

# 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  
J.-P. Bernard, Genève  
C.E. Besimo, Basel  
S. Bouillaguet, Genève  
U. Brägger, Bern  
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  
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  
P. Magne, Genève  
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. Zeilhofer, Basel

**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

# Zahnsteinentfernungs- und Schadenspotenzial vertikal oszillierender Metall- und Karbonultraschallansätze

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Effizienz und die Aggressivität von Metall- und Karbonansätzen eines vertikal oszillierenden Ultraschallgerätes (Vector™-System) bei verschiedenen Energiestufen untersucht. Folgende aus parodontologischer Sicht essenzielle Aspekte der professionellen Wurzelbearbeitung und -glättung wurden evaluiert: Zahnsteinentfernungspotenzial, Zahnschubstanzverlust, Wurzeloberflächenrauigkeit und Mikromorphologie der behandelten Zahnoberflächen. Bezüglich Zahnsteinentfernungsrates wurden keine Unterschiede zwischen den Metall- und Karbonfaseransätzen beobachtet. Hingegen trugen die Karbonfaseransätze signifikant mehr gesunde Zahnhartsubstanz ab. Diese Ergebnisse wurden durch die mikromorphologischen Beobachtungen bestätigt. Die Karbonfaseransätze können in Anbetracht des hohen Abrasionspotenzials im Rahmen der Erhaltungstherapie nicht empfohlen werden.

Schlüsselwörter: Vector®-Methode, Ultraschallinstrumente, Flüssigsintillation, Atomabsorptionsspektrophotometrie, Profilometrie

Schweiz Monatsschr Zahnmed 114: 1116–1123 (2004)

Zur Veröffentlichung angenommen: 7. Juli 2004

## Korrespondenzadresse:

Dr. Patrick R. Schmidlin  
Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich  
Plattenstrasse 11, CH-8028 Zürich  
Tel. 01 634 32 84, Fax 01 634 43 08  
E-Mail: patrick.schmidlin@zmk.unizh.ch

FELIX H. F. NAEF<sup>1</sup>, BEATRICE SENER<sup>2</sup>, CHRISTINE BÜRGI-TIEDEMANN<sup>3</sup> und PATRICK R. SCHMIDLIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Privatpraxis, Zürich

<sup>2</sup> Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Universität Zürich

<sup>3</sup> Privatpraxis, Schaffhausen

## Einleitung

Das Ziel jeder Gingivitis- und Parodontitisbehandlung ist die Beseitigung von supra- und subgingivalen Konkrementen und die Reduktion der Plaque- bzw. Bakterienmenge (LINDHE et al. 1983). Neben den bewährten Handinstrumenten werden immer wieder neue, vorwiegend maschinelle Hilfsmittel (weiter)entwickelt, welche die supra- und subgingivale Plaque- und Zahnsteinentfernung erleichtern sollen. Erwähnt seien in diesem Zusammenhang die magnetostruktiv oder piezoelektrisch betriebenen Ultraschall- und Schallgeräte (BUSSLINGER et al. 2001), Air-Scaler (DE MARCHI et al. 1984), rotierende diamantierte Instrumente oder Laser (SCHWARZ et al. 2003). Als Vorteile gegenüber herkömmlichen Handinstrumenten, die in vergleichenden Studien immer wieder als Goldstandard herangezogen wurden, werden folgende Vorteile hervorgehoben: Gute Zugänglichkeit, hohe Effektivität, wenig Zahnhartsubstanzverlust, Glättung der Wurzeloberfläche, Zeitersparnis, Einfachheit in der Handhabung, hohe Fehlertoleranz und ein hoher Grad an Komfort für den Patienten und Behandler.

Im Jahre 1999 wurde ein weiteres Ultraschallgerät auf den Markt gebracht, das Vector®-Gerät. Dieses System arbeitet mit ultraschallaktivierten Ansätzen bei einer Frequenz von ca. 25 kHz. Im Gegensatz zu den bisher gebräuchlichen Ultraschallgeräten soll die Schwingungsrichtung der Instrumente parallel zur Zahnoberfläche verlaufen. Durch diese veränderte Schwingungscharakteristik (vertikale Oszillation) soll es möglich sein, die Ultraschallenergie nicht direkt auf die Wurzeloberfläche einwirken zu lassen, um einerseits eine mechanische Beschädigung von Schmelz und Dentin zu verhindern (HAHN 1999) und andererseits den Patientenkomfort durch verminderte Vibrationen zu erhöhen (BRAUN et al. 2003). Es werden verschiedene Metall- und Karbonfaseransätze angeboten. Letztere sollen gemäss Herstellerangaben ein schonendes Arbeiten mit weniger Substanzabtrag erlauben. Zusätzliche Abrasiv- und Polierflüssigkeiten stehen ebenfalls zur Verfügung, um den Reinigungseffekt der Ansätze zusätzlich zu erhöhen.

Da bis anhin wenig Daten über die Wirkung dieser Instrumente auf Zahnstein und Zahnhartsubstanz veröffentlicht wurden, war es das Ziel der vorliegenden Arbeit, sowohl das Zahnsteinentfernungs- als auch das Abrasionspotenzial vier verschiedener Instrumentenansätze (Abb. 1) bei vier verschiedenen Energiestufen unter standardisierten Bedingungen zu untersuchen. Zusätzlich wurde die Oberflächenrauigkeit bestimmt, wobei rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen ein qualitatives Bild der Oberflächenmorphologie vor und nach Bearbeitung liefern.

## Material und Methoden

Sämtliche in der Folge beschriebenen Versuche wurden mit einem Gerät (Vector®-Gerät, Dürr Dental GmbH, Bietigheim-Bissingen Deutschland) und von einem Behandler durchgeführt. Das Flussdiagramm in Abbildung 2 soll einen Überblick über die Versuchsabfolge ermöglichen.

### Zahnsteinentfernungspotenzial

Einhundertzwanzig extrahierte menschliche Prämolaren mit einem deutlichen Areal subgingivalen Zahnsteins wurden verwendet. Die Wurzeln wurden mit einem Sekundenkleber (Renfert GmbH, Hitzingen, Deutschland) und einem Kaltpolymerisat (PalaDur®, Heraeus Kulzer, Wehrheim, Deutschland) auf REM-Trägern fixiert. Vor der Instrumentierung wurde mit einem Di-



Abb. 1 Ansätze (von links nach rechts): gerade Karbonfaser-sonde, gerade Metallsonde, gebogene Karbonfaser-sonde, gebogene Metallsonde

amant-beschichteten Disk (918PØ 220 mm, Mandrel 303, Komet, Gebr. Brasseler GmbH & Co. KG, Lemgo, Deutschland) unter Wasserkühlung ein rechteckiger Bereich (Area of interest) zur planimetrischen Vermessung markiert. Es wurde darauf geachtet, keine Furkationen in den gewählten Bereich einzubeziehen, um die Zahnsteinbestimmung nicht durch anatomische Unregelmässigkeiten zu beeinträchtigen. Sechshundneunzig dieser Zähne wurden bezüglich Instrumentenansatz zufällig in vier Gruppen eingeteilt (Metallsonde gerade und gebogen, Karbonfaser-sonde gerade und gebogen). Für jeden Sondentyp einer Gruppe wurde pro Energiestufe ein Zahn bearbeitet. Dabei wurden pro Sondentyp jeweils sechs neue Ansätze verwendet. Anschliessend wurden die Proben während 60 Sekunden mit einem elektronisch (TM 503 Power Module, Tektronix®, Inc., Beaverton, Oregon, USA) kontrollierten Auflagegewicht von  $10 \pm 5$  g gereinigt. Konnte in weniger als 60 Sekunden eine zahnsteinfreie Oberfläche erreicht werden, so wurde die Zeitmessung früher gestoppt und auf 60 Sekunden hochgerechnet. Als Spülflüssigkeit wurde für alle vier Sondentypen-Gruppen entionisiertes Wasser verwendet. Vierundzwanzig weitere Zähne wurden mit sechs gebogenen Metallsonden und der Zugabe von Vector® Fluid polish bearbeitet.

Vor und nach jeder Instrumentierung wurde jede ausgewählte Zahnfläche zusammen mit einer Millimeterskala mit einer Digitalkamera (Nikon Corp., Tokyo, Japan) fotografiert. Diese Bilder konnten anschliessend in einem Digitizer Planimeter (Digitizer Planimeter, Tektronix Inc., Beaverton, Oregon, USA) ausgewertet werden (Abb. 3). Hierbei wurden Massstab, Umriss und markierte Zahnsteinfläche vor und nach der Instrumentation eingegeben, um die Zahnsteinentfernungsrate zu berechnen. Diese wurde in «pro Minute gereinigte Wurzeloberfläche in  $\text{mm}^2$ » ausgedrückt.

### Zahnschubstanzverlust

Für die Bestimmung des Zahnschubstanzverlustes während der Bearbeitung mit den verschiedenen Ansätzen ohne Polierflüssigkeit wurden 96 halbierte Prämolarenwurzeln verwendet. Diese wurden in einer Teflonform mit einem Kaltpolymerisat (Paladur) eingebettet. Anschliessend wurden die Proben mit einem Scaler (M23, Fa. Deppeler, Schweiz) von Weichgewebe und Zahnstein befreit und mit einem Nylonbürstchen (Hawe Neos, Bioggio, Schweiz) und Bimsstein (Unor AG, Schlieren, Schweiz) während 10 Sekunden poliert. Die Proben wurden mit President Light Body (Coltène AG, Altstätten, Schweiz) in einer Glasschale fixiert und der Behandlung mit den einzelnen Sondenansätzen zugeführt. Die Proben wurden unter standardisiertem Druck von  $10 \pm 5$  g während 120 Sekunden bei vier verschiedenen Energiestufen behandelt: minimal, ein Drittel, zwei Drittel, maximal. Als Spülflüssigkeit diente entionisiertes Wasser.

Sowohl die Zahnprobe als auch die Arbeitsspitze wurden im Anschluss an jede Behandlung mit entionisiertem Wasser abgespült, und die gesammelte Flüssigkeit wurde mit den während der Bearbeitung anfallenden Dentinspänen gesammelt. Um den Dentinabtrag in Lösung zu bringen, wurden 10 ml 25%ige HCl-Lösung pipettiert und der Probelösung zugegeben. Die bedeckten Schalen wurden während 5 Minuten in ein Ultraschallbad gestellt.

Anschliessend wurde die Lösung in Messkolben überführt und diese mit destilliertem Wasser auf 100 ml aufgefüllt. Von dieser Probelösung wurden 3 ml entnommen und mit 3,3 ml  $\text{SrCl}_2$ -Lösung, welche zur Maskierung des Phosphors diente, und 3,7 ml  $\text{H}_2\text{O}$  auf ein Gesamtvolumen von 10 ml verdünnt. Mit Hilfe eines

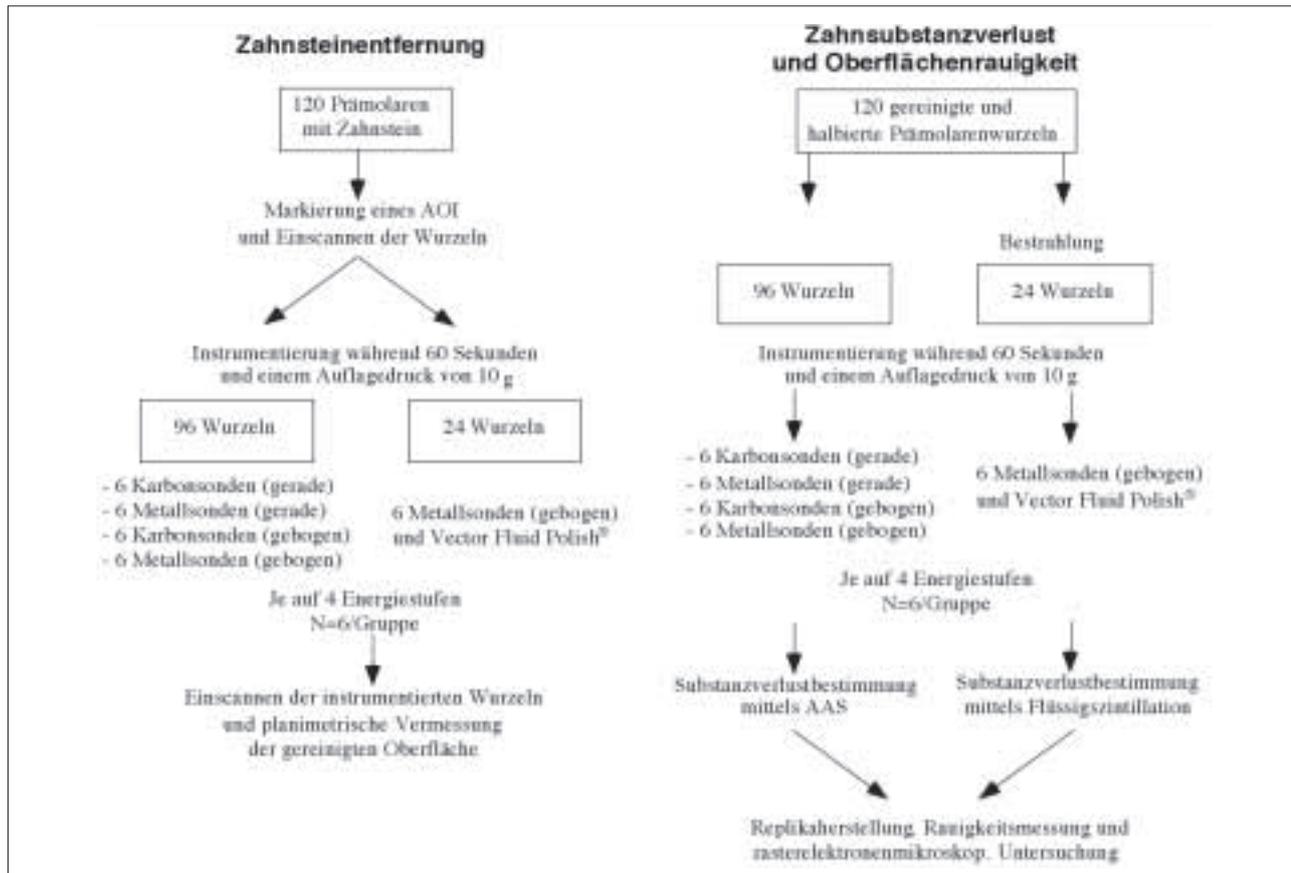


Abb. 2 Versuchsanordnung

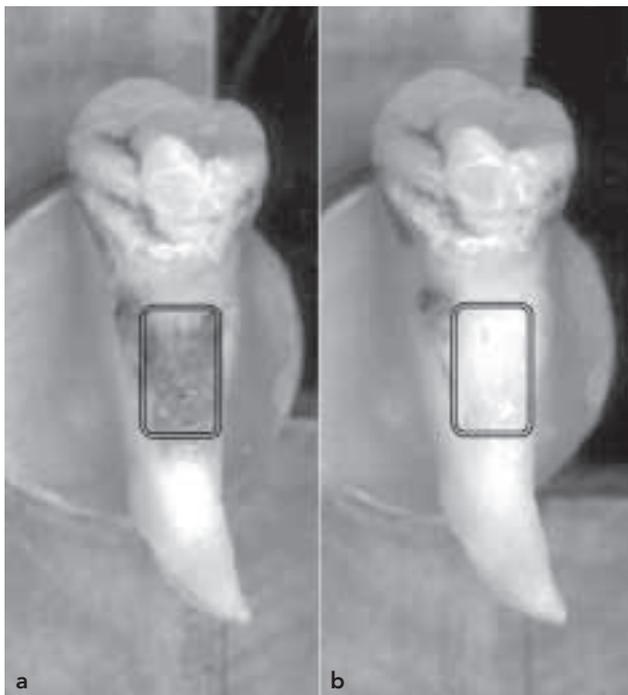


Abb. 3 Digitalisierte Bilder eines Zahnes mit deutlichem subgingivalem Zahnstein vor Behandlung (a). Deutlich erkennbare Zahnsteinentfernung nach Behandlung [mit Rechteck markiert, (b)].

Spektrometers (PERKIN-ELMER, Modell 2380, Atomic Absorption Spectrophotometers, Norwalk, Connecticut, USA) wurde dann die Anzahl ppm (parts per million) Calcium in der Probelösung bestimmt. Zur Berechnung dienten parallel dazu gemessene Ca-Eichlösungen bekannter Konzentrationen (0,4 ppm, 1,0 ppm, 5,0 ppm und 10 ppm Ca).

Dieses Messverfahren konnte für die Proben, welche mit der Polierflüssigkeit behandelt werden sollten, allerdings nicht verwendet werden, da das Vorhandensein von Calcium im Hydroxylapatit enthaltenden Fluid die chemische Analyse verfälscht hätte. Deshalb wurde diese Versuchsreihe mittels Radiochemie gemessen.

Zu diesem Zweck wurden 28 Wurzelhälften, wie bereits oben beschrieben, vorbereitet und in einer Feuchtigkeitskammer gelagert. Zur radioaktiven Markierung wurden die Zähne an das Atominstytut der Österreichischen Universitäten in Wien geschickt, wo sie während einer Bestrahlungsdauer von 15 Minuten mit  $10^{13}$  Neutronen pro  $\text{cm}^2$  beschossen wurden. Die Strahlungsintensität der Zähne betrug nach der Behandlung ca. 0,56 GBq pro Gramm Zahnmaterial. Dem Zahnmaterial entsprechend entstand durch die Aktivierung aus  $^{32}\text{P}$  plus Gamma-Strahlung.

Da die Strahlungsintensität und die Aktivität anderer entstandener Ionen wie zum Beispiel  $^{49}\text{Ca}$  ( $t_{1/2} = 8$  Minuten), Na ( $t_{1/2} = 14,96$  Stunden),  $^{31}\text{Si}$  ( $t_{1/2} = 2,62$  Stunden) eine unmittelbare Analyse verunmöglichten, wurden die Zähne während zweier Wochen gelagert. Dies entsprach ungefähr einer Halbwertszeit von  $^{32}\text{P}$ . Sämtliche Arbeitsschritte fanden in einem Isotopenlaboratorium der Gruppe B an der ETH Zürich statt: Die Wurzelzfrag-

mente wurden in einer Kapelle mit Hilfe von President Light Body® (Coltène AG, Altstätten, Schweiz) in einer Kristallierschale fixiert, welche wiederum auf einem Druckmessgerät (Kontron Electronic AG, Zürich, Schweiz) platziert wurde. Anschliessend wurden 15 ml destilliertes Wasser abgewogen und dazugegeben. Die 28 Wurzelfragmente wurden in zufälliger Reihenfolge in vier verschiedene Gruppen (gebogene Metallsonde, gebogene Plastiksonde, gerade Metallsonde, gerade Plastiksonde) eingeteilt. Die Ultraschallbearbeitung wurde während 120 Sekunden mit einem Anpressdruck von  $10 \pm 5$  g auf der Energiestufe «ein Drittel» durchgeführt.

Für die Berechnung des Zahnschmelzverlustes mittels Flüssigszintillation wurde die von SCHMIDLIN et al. (2001) beschriebene Methode verwendet.

### Oberflächenrauigkeit und Mikromorphologie

Vor und nach jeder Bearbeitung wurden mit einem niedrigviskosen additionsvernetzenden Polyvinylsilikon (President Light Body®, Coltène AG, Switzerland) Abdrücke und anhand dieser Repliken (Stycast®, Belgium) hergestellt. Nach einer Polymerisationszeit von 24 Stunden konnte keine Radioaktivität derselben mehr festgestellt werden. Die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit (Ra) wurde sowohl längs (in apikokoronarer Richtung, respektive vertikal) als auch quer dazu mit einem Profilometer (Form Talysurf, Rank Taylor Hobson, England) ermittelt. Pro Probe wurden zehn Messungen vorgenommen.

Auch wurden die Wurzeloberflächen mikromorphologisch untersucht. Die Epoxidharz-Ausgüsse wurden mit Gold bedampft (Sputter SCD 030, Baltec AG, Balzers, Liechtenstein) und bei 8,9- und 100facher Vergrößerung am Rasterelektronenmikroskop (REM Modell 1810 Amray, Welter, Deutschland) untersucht.

### Statistik

Für die statistische Auswertung wurde ein kommerziell erhältliches Computer-Programm (Stat View® 4.5, Abacus Concepts Inc. Berkeley, USA) verwendet. Die Werte der Zahnsteinentfernungsrate, des Dentinabtrags und der Oberflächenrauigkeit wurden mit ANOVA analysiert. Die Post-hoc-Analyse wurde

mit einem Scheffe-F-Test durchgeführt, wobei das Signifikanzniveau auf 95% gesetzt wurde.

## Resultate

### Zahnsteinentfernungspotenzial

Bei der Zahnsteinentfernung konnten keine statistisch signifikanten Differenzen zwischen den einzelnen Ansätzen festgestellt werden. Die Veränderung der Energieeinstellungen führte zu keiner Erhöhung der Effizienz (Tab. I).

Die Zugabe der Polierflüssigkeit führte mit den gebogenen Metallsonden zu keinem zusätzlichen Reinigungseffekt.

### Zahnschmelzverlust

Die Metallansätze entfernten vor allem bei höheren Energiestufen ( $2/3$  und Maximum) signifikant weniger Zahnhartsubstanz verglichen mit den Karbonfaseransätzen ( $p \leq 0,05$ ). Die Karbonfaseransätze produzierten mit höherer Energiezufuhr einen signifikant grösseren Substanzabtrag (Tab. II).

### Oberflächenrauigkeit und Mikromorphologie

Statistisch signifikante Unterschiede – in Bezug auf die Rauigkeitsdifferenz längs – wurden nur auf der maximalen Energiestufe zwischen der gebogenen Metall- und der gebogenen Karbonfaser- sowie zwischen dem geraden Metall- und dem gebogenen Karbonfaseransatz festgestellt. Generell wurde eine Abnahme der Rauigkeit gemessen, wobei sowohl die gerade wie auch die gebogene Karbonfaser-sonde eine tendenziell glattere Oberfläche hinterliessen (Tab. III).

Bei der Rauigkeitsmessung quer zur Zahnachse wurden auf allen Energiestufen keine signifikanten Unterschiede ermittelt. Es konnte bei den Karbonfaseransätzen aber wiederum ein Trend zur stärkeren Rauigkeitsabnahme beobachtet werden (Tab. III).

### Mikromorphologische Untersuchung (REM)

Die Abbildungen 4 bis 7 vermitteln einen visuellen Eindruck der bearbeiteten Oberflächen. Sowohl die gebogenen wie auch die geraden Metallansätze führten quantitativ und auch optisch bei kleiner Energiestufe zu einem kaum sichtbaren Substanzverlust

Tab. I Zahnsteinentfernungspotenzial in  $\text{mm}^2/\text{min}$  (Mittelwert  $\pm$  Standarddeviation) bei verschiedenen Energiestufen.

Ansatz	Zahnsteinentfernungspotenzial in $\text{mm}^2/\text{min}$ (Mittelwert $\pm$ S.D.) bei verschiedenen Energiestufen			
	Minimum	$1/3$	$2/3$	Maximum
Metall gebogen	$12,7 \pm 6,5$	$13,8 \pm 5,6$	$7,9 \pm 2,8$	$11,9 \pm 4,1$
Metall gerade	$12,0 \pm 5,8$	$9,4 \pm 4,7$	$14,2 \pm 6,5$	$9,7 \pm 3,1$
Karbon gebogen	$13,1 \pm 4,2$	$11,1 \pm 3,9$	$11,2 \pm 2,2$	$11,7 \pm 3,7$
Karbon gerade	$11,7 \pm 3,6$	$9,0 \pm 2,9$	$8,8 \pm 2,8$	$10,2 \pm 5,2$

Tab. II Zahnschmelzverlust in  $\mu\text{g}/\text{mm}^2$  (Mittelwerte  $\pm$  Standarddeviation) bei verschiedenen Energiestufen.

Ansatz	Zahnschmelzverlust in $\mu\text{g}/\text{mm}^2$ (Mittelwert $\pm$ S.D.) bei verschiedenen Energiestufen			
	Minimum	$1/3$	$2/3$	Maximum
Metall gebogen	$1,3 \pm 1,0$	$4,5 \pm 2,2$	$2,8 \pm 1,6$	$8,4 \pm 7,6$
Metall gerade	$1,4 \pm 1,2$	$2,4 \pm 1,6$	$2,5 \pm 1,5$	$2,7 \pm 1,4$
Karbon gebogen	$9,5 \pm 5,5^{\text{a,b}}$	$25,5 \pm 9,7^{\text{a}}$	$34,6 \pm 17,0^{\text{b}}$	$44,8 \pm 21,3^{\text{a}}$
Karbon gerade	$6,8 \pm 1,5^{\text{a,b}}$	$42,0 \pm 27,0$	$55,0 \pm 23,5^{\text{a}}$	$56,2 \pm 36,1^{\text{b}}$

<sup>a,b</sup> Werte eines Instrumentes, die sich statistisch signifikant voneinander bei verschiedenen Energiestufen unterschieden, sind in der Tabelle mit einem identischen hochgestellten Kleinbuchstaben gekennzeichnet (Werte horizontal). Signifikante Unterschiede zwischen den Instrumenten innerhalb einer Energiestufe sind mit Balken markiert (Werte vertikal).

Tab. III Mittlere Oberflächenrauigkeitszu- oder -abnahme Ra in  $\mu\text{m}$  (Mittelwerte  $\pm$  Standarddeviation) bei verschiedenen Energiestufen.

Oberflächenrauigkeitsdifferenz Ra in $\mu\text{m}$ (Mittelwert $\pm$ S.D.) bei verschiedenen Energiestufen längs gemessen				
Ansatz	Minimum	1/3	2/3	Maximum
Metall gebogen	$-0,15 \pm 0,12$	$-0,31 \pm 0,32$	$-0,04 \pm 0,31$	$-0,14 \pm 0,15$
Metall gerade	$-0,12 \pm 0,14$	$-0,12 \pm 0,18$	$-0,13 \pm 0,13$	$-0,06 \pm 0,12$
Karbon gebogen	$-0,19 \pm 0,14^a$	$-0,42 \pm 0,11$	$-0,46 \pm 0,21$	$-0,68 \pm 0,34^a$
Karbon gerade	$-0,02 \pm 0,25$	$-0,17 \pm 0,17$	$-0,23 \pm 0,30$	$-0,30 \pm 0,47$

Oberflächenrauigkeitsdifferenz Ra in $\mu\text{m}$ (Mittelwert $\pm$ S.D.) bei verschiedenen Energiestufen quer gemessen				
Ansatz	Minimum	1/3	2/3	Maximum
Metall gebogen	$-0,16 \pm 0,14$	$-0,07 \pm 0,53$	$0,03 \pm 0,29$	$-0,18 \pm 0,20$
Metall gerade	$-0,13 \pm 0,14$	$-0,07 \pm 0,16$	$-0,24 \pm 0,25$	$0,01 \pm 0,12$
Karbon gebogen	$-0,34 \pm 0,23$	$-0,17 \pm 0,29$	$-0,29 \pm 0,58$	$-0,37 \pm 0,29$
Karbon gerade	$-0,09 \pm 0,15$	$-0,27 \pm 0,43$	$-0,51 \pm 0,34$	$-0,34 \pm 0,41$

<sup>a</sup> Werte eines Instrumentes, die sich statistisch signifikant voneinander bei verschiedenen Energiestufen unterschieden, sind in der Tabelle mit einem identischen hochgestellten Kleinbuchstaben gekennzeichnet (Werte horizontal). Signifikante Unterschiede zwischen den Instrumenten innerhalb einer Energiestufe sind mit Balken markiert (Werte vertikal).

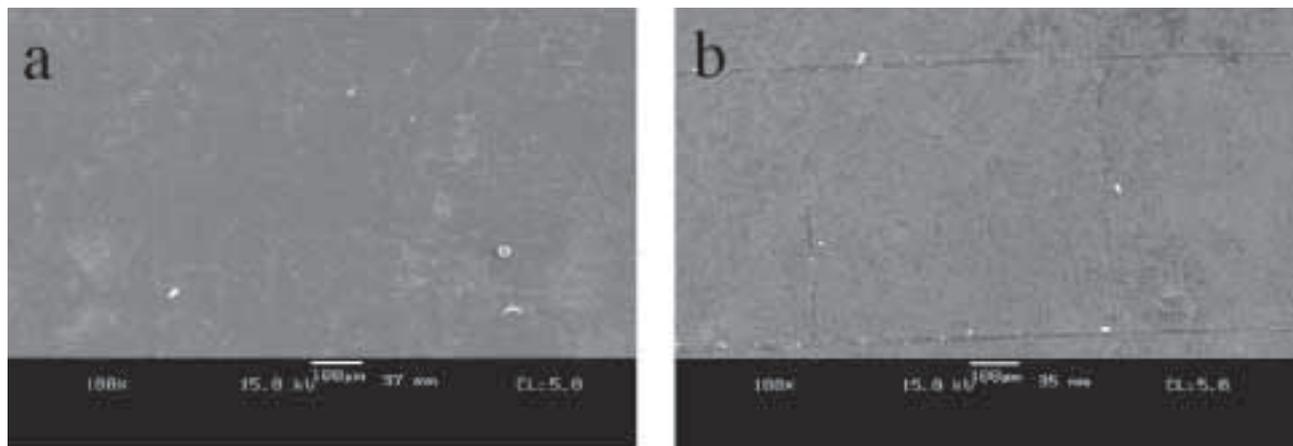


Abb. 4 Zahnoberfläche vor (a) und nach (b) Bearbeitung mit gerader Metallsonde. Eine optisch glatte Oberfläche ist zu erkennen (Vergrößerung 100 $\times$ ). Rasterförmige Strukturen sind durch Porfilometernadeln entstanden.

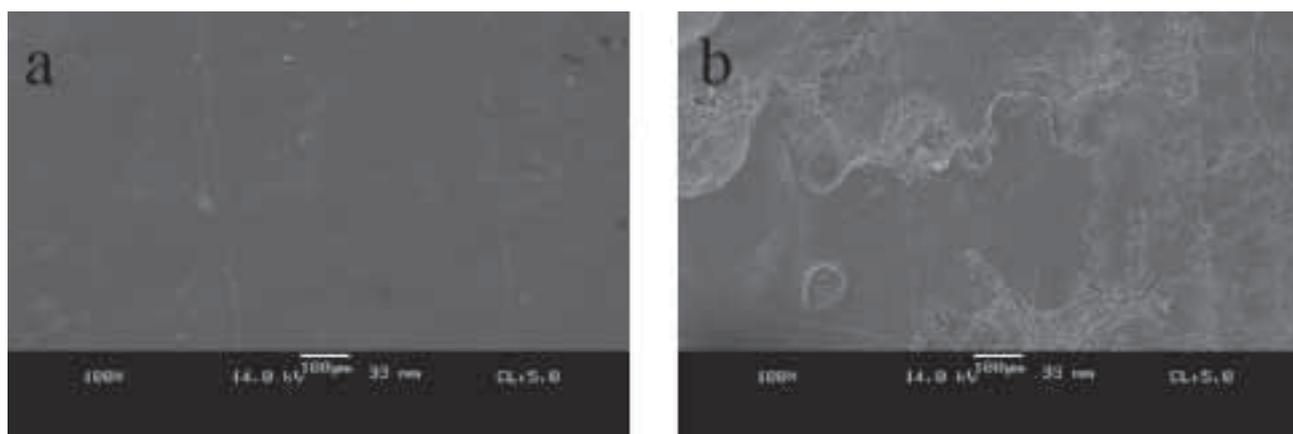


Abb. 5 Zahnoberfläche vor (a) und nach (b) Bearbeitung mit gerader Metallsonde. Es kam im Verlauf der Bearbeitungen zu deutlichen Abplatzungen (Vergrößerung 100 $\times$ ).

und resultierten bei grösserer Vergrößerung in einer optisch glatten Oberfläche (Abb. 4). Bei maximaler Energiestufe war die Oberfläche hingegen eher mit Abplatzungen versehen

(Abb. 5). Bei den Karbonfaseransätzen wurde bereits bei niedriger Energiestufe ein deutlicherer Zahnhartsubstanzverlust festgestellt (Abb. 6). Auffallend waren die beim geraden Karbonfa-

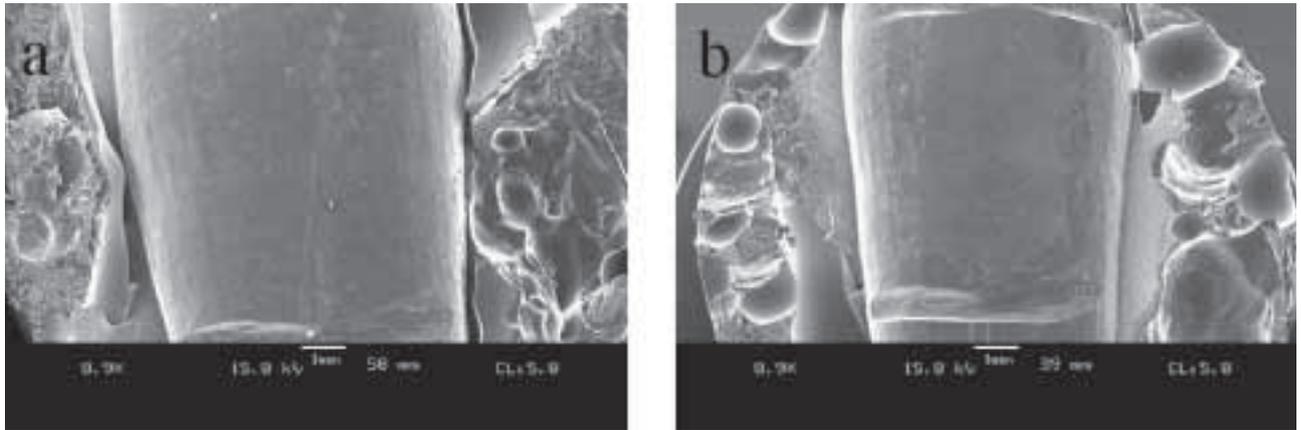


Abb. 6 Zahnoberfläche vor (a) und nach (b) Bearbeitung mit gerader Karbonfasersonde. Bei kleinerer Vergrößerung ist der deutliche Substanzverlust sichtbar. Dennoch ist die Oberfläche glatt (Vergrößerung 8,9×).

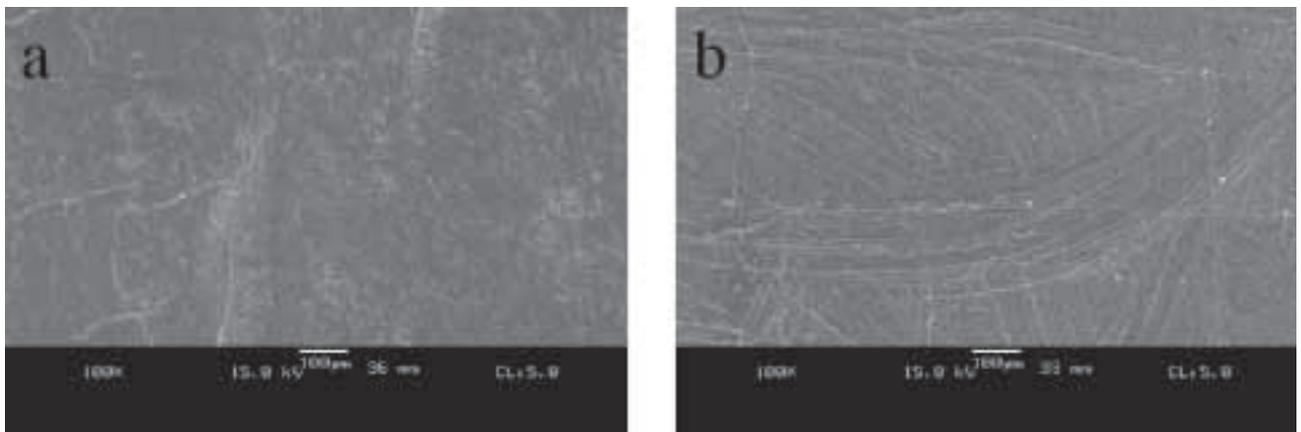


Abb. 7 Zahnoberfläche vor (a) und nach (b) Bearbeitung mit gerader Karbonfasersonde. Mäanderförmige Kratzspuren sind erkennbar (Vergrößerung 100×).

seransatz feststellbaren mäanderförmigen Kratzspuren und Risse in der Wurzeloberfläche (Abb. 7).

## Diskussion

Der Problematik des Substanzverlustes und der Oberflächenrauigkeit wurde bei der Entwicklung des Vectorgerätes besondere Beachtung geschenkt. So wurden neben Metallinstrumenten zusätzlich noch Ansätze aus Faserverbundwerkstoffen (Karbonfaser) entwickelt, welche besonders effizient, aber zugleich Substanz schonend sein sollten.

Die vorliegende Untersuchung ergab bezüglich Zahnsteinentfernung auf allen gewählten Energiestufen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Ansätzen. Metall- und Karbonfaseransätze schienen gleich effizient zu sein. Bei der Zugabe von Vector®-Polish konnte lediglich ein gewisser Trend zu einer höheren Zahnsteinentfernungsrates bemerkt werden, jedoch ohne statistische Signifikanz.

Es wurden bis dato nur wenige quantitative Daten bezüglich Aggressivität, d.h. Abtragung von Dentin, Zement und Zahnstein, publiziert. Dies mag vor allem an der schwierigen Methodik liegen (SCHMIDLIN et al. 2001). Die radiochemische Bestimmung des Dentinabtrages ergab – im Gegensatz zum Zahnsteinentfernungspotenzial – hochsignifikante Unterschiede. So entfernten

die Karbonfaseransätze deutlich mehr Zahnhartsubstanz als die Metallansätze. Während beide Metallansätze ähnlich wenig Substanz entfernten, trug der gerade Karbonfaseransatz gegenüber dem gebogenen etwa sechs Mal mehr ab.

Diese Feststellungen wurden auch durch die Atomabsorptionsspektrophotometrie bestätigt. Die Ergebnisse können zwar quantitativ nicht verglichen werden, da bei der radiochemischen Dentinabtragsbestimmung der Substanzverlust pro Zahn und bei der Atomabsorptionsspektrophotometrie pro mm<sup>2</sup> gemessen wurde, aber qualitativ lassen sich ohne weiteres Vergleiche ziehen. Generell entfernten aber die Karbonfaseransätze auf allen Energiestufen wiederum signifikant mehr Zahnhartsubstanz als die Metallinstrumente. Weshalb die Karbonfaseransätze mehr Zahnhartsubstanz abtragen, kann nur vermutet werden. Ein möglicher Grund könnte in der Tatsache liegen, dass die Karbonfaseransätze weicher bzw. elastischer sind und deswegen trotz der unidirektionalen Wirkungsweise mit einer grösseren Amplitude schwingen. Falls die Frequenz bei den Metall- und den Karbonfaseransätzen identisch ist, so müsste der Karbonfaseransatz bei einer grösseren Amplitude die höhere Geschwindigkeit und somit die höhere Energie aufweisen, was zu einer grösseren Destruktion führen könnte. Einzig Schwingungsmessungen im Raum könnten hier mehr Klarheit schaffen (LEA et al. 2002, 2003).

Die für die Bestimmung der Oberflächenrauigkeit am häufigsten verwendete *In-vitro*-Methode ist die Profilometrie. Da gerade bei Ultraschallgeräten die Instrumentenspitze keine linearen Bewegungen vollzieht und in verschiedenen Achsen schwingt, ist die Analyse der Oberflächenrauigkeit sowohl längs als auch quer zur Zahnachse sinnvoll. Die Rauigkeitsmessungen wurden in der vorliegenden Studie nicht als absolute Werte, sondern als jeweilige Differenz der Werte vor und nach Bearbeitung angegeben, da die unbearbeiteten Zahnoberflächen unterschiedliche Oberflächenrauigkeiten vor Behandlungsbeginn aufwiesen. Insgesamt konnte mit allen Ansätzen eine Abnahme der Oberflächenrauigkeit sowohl längs als auch quer zur Zahnachse gemessen werden. Tendenziell wurde mit den Karbonfaseransätzen eine grössere Abnahme der Rauigkeit beobachtet. Diese Beobachtung konnte lediglich bei den Längsmessungen auf der Energiestufe «Maximum» als statistisch signifikant bestätigt werden.

Mehrere Studien (LIE & LEKNES 1985, LIE & MEYER 1977) haben die Oberflächenbeschaffenheit nach Bearbeitung mit verschiedenen Instrumenten lediglich mikromorphologisch untersucht. Da diese Beurteilungen qualitativer Natur sind, ergaben sich zum Teil widersprüchliche Resultate. Während einige Studien zeigten, dass mit Ultraschallansätzen weniger Rauigkeit erzielt werden kann (PAMEIJER et al. 1972), kamen andere Untersucher zum Schluss, dass mit Handinstrumenten glattere Oberflächen entstehen (MEYER & LIE 1977, VAN VOLKINBURG et al. 1976). Es ist schwierig, auf Grund von zweidimensionalen Bildern eine Aussage über die Oberflächenrauigkeit zu machen. Nur in Kombination mit profilometrischen Analysen lassen sich verwertbare Schlüsse ziehen.

Die auf den REM-Bildern sichtbaren Strukturen und Substanzdefekte entsprechen den Ergebnissen der vorgängig durchgeführten Untersuchungen bezüglich Substanzabtrag und Oberflächenrauigkeit. So ist erkennbar, dass die Karbonfaseransätze die Zahnoberfläche zwar glätteten, aber zu einem teils massiven Zahnhartsubstanzverlust und zu Rissen in der Wurzeloberfläche führten. Demgegenüber hinterliessen die Metallansätze mehrheitlich eine glatte Oberfläche.

Das Vector®-Gerät stellt insgesamt eine Alternative zu den herkömmlichen Geräten dar. So scheint die Zahnsteinentfernung mit allen Ansätzen, auch ohne Zugabe von Vector®-Polish, effizient zu sein und hinterlässt dabei als grossen Vorteil gegenüber anderen Instrumenten oder Systemen eine glatte Oberfläche. Hingegen tragen die Karbonfaseransätze gegenüber den Metallansätzen deutlich mehr Zahnhartsubstanz ab. Vergleicht man die Resultate insgesamt, so überwiegen bezüglich Effizienz und Zahnschadenpotenzial die Vorteile der Metallansätze.

Als Konsequenz der vorliegenden Ergebnisse können die Metallansätze sowohl bei der Erstbehandlung als auch in der Erhaltungstherapie verwendet werden. Die Karbonfaseransätze können in Anbetracht des hohen Abrasionspotenzials zur Erhaltungstherapie nicht empfohlen werden.

Klinische Studien stehen noch aus, welche die vorliegenden Resultate untermauern könnten.

## Verdankung

Der Firma Dürr Dental, St. Gallen, möchten wir herzlich für die zur Verfügung gestellten Geräte und Ansätze danken.

## Summary

NAEF F H F, SENER B, BÜRGI-TIEDEMANN C, SCHMIDLIN P R: **Efficiency and damage potential of vertically oscillating metal-**

**lic and carbonic ultrasonic inserts** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 114: 1115–1123 (2004)

This laboratory study investigated the efficiency and aggressiveness of metallic and carbonic inserts of a vertically oscillating ultrasonic device (Vector™-system) at different power settings. The following parameters concerning periodontal treatment were assessed under standardized conditions: calculus and tooth substance removal, mean surface roughness and micro morphological appearance of the treated roots. Concerning the calculus removal potential, no significant differences were found between the types of insert used. The carbon fibre inserts, however, showed significantly more tooth substance loss than the metallic inserts. These findings were confirmed by micromorphological SEM analysis. In view of these results, the repeated use of these carbon fiber inserts during periodontal sustaining therapy cannot be recommended.

## Résumé

Dans le travail présenté, l'efficacité et l'agressivité d'inserts métalliques et en carbone d'un instrument à ultrasons vertical oscillant (Vector™-System) ont été étudiées pour différents niveaux d'énergie. D'un point de vue périodontologique, les aspects essentiels suivants du traitement de la racine et du polissage du lissage ont été évalués: potentiel d'élimination du tartre, perte de substance dentaire, rugosité de la surface de la racine et micromorphologie de la surface de la dent traitée. Il a pu être montré que, par rapport au potentiel d'élimination du tartre, aucune différence entre les inserts métalliques et en carbone n'existe. Par contre, les inserts en carbone enlèvent plus de substance dentaire saine. Ces résultats ont pu être confirmés par des observations micromorphologiques. Les inserts en carbone, en raison de leur haut potentiel d'abrasion, ne peuvent pas être conseillés dans le cadre d'une thérapie de maintien.

## Literaturverzeichnis

- BRAUN A, KRAUSE F, NOLDEN R, FRENTZEN M: Subjective intensity of pain during the treatment of periodontal lesions with the Vector-system. *J Periodontol Res* 38: 135–140 (2003)
- BUSSLINGER A, LAMPE K, BEUCHAT M, LEHMANN B: A comparative in vitro study of a magnetostrictive and a piezoelectric ultrasonic scaling instrument. *J Clin Periodontol* 28: 642–649 (2001)
- DE MARCHI M, RABITO M, CORDIOLI G P: (Mechanical preparation of root surfaces: studies with scanning electron and light microscopy. [Comparison of the Piezon and the Air Scaler]). *G Stomatol Ortognatodonzia* 3: 501–507 (1984)
- HAHN R: Die Vector-Methode. Klinische Anwendung und wissenschaftliche Grundlagen. Bietigheim-Bissingen: Dürr Dental GmbH & Co; (1999)
- LEA S C, LANDINI G, WALMSLEY A D: Vibration characteristics of ultrasonic scalers assessed with scanning laser vibrometry. *J Dent* 30: 147–151 (2002)
- LEA S C, LANDINI G, WALMSLEY A D: Ultrasonic scaler tip performance under various load conditions. *J Clin Periodontol* 30: 876–881 (2003)
- LIE T, LEKNES K N: Evaluation of the effect on root surfaces of air turbine scalers and ultrasonic instrumentation. *J Periodontol* 56: 522–531 (1985)
- LIE T, MEYER K: Calculus removal and loss of tooth substance in response to different periodontal instruments. A scanning electron microscope study. *J Clin Periodontol* 4: 250–262 (1977)

- LINDHE J, HAFFAJEE A D, SOCRANSKY S S: Progression of periodontal disease in adult subjects in the absence of periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 10: 433–442 (1983)
- MEYER K, LIET T: Root surface roughness in response to periodontal instrumentation studied by combined use of microroughness measurements and scanning electron microscopy. *J Clin Periodontol* 4: 77–91 (1977)
- PAMEIJER C H, STALLARD R E, HIEP N: Surface characteristics of teeth following periodontal instrumentation: a scanning electron microscope study. *J Periodontol* 43: 628–633 (1972)
- SCHMIDLIN P R, BEUCHAT M, BUSSLINGER A, LEHMANN B, LUTZ F: Tooth substance loss resulting from mechanical, sonic and ultrasonic root instrumentation assessed by liquid scintillation. *J Clin Periodontol* 28: 1058–1066 (2001)
- SCHWARZ F, AOKI A, SCULEAN A, GEORG T, SCHERBAUM W, BECKER J: In vivo effects of an Er:YAG laser, an ultrasonic system and scaling and root planing on the biocompatibility of periodontally diseased root surfaces in cultures of human PDL fibroblasts. *Lasers Surg Med* 33: 140–147 (2003)
- VAN VOLKINBURG J W, GREEN E, ARMITAGE G C: The nature of root surfaces after curette, cavitron and alpha-sonic instrumentation. *J Periodontal Res* 11: 374–381 (1976)