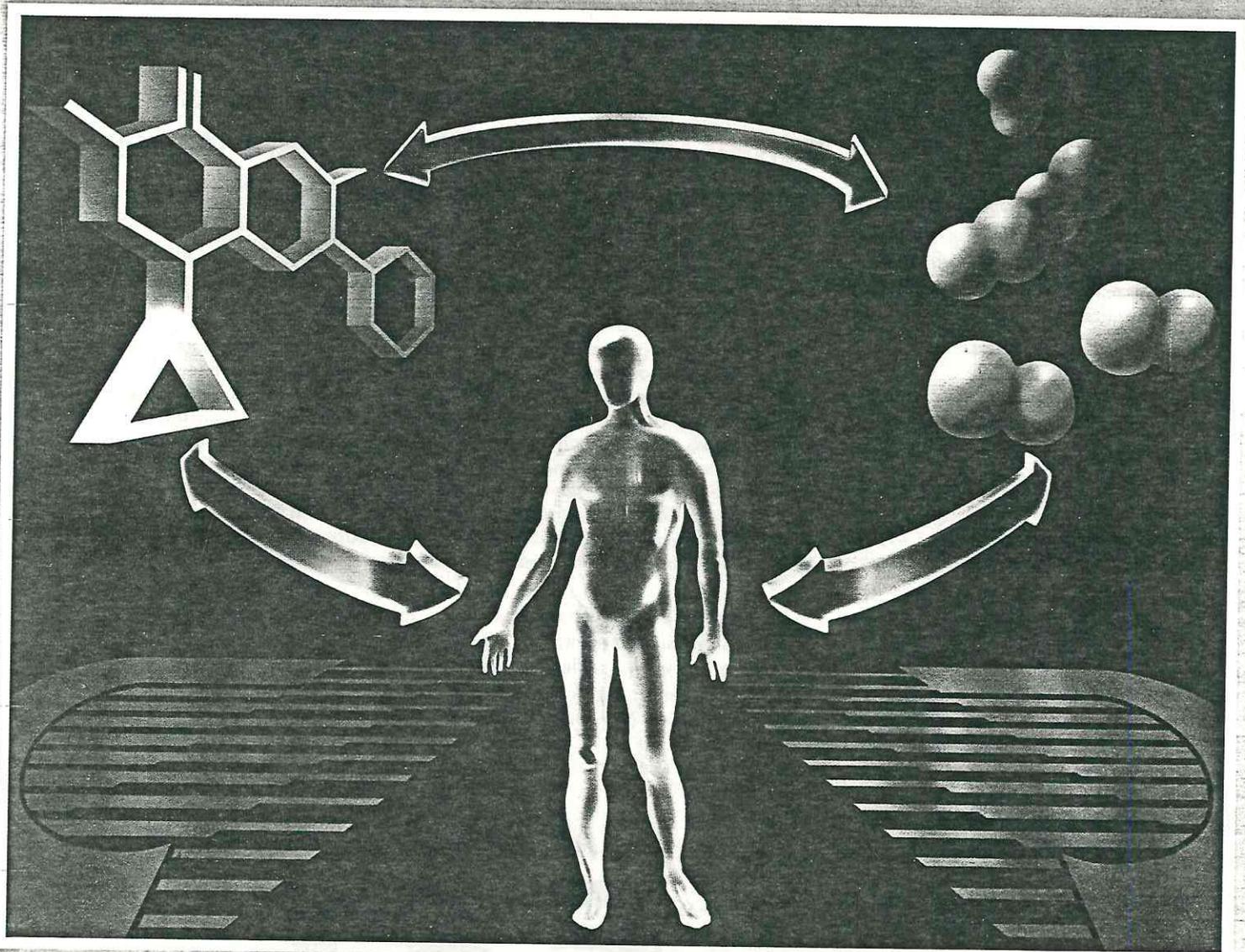


# zahnärztliche praxis



Mechanismus der Infektionsabwehr:  
Mensch – Erreger – Therapeutikum

zu 3a)

Für die Heilung und Revaskularisation des transplantierten Gewebes ist eine möglichst enge, unverschiebliche Anlagerung an das Periost notwendig (Diedrich und Mutschelknauss). Die Ernährung erfolgt in den ersten Tagen durch Diffusion, bis es ab dem dritten Tag zur Ausbildung von Kapillaranastomosen kommt (Mörmann et al.). Blutkoagula zwischen dem Transplantat und der Unterlage beeinträchtigen die Ernährung und können im ungünstigsten Fall zur vollständigen Transplantatnekrose führen. Eine sorgfältige Blutstillung zur sicheren Einheilung muß bereits vor der Transplantatadaptation im Empfängerbett erfolgen. Ein glattes, von allen Gewebsresten gesäubertes Periost stellt dazu die ideale Voraussetzung dar.

Nach der Transplantatanlagerung wird es zwei bis drei Minuten fest angedrückt, um nachteiliges Blutkoagulum auszupressen und ein initiales fibrinöses Verkleben mit dem Periost zu ermöglichen.

zu 3b)

Auf diese Fehlerquelle und deren Vermeidung wurde bereits unter 1b), c) hingewiesen.

zu 3c)

Bei der Verwendung eines Gewebeklebers zur Fixierung des koronalen Transplantatrandes kann es vorkommen, daß bei überschüssiger Anwendung Klebstoff unter das Transplantat rinnt und ein Einheilungshindernis darstellt. Zur Vermeidung dieser Problematik darf der Gewebekle-

ber erst nach dem Andrücken bei vollständiger Hämostase verwendet werden. Das Verkleben mit der Lippen- oder Wangenschleimhaut am Operationsende kann durch das Einstreichen mit einer fetthaltigen Salbe vermieden werden.

Die Zusammenfassung möglicher Problemfaktoren bei der freien Schleimhauttransplantation soll in

keiner Weise die sichere Operationsprognose einschränken, sondern einen Hinweis zur Vermeidung der geschilderten Fehlerquellen darstellen.

Literatur erscheint im Sonderdruck.

Anschrift der Verfasser: Dr. Herbert Schäffer, Dr. Herbert Dumfahrt, Dr. Clemens Manhartsberger, Hochschulassistenten an der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Innsbruck (Vorstand: Univ.-Prof. Dr. med. Kurt Gausch), Anichstraße 35, A-6020 Innsbruck.

## Endodontie

# Vibrationsinduzierte Strömungsfelder und Kavitationseffekte dreier Systeme zur Wurzelkanalaufbereitung im Modellversuch

Von H. R. Griesinger, W. J. Hiller, T. A. Kowalewski und F. Kreter

Die Untersuchung des Strömungsfeldes zeigt, daß sowohl hoch- als auch niederfrequent schwingende Wurzelkanalinstrumente stationäre Sekundärströmungen erzeugen. Kavitationsblasen ohne den für eine Kavitationserosion erforderlichen Blasenkollaps finden sich bei Wurzelkanalinstrumenten des Cavi-Endo 25. Im Vergleich zu den periodischen Geschwindigkeitsschwankungen, die durch die Vibrationen der Instrumente hervorgerufen werden, erscheinen die Geschwindigkeiten der Sekundärströmung sehr klein. Dennoch ist die Reichweite dieser Strömung so groß, daß sie für den Debrisabtransport aus Wurzelkanälen wichtig sein könnte. Die Kavitationsphänomene zugeschriebene Reinigungswirkung scheint auf anderen Ursachen zu beruhen.

Bei Kreiszyklern, die sich in einer ruhenden Flüssigkeit senkrecht zu ihrer Achse bewegen, ist der Maximalwert der Strömungsgeschwindigkeit in unmittelbarer Nähe des Körpers

doppelt so groß wie seine eigene Geschwindigkeit. An diesen Stellen treten auch die niedrigsten statischen Drücke auf. Mit wachsender Entfernung vom Körper nimmt die Strö-

# VOCO

**F 21** zur Befestigung von Kronen, Teilkronen, Brücken, Inlays, Onlays, Geschieben usw.

- F 21**
- extreme Haftung insbesondere an Metall
  - hohe Druck- und Biegefestigkeit
  - stabil gegen Mundflüssigkeit
  - besonders widerstandsfähig gegen biomechanische Kräfte
  - äußerst geringe Schrumpfung

## die Alternative für Befestigungen

# F 21

## Haftzement um sicher zu sein

Zusammensetzung:  
1 g Pulver enthält 150 mg Zinkoxid  
1 g Flüssigkeit enthält 494 mg Polyester

VOCO Produkte erhalten Sie in allen gutsortierten Dental Depots

VOCO · 2190 Cuxhaven · W.-Germany · Postfach 767 · Tel.: 04721/21045

mungsgeschwindigkeit rasch ab. Schwingt der Zylinder periodisch hin und her, entsteht, wie von Schlichting (19) gezeigt wurde, eine zusätzliche stationäre Sekundärströmung (Abb. 1). Ein oszillierender Zylinder saugt also aus großer Entfernung das Strömungsmedium quer zu seiner Bewegungsrichtung an und lenkt es dann senkrecht ab. Im Vergleich zu den periodischen Strömungsbewegungen in der Nähe des Zylinders sind die Geschwindigkeiten dieser stationären Sekundärströmung, die oft als »acoustic streaming« bezeichnet wird, sehr klein. Trotzdem reicht der Einfluß dieser Sekundärströmung in Bereiche des Strömungsfeldes hinein, in denen die periodischen Anteile abgeklingen sind.

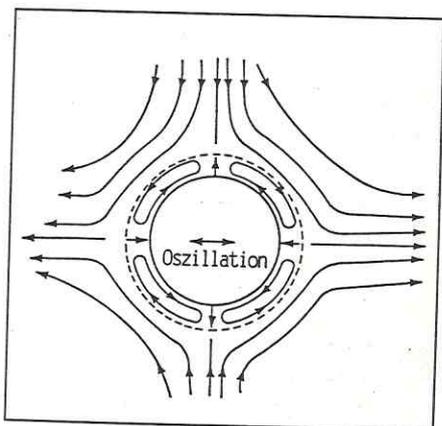


Abb. 1: Stromlinienbild der Sekundärströmung in der Umgebung eines oszillierenden Kreiszyllinders nach Schlichting (19).

Unter Kavitation versteht man die Bildung von Hohlräumen in Flüssigkeiten. Dies kann etwa durch Absenkung des statischen Druckes infolge schneller Umströmung fester Körper (Strömungskavitation) oder durch Schallwellen (akustische Kavitation) geschehen. Die Hohlräume können sowohl Dampf als auch Gas enthalten. Je höher der Gehalt der Flüssigkeit an gelöstem Gas, desto kleinere

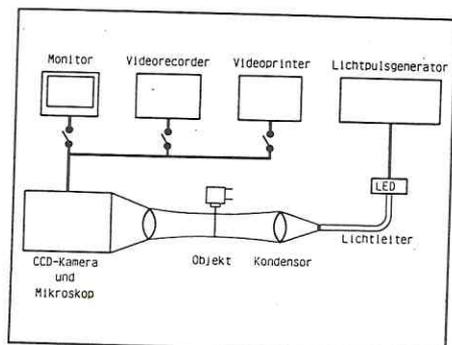


Abb. 2: Prinzipskizze des Versuchsaufbaus.

Tab.: Typische Werte der Drücke und Geschwindigkeiten

Gerätetyp	Canal Finder System	Canal Finder System	MM 3000 Endo Sonic Air	Cavi-Endo 25
Betriebsparameter	75 U/s	150 U/s	1,5 bar	Power-Position 2
stationäre Strömungsgeschwindigkeit im Fernfeld des Instruments (cm/s)	0,1	0,8	0,8	0,31
stationäre Strömungsgeschwindigkeit im Nahfeld des Instruments (cm/s)	0,3	19	9,5	3,8
Geschwindigkeiten der freischwimmenden Instrumentenspitzen in Luft (cm/s) (4)	14	240	700	300
maximale Druckabsenkung an der Instrumentenspitze (bar)	~ 0	0,09	0,74	0,14
maximaler akustischer Wechseldruck (bar)	~ 0	~ 0	~ 0	$2,5 \cdot 10^{-2}$

Unterdrücke reichen aus, um Kavitation zu erzeugen (12, 13, 15, 16, 21). Bei kleinen Wechseldruckschwankungen entstehen an den sogenannten Kavitationskeimen kleine Blasen, die unter Aufnahme des in der Flüssigkeit gelösten Gases langsam anwachsen. Bei hinreichend großen Druckamplituden aber nimmt das Blasenvolumen während einer Unterdruckperiode beträchtlich zu, um anschließend in der folgenden Überdruckperiode zu kollabieren. Dabei entstehen starke Stoßwellen, die als eine der Ursachen der Kavitationserosion angesehen werden. Um solche Kavitationsprozesse auszulösen, sind jedoch große Schalldruckamplituden notwendig.

Richman (18) beschrieb erstmals 1957 den Versuch, Wurzelkanäle mit Instrumenten, die im unteren Ultraschallbereich schwingen, aufzubereiten. Dieser Gedanke wurde von Martin (11) Ende der siebziger Jahre wieder aufgenommen und führte zur Entwicklung von entsprechenden Gerätetypen (3, 10), deren Hauptvorteil in der Reinigungswirkung gesehen wird (3, 10, 14, 17). Zur Erweiterung und Säuberung des Wurzelkanalsystems werden seit wenigen Jahren zusätzlich Systeme mit niederfrequent oszillierendem Instrumentarium angeboten (5, 7, 8, 9, 22).

Die Parameter freischwimmender Wurzelkanalinstrumente (4) deuten darauf hin, daß bei allen Systemen, die mit oszillierendem Instrumentarium in Flüssigkeiten arbeiten, ver-

gleichbare hydrodynamische Phänomene zu erwarten sind. Der Schwerpunkt vorliegender Analyse liegt, neben der Bestimmung von Strömungsstrukturen und Strömungsgeschwindigkeit, auf den erzeugten stationären Strömungen, welche für die Reinigung und den Debrisabtransport von Wichtigkeit sein können (1, 2). Außerdem interessieren eventuelle Kavitationsphänomene, denen in der Literatur eine besonders effektive Reinigungswirkung nachgesagt wird (3, 10, 11).

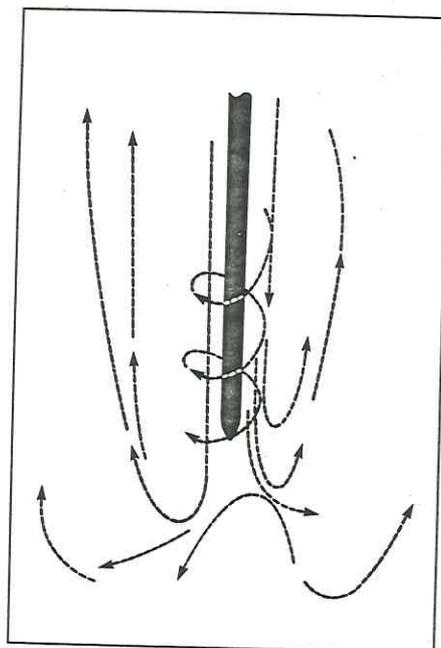


Abb. 3: Schema des Strömungsfeldes. Canal Finder System mit WKI ISO 15. Reine Longitudinalbewegung des Instruments (Motordrehzahl 75 U/s).

## Material und Methode

Zur Darstellung der Strömungsformen wurden die spezifischen Wurzelkanalinstrumente (ISO-Größe 15; Länge 25 mm) der Gerätetypen – Canal Finder System<sup>1</sup>, Mico-Méga 3000 Endo Sonic Air<sup>2</sup>, Cavi-Endo 25<sup>3</sup> – in ein mit Wasser und Wachsteilchen gefülltes Plexiglasgefäß (40 × 40 × 60 mm) 22 mm tief eingetaucht. Die rund 50 µm großen Wachspartikel

<sup>1</sup> Société Endo Technic, Marseille

<sup>2</sup> Micro-Méga, Oberursel

<sup>3</sup> De Trey/Dentsply, Konstanz

dienten als Tracer zur Sichtbarmachung der Strömung. Das Plexiglasgefäß wurde in den Strahlengang eines schwach vergrößernden Mikroskops (DRC Zeiss) eingebracht. Die Strömungsbilder der jeweiligen Schwingungseinstellung der Wurzelkanalinstrumente (Motordrehzahl beim Canal Finder System, Versorgungsdruck beim Micro-Méga 3000 Endo Sonic Air und Power-Position des Cavi-Endo 25) sowie möglicherweise auftretende Kavitationsbläschen wurden mit einer Halbleiterfernsehkamera (LDH 0600 Philips) im sogenannten Lichtschnittverfahren

bei einer Bildfolgefrequenz von 50 Hz als längere Serie auf Magnetband aufgenommen (6). Um ein Einwirbeln von Raumluft in die Flüssigkeit auszuschließen, erfolgten zusätzliche Kavitationsversuche in einem mit Wasser gefüllten geschlossenen Wurzelkanalmodell. Die Wurzelkanalinstrumente wurden gegen den Außenraum mit einer dünnen Silikonhaut abgedichtet, um eine Störung der Schwingungsanregung zu vermeiden. In diesen Experimenten wurde die Strömung mit Doppelblitzen von 1 µs Dauer sichtbar gemacht (Abb. 2).

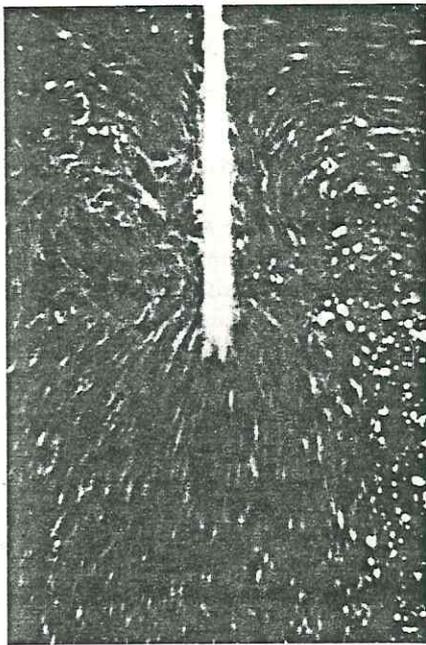


Abb. 4a: Strömungsformen. Canal Finder System mit WKI ISO 15. Transversalschwingungen des Instruments angeregt (Motordrehzahl 150 U/s). Video-Bild. Lichtschnittverfahren. Belichtungsdauer: 20 ms.

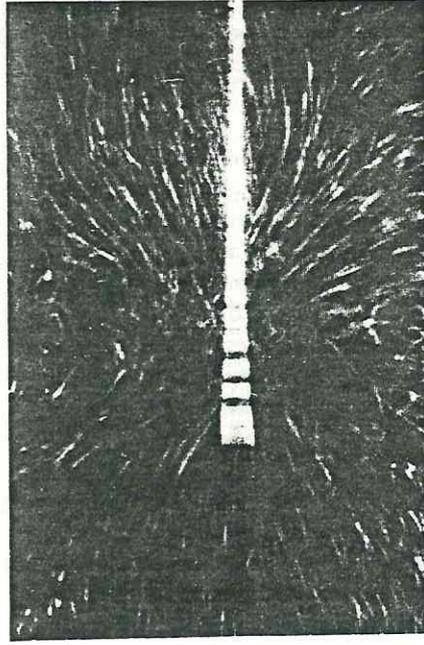


Abb. 5a: Strömungsformen. Micro-Méga 3000 Endo Sonic Air mit WKI ISO 15. Transversalschwingungen des Instruments in der Grundmode. Versorgungsdruck 1,5 bar. Video-Bild. Lichtschnittverfahren. Belichtungsdauer: 20 ms.

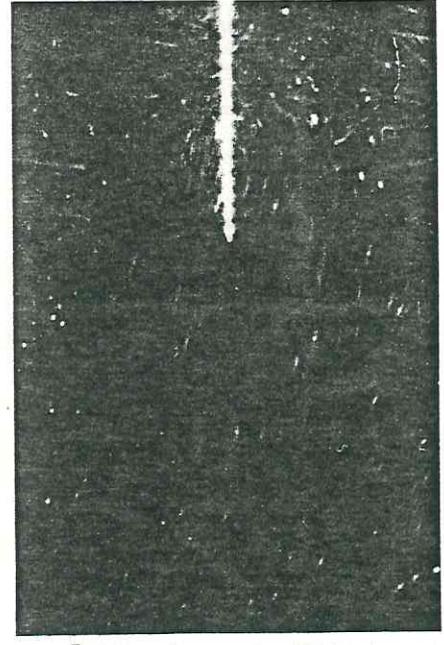


Abb. 6a: Strömungsformen. Cavi-Endo 25 mit WKI ISO 15. Transversalschwingungen des Instruments höherer Ordnung. Power-Position 2. Video-Bild. Lichtschnittverfahren. Belichtungsdauer: 20 ms.

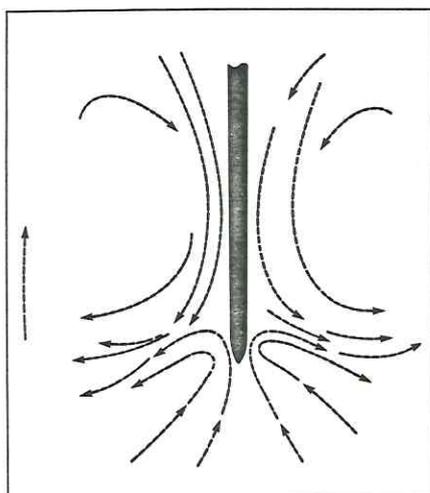


Abb. 4b: Schema des Strömungsfeldes.

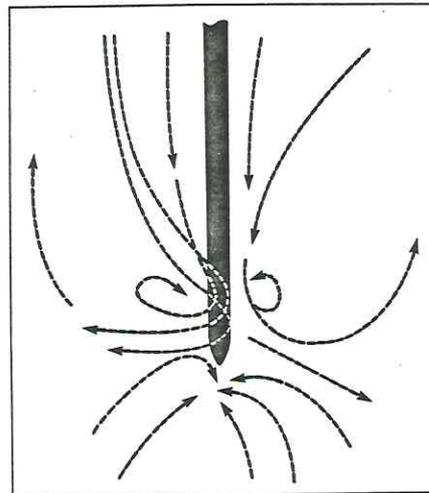


Abb. 5b: Schema des Strömungsfeldes.

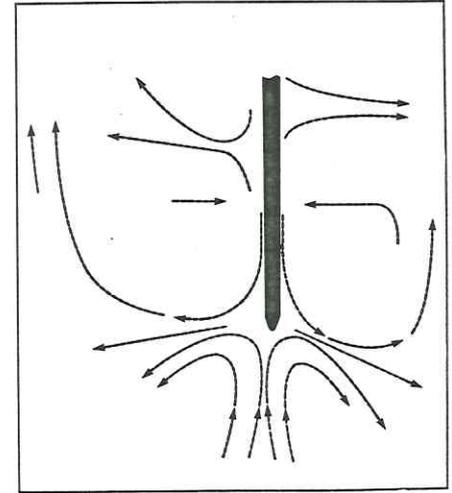


Abb. 6b: Schema des Strömungsfeldes.

## Untersuchungsergebnisse

### Canal Finder System

Bei Bewegungen des Wurzelkanalinstrumentes in rein longitudinaler Richtung (Motordrehzahl bis 75 U/s) entsteht eine entlang des WKI zu seiner Spitze hin gerichtete Sekundärströmung. Die Strömungsgeschwindigkeit erreicht dort etwa 0,3 cm/s (Abb. 3, Tab. 1). Diese Strömungskonfiguration läßt sich aus Abb. 1 herleiten, wenn man sich den Zylinder in Schwingungsrichtung nadelartig ausgezogen denkt. Weiter außerhalb kehrt sich die Strömungsrichtung aus Kontinuitätsgründen wieder um.

Oberhalb von 75 U/s werden zusätzlich transversale Schwingungen mit einer Frequenz von etwa 1000 Hz angeregt (4). Neben schnell variierenden Strukturen wird hierbei eine globale stationäre Strömung erkennbar. Der Zustrom der Flüssigkeit erfolgt in etwa noch längs des gesamten Wurzelkanalinstrumentes, die Strömung verläßt das Instrument jedoch in der Nähe der Spitze in Form von zwei entgegengerichteten Strahlen (Abb. 4a, Abb. 4b).

In Nähe der Instrumentenspitze betragen die typischen stationären Strömungsgeschwindigkeiten 19 cm/s und nehmen im Fernfeld auf 0,8 cm/s

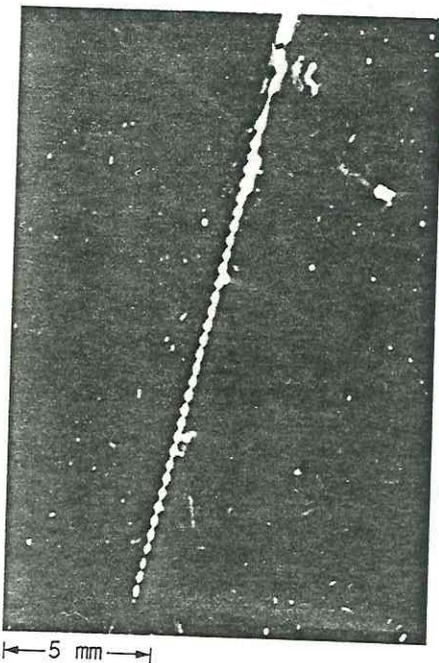


Abb. 7: Cavi-Endo 25. Power-Position 3. Gaskavitationserscheinung bei schwingendem Instrument in Wasser unter atmosphärischem Druck.

ab (Tab.). Kavitationsblasen wurden beim Canal Finder System nicht beobachtet.

### Micro-Méga 3000 Endo Sonic Air

Die vom Wurzelkanalinstrument ausgelöste Strömungsform ähnelt vom Typ her der des Canal Finder Systems bei transversal schwingendem Instrument (Abb. 5a, 5b). Die Strömungsgeschwindigkeiten betragen in Nähe der Instrumentenspitze 9,5 cm/s und im Fernfeld 0,8 cm/s (Tab.). Kavitationserscheinungen konnten nicht nachgewiesen werden.

### Cavi-Endo 25

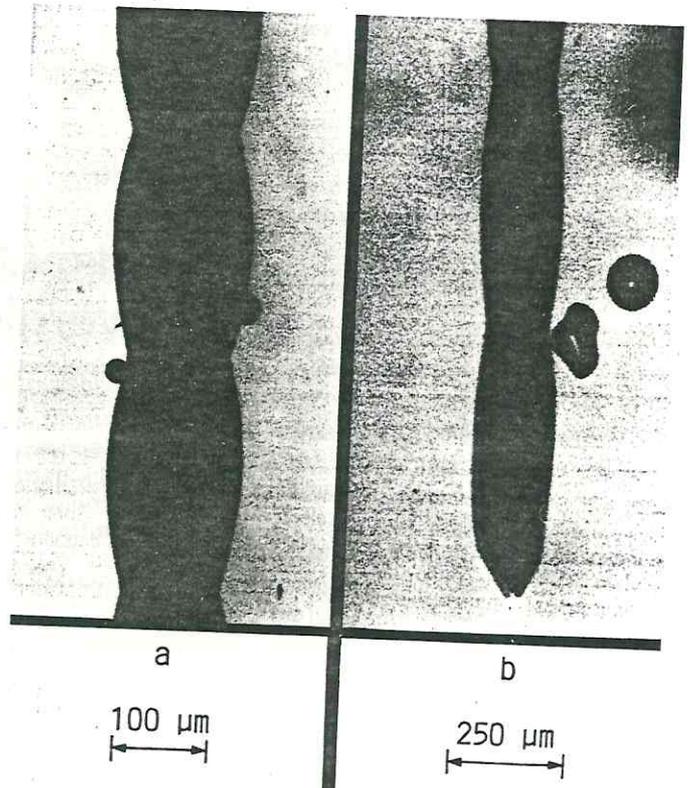
Hier bilden sich in der Nähe der Instrumentenspitze kleine Flüssigkeitsstrahlen aus, in denen das radial einströmende Medium wieder abströmt. Längs des Wurzelkanalinstrumentes wird in den Geschwindig-

nalinstrumenten und wachsen bis zu einer Größe von einigen Zehntelmillimetern an. Um ein mögliches Eindringen atmosphärischer Luft entlang des schwingenden Instruments auszuschließen, befand sich bei den zusätzlich durchgeführten Versuchen das Wurzelkanalinstrument in einem geschlossenen Wurzelkanalmodell (siehe Abb. 2). Die ersten Kavitationsblasen wurden in der Mitte des Instrumentes beobachtet (Abb. 8a). Bei Druckabsenkung auf 0,85 bar waren auch im Bereich der Instrumentenspitze Blasen zu erkennen (Abb. 8b).

## Diskussion

Bei der Interpretation und Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf die klinische Situation ist zu bedenken, daß die Experimente unter

Abb. 8: Cavi-Endo 25. Power-Position 3. Gaskavitationsblasen in einem abgeschlossenen Wurzelkanalmodell. Doppelbelichtung im Abstand einer halben Schwingungsperiode. Blitzdauer: 1  $\mu$ s. a: Bereich der Instrumentenmitte bei atmosphärischem Druck in der Flüssigkeit ( $p = 0,96$  bar). b: Instrumentenspitze bei abgesetztem Druck in der Flüssigkeit ( $p = 0,85$  bar).



keitsbüchsen die gleiche Erscheinung, nur bei verringerten Strahlgeschwindigkeiten (0,31 cm/s), beobachtet (Abb. 6a, Abb. 6b, Tab.). Die maximalen stationären Geschwindigkeiten in der Umgebung der Instrumentenspitze betragen 3,8 cm/s (Tab.).

Für die WKI des Cavi-Endo 25 wurden zum ersten Mal Kavitationsblasen in Wasser beobachtet (Abb. 7). Die Blasen sammeln sich an den Knotenpunkten des Wurzelka-

Idealbedingungen in einer stehenden großvolumigen Flüssigkeitssäule durchgeführt wurden. Die Abweichung von dem in Abbildung 1 dargestellten stationären ebenen Strömungsfeld wird hauptsächlich dadurch verursacht, daß das Instrument frei in der Flüssigkeit endet und die transversale Schwingungsamplitude zur Instrumentenspitze hin zunimmt. Außerdem wird durch die erwähnten Drehungen der Schwingungsebene

(4) die Richtung der beiden abströmenden Strahlen verändert. So kommt es in Nähe der Instrumentenspitze bei den transversal schwingenden Wurzelkanalinstrumenten zur Entstehung von Flüssigkeitsstrahlen, die radial nach außen gerichtet und beim Cavi-Endo 25 etagenartig zwischen den Schwingungsknoten angeordnet sind. Die Orientierung dieser Flüssigkeitsstrahlen reagiert empfindlich auf Änderungen des Schwingungszustands der Instrumente (z. B. bei Amplitudendämpfung).

Eine gewisse Ausnahme bilden die Instrumente des Canal Finder Systems, denen longitudinale Bewegungen aufgeprägt sind. Diese Längsbewegungen können sich beim Einsatz der Instrumente in engen Wurzelkanälen, in denen die Ausbildung der Transversalbewegung und folglich auch die von diesen erzeugten Sekundärströmungen behindert sind, hinsichtlich einer längsgerichteten Durchströmung mit Spülmitteln als bedeutsam erweisen.

Weiterführende Untersuchungen müssen zeigen, inwieweit die hier aufgezeigten Ergebnisse auf kleinräumige Wurzelkanalmodelle übertragbar sind und inwieweit eine zu unterstellende Amplitudendämpfung den Debrisabtransport beeinflusst.

Die durchgeführte Untersuchung zeigt, daß sowohl das Canal Finder System als auch Micro-Méga 3000 Endo Sonic Air keine Kavitation erzeugen. Wegen der niedrigen Schwingungsfrequenz (1000 Hz) ist die Schallabstrahlung sehr gering (20), und akustische Kavitation ist nicht zu erwarten. Andererseits beträgt die bei der Umströmung eines Zylinders (19) maximal zu erwartende Druckabsenkung  $\frac{3}{2} \rho v^2$ , wobei  $\rho$  die Dichte des Wassers und  $v$  die Transversalgeschwindigkeit des Zylinders ist. Mit  $v = 2,4$  m/s erhält man hierfür einen Wert von nur 0,09 bar (Tab.). Bei einer Temperatur von 20°C und Wasser als Strömungsmedium benötigt man aber eine Druckabsenkung von 0,98 bar, damit das Wasser anfängt zu verdampfen. Kavitation ist also unwahrscheinlich.

Die Wurzelkanalinstrumente des Cavi-Endo 25 werden infolge der hohen Anregungsfrequenz von 25 kHz in der vierten transversalen Oberwelle angeregt. Längs des Instruments treten vier Stellen auf, an denen das

Instrument dauernd in Ruhe ist (Schwingungsknoten). Die Schwingungsmaxima werden ungefähr in der Mitte zwischen den Knoten angenommen (4). Im Strömungsmedium kommt es durch Ausgasen zur Entstehung stabiler gasgefüllter Blasen, in denen Atmosphärendruck herrscht. Auch die Beobachtung, daß nach Einschalten der Antriebsaggregate immer einige Sekunden vergehen, bis die ersten Bläschen erscheinen, deutet auf schwache Kavitation hin. Hingegen ergaben zusätzliche Versuche, daß bei einem Skaler (Typ TFI 10) des Cavi-Endo 25, der eine viel größere Oberfläche besitzt, die Kavitation sofort nach Betätigung des Instruments einsetzt. In Übereinstimmung mit Ahmad et al. (1, 2) konnte für das Cavi-Endo 25 kein Blasenkolaps, der für die Erzeugung von Kavitationserosion notwendig ist, nachgewiesen werden. Die diesen

Kavitationsphänomenen zugeschriebene besondere Reinigungswirkung, über die in der Literatur viel berichtet wurde, scheint also auf anderen Ursachen zu beruhen.

Zusätzlich ist zu beachten, daß bei nahezu allen Systemen mit schwingenden Instrumenten das jeweilige Spülmedium durch eine integrierte Zufuhr über die Instrumente in den Wurzelkanal geleitet wird.

Erste Ergebnisse einer weiterführenden Untersuchung lassen vermuten, daß in einem konstant zugeleiteten Spülmittelvolumen ein wesentlicher, wenn nicht der begrenzende Faktor einer effektiven Debrisentfernung zu sehen ist.

Literatur erscheint im Sonderdruck.

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. Dr. F. Kreter, ZZMK-Carolinum, Theodor-Stern-Kai 7, 6000 Frankfurt a.M. 70, und Dr. W. J. Hiller, Max-Planck-Institut für Strömungsforschung, Bunsenstr. 10, 3400 Göttingen.

## Prophylaxe

# Mundspüllösungen: eine vergleichende Studie

Von B. Willershausen-Zönnchen, I. Gruber und G. Hamm

**Mundspüllösungen haben die Aufgabe, hemmend auf das Wachstum plaquebildender Mikroorganismen einzuwirken. Sie können die klassischen Maßnahmen der Prophylaxe und Therapie parodontaler Erkrankungen unterstützen. Die Inhaltsstoffe der Lösungen gehören verschiedensten Substanzgruppen an.**

Es gibt synthetische Produkte wie Hexetidin, Cetylpyridiniumchlorid, Chlorhexidindigluconat und pflanzliche Stoffe wie Menthol, Oleum Eucalypti und Sanguinaria-Extrakt. Diese Substanzen können die bakterielle Plaquebildung reduzieren, und einige sind in der Lage, Speichelglykoproteine auszufällen, welche die Bakterienanheftung fördern.

Ziel der Studie war es, den Einfluß der Substanzen Hexetidin/Cetylpyridiniumchlorid (in Form einer Zubereitung dieser beiden synthetischen Produkte unter dem hausinternen Namen »Hexegural«) und Sanguinaria-Extrakt (in Form eines Pflanzenpräparates mit dem Handelsnamen Vipont) auf die Plaquebesiedelung und auf Bestandteile des Gesamtspei-

chels zu untersuchen. Änderungen der Plaquebildung und der Speichelzusammensetzung können Auswirkungen auf das marginale Parodontium haben. Des weiteren wurde geprüft, ob die beiden Spüllösungen ein unterschiedliches Wirkungsspektrum aufweisen.

## Material und Methodik

### Mundspüllösungen:

Synthetisches Produkt »Hexegural« (je 100 ml): 0,1 g Hexetidin, 0,0125 g Cetylpyridiniumchlorid (CPC), 0,3 g Pfefferminzöl.

Produkt mit pflanzlichem Wirkstoff Vipont (je 100 ml): 0,03 g Sanguinaria Extrakt, 0,2 g Zinkchlorid, 0,03 g Zitronensäure.