleine durch die Nahrung die Temperatur der pulpalen Weichgewebe auf bis zu 45 °C ansteigen (SPIERINGS et al. 1985), ohne dass bleibende

Schäden entstehen. Dies belegen auch die Untersuchungen von BALDISSARA et al. (1997), in welchen durch eine langsame, gleichmässige Erwärmung unversehrter Zähne mit einer moderaten Wärmequelle auf 11,2 °C über Ausgangswert histologisch auffällige Pulpaveränderungen vermieden werden konnten. Allerdings wurde die Wärme grossflächig, langsam und mit einer moderaten Wärmequelle auf einen vollkommen unversehrten Zahn appliziert.

Wird hingegen mit einer kleinflächigeren Hitzequelle höherer Temperatur ein grösserer Temperaturgradient gebildet, so bewirken vergleichbare Temperaturanstiege von 11,1 °C schon in 60% der Fälle eine Pulpennekrose (ZACH & COHEN 1965). Auch andere Studien mit vergleichbarem Hitzeapplikationsmuster zeigen als unmittelbare Reaktion Zelluntergänge und Entzündungsinfiltrate. (LISANDER & ZANDER 1952, POSTLE et al. 1959, NYBORG & BRÄNNSTRÖM 1968). Da auch die bei der Kavitätenpräparation verwendeten Instrumente eine solche kleinflächige Wärmequelle darstellen können (HOFMANN 1961), ist die unter diesen speziellen Bedingungen erzielte pulpale Temperaturerhöhung für die Prognose des Zahnes zumindest mitentscheidend.

SCHRÖDER (1982) empfiehlt, die pulpale Temperatur nicht über 40 °C steigen zu lassen. Dementsprechend konnten ZACH & COHEN (1965) bei Temperaturerhöhungen von $\leq 2,22$ °C keine Pulpennekrosen nachweisen. Steigt die Temperatur über 43 °C, kommt es zur Ausbildung einer Hyperämie, als Zeichen der beginnenden Entzündungsreaktion. Oberhalb von 45 °C sind dann Zelluntergänge und Eiweissfällung zu beobachten (SCHRÖDER 1982). Ab 49–51 °C ist die Durchblutung des Zahnes irreversibel geschädigt (RAAB & MÜLLER 1989). In Korrelation mit diesen Werten finden ZACH & COHEN (1965) bei Temperaturerhöhungen von 5,56 °C 15% und bei Erhöhungen von $> 11,11$ °C 100% Nekrosen.

Um eine bestmögliche Prognose zu erhalten, sollte das thermische Trauma auf ein Minimum reduziert werden. Zumindest aber unter einem Wert gehalten werden, bei welchem an gesunden Zähnen eine direkte pathologische Reaktion auftritt.

Interpretation der Ergebnisse: Erwartungsgemäss wirkte sich die Verwendung von Wasser als Kühlmedium durch signifikante geringere Temperaturanstiege im Dentin aus. Bemerkenswert ist die geringe erforderliche Wassermenge von 7,3 ml/min, mit welcher sich eine Temperaturerhöhung nahezu unterbinden lässt. Ebenso auch die Tatsache, dass eine Steigerung des Kühlmitteldurchsatzes auf 25 ml/min keine signifikante bessere Kühlung zur Folge hatte.

Eine zeitlich unbegrenzte Bearbeitung des pulpenahen Dentins ohne Wasserkühlung ist für keinen der oszillierenden Ansätze empfehlenswert. Denn nach 30 bzw. 40s wird die kritische Temperaturdifferenz von 5,6 °C von beiden Verfahren überschritten. Kürzere Einsatzzeiten bei intermittierendem Vorgehen sind durchaus denkbar und insbesondere bei pulpanaher Exkavation üblich.

Die Verwendung von Plakout-Gel als Kühlmedium hingegen kann bei entsprechender Instrumentationszeit prinzipiell erwogen werden, da die nach 30s ununterbrochener Tätigkeit gemessene Temperaturerhöhung von 2,9 °C als durchaus tolerabel angesehen werden kann (SCHUBERT 1957, ZACH & COHEN 1965, KIMMEL 1986). Die stete Erneuerung des Plakout-Gels verspricht keine signifikante Verbesserung des Kühlverhaltens. Eine antibakterielle Wirkung von Chlorhexidin-Gels oder Substanzen mit ähnlichem Wirkspektrum könnte durch die relativ lange Einwirkungszeit beim Exkavieren durchaus interessant sein und bedarf weiterer Untersuchungen.

Wasser als Kühlmedium hingegen ermöglicht einen zeitlich unbeschränkten Einsatz der oszillierenden Verfahren zur Exkavation im pulpanahen Dentin. Die gemessenen Temperaturanstiege sind für beide Verfahren minimal.

Die prinzipiell geringere Erwärmung des Zahnes bei Verwendung von flüssigen bzw. gelartigen Kühlmedien ist auf deren Wassergehalt zurückzuführen. Durch die im Vergleich zur Luft höhere Wärmekapazität und -leitfähigkeit entstehen bei gleicher anfallender Wärmemenge geringere Wärmegradienten und Spitzentemperaturen.

Vergleich mit anderen Studien: Sowohl für die rotierende (SCHUBERT 1957, HOFMANN 1961, FUHR 1963, KLAIBER et al. 1985, GOODIS et al. 1988) als auch für die oszillierende (WITTE et al. 1978, HÜTTMANN & PLAGMANN 1985, KOCHER & PLAGMANN 1996, NICOLL & PETERS 1998, HUGO et al. 1999) Bearbeitung der Zahnhartsubstanzen ist gezeigt worden, dass zum einen der Einsatz von Wasser als Kühlmedium und zum anderen dessen Durchflussmenge signifikanten Einfluss auf die Temperaturentwicklung am Zahn hat. Die in dieser Untersuchung gefundenen Ergebnisse gehen qualitativ konform mit diesen Erkenntnissen.

Auch quantitativ finden sich in vergleichbaren Studien ähnliche Ergebnisse. Wenn auch sämtliche Messwerte in derselben Größenordnung rangieren, so finden sich doch vor allem bei geringen Kühlwassermengen tendenziell höhere Messwerte als in der vorliegenden Untersuchung.

So fanden HUGO et al. (1999) bei Verwendung von Sonicsys micro Halbkugelansätzen bei Spraywassermengen von 30 ml/min maximale Temperaturerhöhungen von 1,1 °C und bei 5 ml/min 6,4 °C. Dass besonders der letztere Wert deutlich über den in dieser Studie gefundenen Werten liegt, kann wohl zumindest zum Teil darauf zurückgeführt werden, dass zum einen die Anpressdrücke vierfach höher lagen und zum anderen auch Schmelz bearbeitet wurde. KOCHER & PLAGMANN (1996) fanden bei vergleichbarer Anpresskraft und 30 ml/min-Kühlung für diamantierte PA-Ansätze Temperaturerhöhungen von 3,2 °C. Bei Instrumentation ohne Kühlung ergaben sich Werte von 28 °C. Abgesehen vom anderen Instrumentendesign, ist die dort bearbeitete Zahnfläche um $\frac{1}{3}$ kleiner und die pro Zeiteinheit überstrichene Fläche nahezu doppelt so gross. Zudem ist die verwendete Ausgangsmaterialstärke halb so gross wie die von uns gewählte.

Unter Berücksichtigung dieser Fakten lassen sich die von uns gefundenen Ergebnisse als durchaus realistisch einstufen und erlauben somit einen Analogieschluss für die klinische Situation.

Schlussfolgerungen

Mit den durchgeführten In-vitro-Versuchen konnte gezeigt werden, dass mit oszillierenden Verfahren die Kariesexkavation im pulpanahen Dentin durchaus stattfinden kann, ohne eine kritische Temperaturentwicklung zu verursachen.

Bei Verwendung einer sehr geringen Kühlwassermenge von 7,3 ml/min ist eine kontinuierliche Exkavation vertretbar. Der Einsatz des höherviskösen Plakout-Gels anstelle von Wasser als Kühlmedium ist, sofern es zeitlich beschränkt, d.h. intermittierend, eingesetzt wird, ebenfalls als durchaus geeignet anzusehen. Die Anwendung der oszillierenden Verfahren ohne jegliches Kühlmedium sollte allerdings nur kontrolliert und sehr kurzzeitig stattfinden.

Summary

ZESEWITZ H, KLAIBER B, HOTZ P, HUGO B: **Heat propagation in dentin during cavity preparation in vitro with sonoabrasive**

instruments (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 536–541 (2005)

The purpose of this work was to study the temperature rise caused by preparation of human dentin using two different types of oscillating instruments. A newly designed tungsten carbide tip (Cariex TC, KaVo) and a diamond-coated tip (Cariex D, KaVo) in combination with an airscaler (Sonicflex 2003L, KaVo) and two different flow rates of two coolants were investigated. For both tips significant differences in temperature rise were found between cooling with waterspray or with Plakout Gel (Kerr, HaWe) and using no coolant. A flow of 7.3 ml water/min was found to be sufficient to avoid any critical temperature rise, an excavation of longer duration without coolant cannot be recommended. The use of water-based highly viscous substances over a defined period during the caries excavation process seems to be a viable alternative.

Résumé

Le but de l'étude était d'évaluer le risque d'éventuels traumatismes thermiques associés à une excavation de carie à l'aide d'embouts oscillants. Des mesures de température ont été effectuées in vitro pendant la préparation de cavités standardisées dans de la dentine humaine. Un embout diamanté sphérique (Cariex D, KaVo) et un nouvel embout avec lamelles en carbure de tungstène (Cariex TC, KaVo), en combinaison avec un «air-scaler» (Sonicflex 2003L, KaVo), et différents taux d'irrigation d'eau ont été testés. En plus, le gel Plakout (Kerr, HaWe) a été étudié comme possible alternative de refroidissement avec effet médicamenteux. Pour chacun des deux instruments, l'augmentation de température a été mesurée sous les conditions suivantes: a) sans irrigation d'eau; b) avec irrigation pour différentes quantités d'eau; c) avec application du gel Plakout. Pour les deux embouts, l'augmentation des valeurs thermiques sans irrigation d'eau, était supérieure à 3,5 °C, tandis que les valeurs obtenues avec irrigation d'eau restaient clairement en dessous de 1 °C. Cette différence était statistiquement significative. Une augmentation de la quantité d'eau d'irrigation de 7,3 ml/min à 25 ml/min n'améliorait pas l'effet de refroidissement. Quant à la comparaison directe des deux embouts testés, les différents modes de refroidissement ne montraient pas de différences significatives. L'utilisation de Cariex TC en combinaison avec le gel Plakout a produit des valeurs d'augmentation thermique qui se situaient entre celles du refroidissement à l'air et celles du refroidissement à l'eau. Tandis qu'une très faible quantité d'eau d'irrigation est déjà suffisante pour procéder à une excavation de carie au niveau de la dentine proche de la pulpe, une excavation prolongée sans irrigation d'eau ne peut pas être recommandée. En revanche, l'utilisation de certaines substances à base d'eau, comme par exemple le gel Plakout, paraît praticable pendant une durée limitée d'excavation de carie.

Literaturverzeichnis

- BALDISSARA P, CATAPANO S, SCOTTI R: Clinical and histological evaluation of thermal injury in human teeth: a preliminary study. J Oral Rehabil 24: 791–801 (1997)
- FIBIG K H: Untersuchungen über die Wärmeentwicklung bei Bohren unterschiedlicher Abnutzungsgrade. Dtsch Zahnärztl Z 30: 14–19 (1975)
- FUHR K: Vergleichende Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse beim zahnärztlichen Bohren und Schleifen. Dtsch Zahnärztl Z 18: 986–991 (1963)

- GOODIS H E, SCHEIN B, STAUFFER P: Temperature gradients at two locations within the tooth during cavity preparation in vitro. *J Prosthet Dent* 60: 684–688 (1988)
- HOFMANN M: Die Temperaturentwicklung im Pulpenkavum und an der Schnittfläche bei der Präparation der Zahnhartsubstanz unter Verwendung der Turbine. *Dtsch Zahnärztl Z* 16: 584–590 (1961)
- HUGO B, STASSINAKIS A, HOFMAN N, STARZ C, KLAIBER B: Temperaturentwicklung im Dentin bei sonoabrasiver Zahnpräparation in vitro. *Acta Med Dent Helv* 4: 125–132 (1999)
- HÜTTMANN J, PLAGMANN H C: Vergleichende In-vitro-Untersuchungen verschiedener druckluftbetriebener Zahnsteinentfernungsgeräte. *Dtsch Zahnärztl Z* 40: 749–754 (1985)
- KERSZENTESI K: Das thermische Präparationstrauma. *Zahnärztl Welt*: 694–700 (1963)
- KIMMEL K H: Grundlagen. In: Kimmel, K.H., Büchs, H., Eibofner, E. (Hrsg.): *Zahnärztliche Präparationstechnik*, Hüthig, Heidelberg 1986, S. 59–152
- KLAIBER B, EIBOFNER E, GLEISNER A, LINGENHÖLE B: Der Kühleffekt verschiedener Spraysysteme bei Turbine und Schnellaufwickelstück. *Dtsch Zahnärztl Z* 40: 1194–1197 (1985)
- KOCHER T, PLAGMANN H C: Heat propagation in dentin during instrumentation with different sonic scaler tips. *Quint International* 27: 259–164 (1996)
- LAUER H C, KRAFT E, ROTHLAUF W, ZWINGERS T: Effects of the temperature of cooling water during high-speed and ultrahigh-speed tooth preparation. *J Prosthet Dent* 63: 407–414 (1990)
- LISANDER V F, ZANDER H A: The thermal injury to normal dog teeth: In vivo measurements of the pulp temperature increases and their effect on pulp tissue. *J Dent Res* 31: 548–558 (1952)
- NICOLL B K, PETERS R J: Heat Generation during ultrasonic instrumentation of dentin as affected by different irrigation methods. *J Periodontol* 69: 884–888 (1998)
- NYBORG H, BRÄNNSTRÖM M: Pulp reaction to heat. *J Prosthet Dent* 19: 605–612 (1968)
- OTTL P, LAUER H C: Temperature response in the pulpal chamber during ultrahigh-speed tooth preparation with diamond burs of different grit. *J Prosthet Dent* 30: 12–19 (1998)
- POSTLE H, LEFKOWITZ W, MCCONNELL D: Pulp response to heat. *J Dent Res* 38: 740 (1959)
- RAAB W H, MÜLLER H: Temperaturabhängige Veränderungen der Mikrozirkulation der Zahnpulpa. *Dtsch Zahnärztl Z* 44: 496–497 (1989)
- SCHRÖDER H E: *Pathobiologie oraler Strukturen*. Karger, Basel, pp 127–132 (1982)
- SCHUBERT L: Temperaturmessungen im Zahn während des Schleif- und Bohrvorganges mittels des Lichtstrichgalvanometers. *Zahnärztl Welt* 58: 443–445 (1957)
- SPIERINGS T A, PETERS M C, PLASSCHAERT A J: Thermal trauma to teeth. *Endod Dent Traumatol* 1: 123–129 (1985)
- STOLL P, KREKELER G, MARTIN H: Die Temperaturentwicklung bei der Kronenstumpfpräparation. *Dtsch Zahnärztl Z* 43: 966–970 (1988)
- WITTE M, LANGE D E, BISPINCK H: Temperaturmessungen bei der Anwendung von zahnärztlichen Ultraschallgeräten. *Dtsch Zahnärztl Z* 33: 33–38 (1978)
- ZACH L, COHEN G: Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 19: 515–30 (1965)