

Christian Graetz, Anke Bräuning, Anna Plaumann, Claudia Springer, Maren Kahl, Christof E. Dörfer

## Antiinfektiöse Therapie – Instrumente zur Wurzeloberflächenbearbeitung im Fokus



**INDIZES** Parodontitis, Handinstrumente, Schall- und Ultraschallscaler, Pulver-Wasserstrahl-Gerät, Laser, Wurzeloberflächenbearbeitung, Effektivität

Die Voraussetzung für den Erfolg einer Parodontitistherapie ist eine umfassende Biofilmentfernung und damit die Schaffung einer bioakzeptablen Wurzeloberfläche. Dafür stehen verschiedene Instrumente zur Verfügung, die in manuelle und maschinelle Systeme unterschieden werden. Vor allem bei den maschinellen Systemen haben Weiter- und Neuentwicklungen zu Erweiterungen der Therapieoptionen geführt. Die Systeme unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Effektivität, ihres Destruktionspotenzials, des Zeitaufwandes für eine effektive Wurzeloberflächenbearbeitung und ihrer Anwendungstechnik. Aufgrund verschiedener systemimmanenter Vor- und Nachteile führt eine Instrumentenkombination in vielen Fällen zu einer Optimierung des Behandlungsergebnisses.

In den verschiedenen Phasen der Parodontalbehandlung kommen die Instrumente mit jeweils unterschiedlicher Zielsetzung zum Einsatz. Während der antiinfektiösen Therapie werden möglichst effiziente Instrumente, wie Handinstrumente und Schallscaler, benötigt, bei denen die Effizienz im Abtrag harter Auflagerungen von der Wurzeloberfläche im Vordergrund stehen. Dagegen finden während der unterstützenden Parodontitistherapie weniger invasive Systeme, wie Ultraschallscaler oder PWS-Geräte, ihren Einsatz, die den Biofilm möglichst schonend von Hart- und Weichgewebe entfernen.

**Christian Graetz**  
PD Dr. med. dent.  
Klinik für Zahnerhaltung  
und Parodontologie,  
Universitätsklinikum  
Schleswig-Holstein,  
Campus Kiel

**Anke Bräuning**  
Dr. med. dent.  
Akademie für Zahnärztliche  
Fortbildung, Karlsruhe

**Anna Plaumann**  
ZÄ

**Claudia Springer**  
Dr. med. dent.

**Maren Kahl**  
Dr. med. dent.

**Christof E. Dörfer**  
Prof. Dr. med. dent.  
Klinik für Zahnerhaltung  
und Parodontologie,  
Universitätsklinikum  
Schleswig-Holstein,  
Campus Kiel

Kontaktadresse:  
PD Dr. med. dent.  
Christian Graetz  
E-Mail:  
graetz@konspar.uni-kiel.de

### ■ Gingivitis und Parodontitis – Warum die Biofilmentfernung?

Ein wesentliches Bestreben der zahnärztlichen Therapie ist es, einen lebenslangen Erhalt der natürlichen Zähne in einem gesunden, funktionell und ästhetisch akzeptablen sowie schmerzfreien Zustand zu ermöglichen.<sup>1</sup> Dies scheint bei entsprechender parodontaler Entzündungsfreiheit möglich.<sup>2,3</sup> Allerdings gehört die Parodontitis zu den häufigsten chronischen Erkrankungen in Deutschland<sup>4</sup>, weltweit steht sie an sechster Stelle und kann unbehandelt zum Zahnverlust führen<sup>5</sup>. Gerät die Ökologie der Mundhöhle in Unordnung und entgleist das ansonsten ausbalancierte Verhältnis von oralem Biofilm und Körperabwehr, kann sich aus einer reversiblen Gingivitis eine irreversible Parodontitis mit Attachmentverlusten

und Knochenabbau entwickeln. Die derzeit wirksamsten Therapien und Präventionsstrategien setzen nach wie vor auf die mechanische Entfernung bzw. Reduktion des oralen Biofilms und seiner mineralisierten Folgeerscheinungen. Diese zunächst weichen Auflagerungen lassen sich durch individuelle Mundhygienemaßnahmen des Patienten noch entfernen<sup>6</sup>, können aber im weiteren Verlauf mineralisieren. Im mineralisierten Zustand bedarf es nun eines höheren Aufwandes zur Entfernung.<sup>7</sup> Dies gilt auch, wenn es zu einer Parodontitis mit der Ausbildung subgingivaler Taschen gekommen ist. In diesem Zustand ist subgingivale Instrumentierung mit Reinigung der Zahnoberfläche zur Schaffung einer bioakzeptablen Oberfläche mit nachfolgender erneuter Ausbildung eines epithelialen und/oder bindegewebigen Attachments unverzichtbar.<sup>8,9</sup> Dies kann nicht-chirurgisch

**Manuskript**  
Eingang: 02.11.2015  
Annahme: 08.02.2016



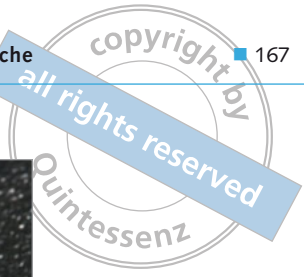
im Sinne eines subgingivalen Debridements/Scalings, ggf. mit Wurzelglättung (scaling/root planing: SRP) oder chirurgisch unter Sicht erfolgen.<sup>10–15</sup> Dabei hat sich der Begriff „antiinfektiöse Therapie“ als Synonym für die ursachengerichtete, nicht-chirurgische Parodontistherapie etabliert.<sup>16</sup>

## ■ Ziele der Wurzeloberflächenbearbeitung

Wesentliches Ziel der Parodontistherapie ist es, das physiologische Gleichgewicht der Mundhöhle, d. h. eine Situation, in der keine klinische Entzündung vorliegt, wiederherzustellen. Dies ist auch unter allgemeinmedizinischer Betrachtung relevant, da vor allem bei Patienten mit einem erhöhten Endokarditisrisiko der Entzündungszustand des Parodonts entscheidend ist für die Häufigkeit von Bakteriämien im Alltag.<sup>17</sup> Der derzeit unter Abwägung von Effektivität und Risiken beste Ansatz zielt auf die Reduktion der Menge (Masse) des oralen Biofilms, bzw. durch ihn exprimierte Endotoxine, auf ein Niveau (kritisch) ab, welches keine destruirende Abwehrreaktion des Patienten initiiert. Durch ein Debridement subgingivalen Biofilm und Zahnstein komplett entfernen zu können, ist aufgrund diverser klinischer Einschränkungen eine Illusion. Morphologische Besonderheiten, wie Einziehungen an Wurzeln oder Furkationen<sup>18,19</sup>, sowie Limitationen der Instrumente machen dies unmöglich<sup>10</sup>. Dass trotzdem eine erfolgreiche Parodontistherapie möglich ist, klingt zunächst paradox, lässt sich aber anhand des „kritischen Maßes“ erklären.<sup>20</sup> Dies bedeutet, dass die infektiöse Last lediglich auf ein bestimmtes Maß reduziert und nicht vollständig entfernt werden muss. So wird derzeit diskutiert, dass bereits eine 70–80 %ige Instrumentierung für einen Erfolg ausreichend ist.<sup>21</sup> Trotzdem gestaltet sich die Kontrolle der Instrumentierungsqualität in vivo schwierig. In der Regel kann nur die Ausheilung mit Verbesserung von Surrogatparametern, wie Sondierungstiefe, Attachmentniveau und Blutung bei Sondierung, abgewartet werden. Eine Überprüfung, wie sie beispielsweise von Geisinger et al.<sup>22</sup> und Avradopoulos et al.<sup>23</sup> mit Hilfe von Perio- oder Endoskopen im Sulkus beschrieben wurde, erscheint zur Zeit im Routinebetrieb einer zahnärztlichen Praxis

aufgrund der Komplexität in der Anwendung weder sinnvoll noch durchführbar.<sup>24</sup> Ebenso wird kontrovers diskutiert, ob man die Wurzeloberflächenbearbeitung hinsichtlich der Definitionen „root planing“ als den Abtrag von „infiziertem“ bzw. „nekrotisiertem“ Wurzelzement oder Dentin vom reinen „scaling“ überhaupt praktisch trennen kann.<sup>7</sup> Der englische Begriff „planing“ wird oft irreführend mit Wurzelglättung übersetzt und führt dann zu der Vorstellung, dass eine „geglättete“ Wurzeloberfläche so glatt und blank wie möglich zu gestalten sei.<sup>25</sup> Nach Plagmann<sup>25</sup> wäre die korrektere Übersetzung des Wortes „planing“ mit „Einebnung“ zu übersetzen. Eine gleichzeitige eventuelle Glättung mit Verminderung der Oberflächenrauheit scheint dabei für die Ausheilung im Taschenbereich ohne Bedeutung. Entscheidend ist immer das Erreichen einer bioakzeptablen Wurzeloberfläche durch Entfernung entzündungsprovozierender Stoffe (Endotoxine), welche in ca. 90 % der Wurzeloberfläche nur lose anhaften.<sup>26–28</sup> Dadurch lassen sich diese auch mit weniger aggressiven Maßnahmen, wie einer Politur mit einem Gummikelch oder auch Pulver-Wasserstrahl-Geräten (PWS), entfernen.<sup>29,30</sup> Allerdings scheint es bisher unmöglich zwischen einem selektiven Abtrag von Auflagerungen von der Zahnoberfläche und dem Abtrag von Zahnhartsubstanz während der Durchführung der Therapie zu differenzieren. Somit wird jede mechanische Reinigung, insbesondere bei der Entfernung von harten Auflagerungen, als Nebenwirkung einen gewissen Zahnhartsubstanzverlust bedingen.<sup>31</sup> Innovationen bei maschinellen Systemen, einschließlich dem Laser, mit einem selektiveren Abtrag der Auflagerungen beispielweise durch Rückkopplungen mit Abtastung der Wurzeloberfläche, zeigen neue Möglichkeiten zur Vereinfachung auf.<sup>32,33</sup>

Ungeachtet dieser eher wissenschaftlichen Disputationen stehen heute für die Therapie eine Vielzahl von Instrumenten zur Verfügung, die die Möglichkeiten vor allem der geschlossenen Wurzeloberflächenbearbeitung wesentlich verändert haben. Ihre zunehmende Vielfalt macht es aber gleichzeitig auch immer schwieriger, die für die jeweils erforderlichen Gegebenheiten geeigneten Systeme für einen optimalen Therapieerfolg auszuwählen. Im Folgenden sollen deshalb die Möglichkeiten und Grenzen dieser Systeme dargestellt werden, um den Lesern einen Überblick zu geben.



## ■ Instrumente zur Wurzeloberflächenbearbeitung

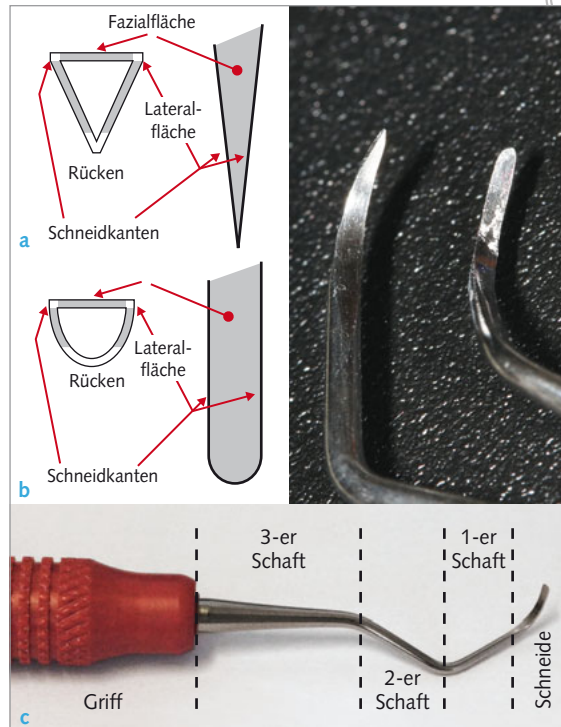
Prinzipiell unterscheidet man zwischen manuellen und maschinellen Instrumenten. Zur Gruppe der Handinstrumente gehören Scaler für die supragingivale und Küretten für die supra- und subgingivale Anwendung (Abb. 1). Speziell letztgenannte lassen sich weiter in Universal- und Spezialküretten differenzieren.

Ebenso kann man auch aus verschiedenen maschinellen Systemen auswählen. Die am weitesten verbreiteten Systeme sind Schall- und Ultraschallscaler. Daneben gibt es auch spezielle rotierende oder oszillierende Geräte, wie den EVA-Kopf L61 (KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß)<sup>34,35</sup>, oder zur ausschließlichen Entfernung des Biofilmes die PWS-Geräte. Hinzu kommt der mögliche Einsatz monochromatisches Lichtes mit hoher Energiedichte (Laser).<sup>36</sup> Innerhalb der Lasersysteme muss jedoch unterschieden werden, ob diese als Instrument zur Beseitigung auch harter Auflagerungen (z. B. Er:YAG-Laser)<sup>33,37</sup> oder nur zur Beeinflussung des Biofilms im Rahmen einer antimikrobiellen Photodynamischen Therapie (aPDT), also als adjuvante Therapie<sup>38</sup>, genutzt werden.

## ■ Handinstrumente

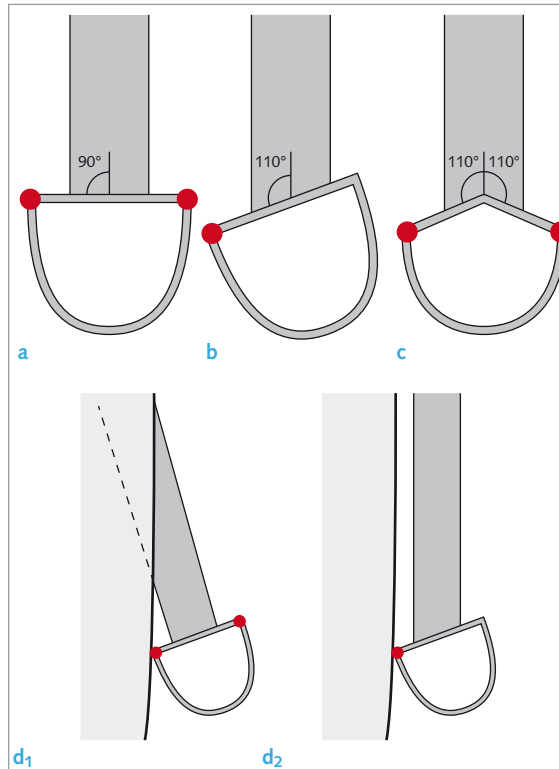
### Aufbau

Traditionell werden Handinstrumente in Scaler (Abb. 1a) und Küretten (Abb. 1b), letztere wiederum in Universal- (z. B. Bahnhardt- oder Columbia-Küretten) und in Spezialküretten (z. B. Gracey- oder Langer-Küretten) unterschieden. Universalküretten haben ihren Namen dadurch erhalten, dass sie aufgrund ihrer zwei Schneiden sowie ihres symmetrischen Aufbaus eine Bearbeitung aller Zähne und Zahnflächen erlauben. Der angestrebte Anstellwinkel des Arbeitendes zur Wurzeloberfläche von 70–80°<sup>25</sup> wird bei Universalküretten durch ein Kippen des Instrumentes in die jeweilige Richtung erreicht, wobei bei tieferen Taschen in der Regel die klinische Krone des Zahnes im Wege ist und die korrekte Handhabung behindert. Daher sind Spezialküretten mit einem spezifischen Winkel zwischen dem 1er Schaft und der jetzt nur einmal vorhandenen Schneide versehen (Abb. 2b



**Abb. 1** a) Scaler haben einen dreieckigen Querschnitt mit zwei geschärften Schneidkanten, welche aufeinander zulaufen. Aufgrund ihres spitzen Arbeitendes sind sie auf die Bearbeitung supragingivaler Zahnareale begrenzt. b) Küretten weisen einen halbrunden Querschnitt und ein abgerundetes Arbeitende auf, wodurch diese nicht nur supra-, sondern auch subgingival angewendet werden können. c) Beide Handinstrumente werden in Arbeitende, Schaft und Griff unterschieden, wobei insbesondere der 1er-Schaft (zwischen Arbeitende und erster Biegung) eine zentrale Rolle in der Ausrichtung zur zu bearbeitenden Zahnoberfläche spielt.

und 2d<sub>2</sub>) und zur Bearbeitung spezifischer Bereiche konzipiert (Abb. 2b). Der ideale Anstellwinkel zur Wurzeloberfläche wird durch eine parallele Ausrichtung des 1er Schaftes zur instrumentierenden Wurzeloberfläche erreicht, was auch die Bearbeitung von tieferen Taschen ohne Behinderung durch die klinische Krone ermöglicht. Alle weiteren Schäfte und Biegungen von Spezialküretten dienen dann der besseren Adaptation im Molaren- oder Frontzahnbereich. Außerdem lässt sich bei korrekter Anwendung von Spezialküretten eine Traumatisierung der umliegenden Weichgewebe vermeiden. Spezialküretten mit längerem 1er Schaft und kürzerem Arbeitende ermöglichen das erleichterte Instrumentieren gerade unter engen anatomischen Verhältnissen. Allerdings reduzieren sie nicht wie erhofft die Weichgewebstraumatisierung.<sup>39</sup> Durch Neuentwicklungen, wie



**Abb. 2** Schematische Darstellung des Arbeitendes einer a) Universalkürette, b) Gracey-Spezialkürette und c) Double-Graceykürette. d<sub>1</sub>) Der Einschaft einer Universalkürette muss somit immer ca. 10–20° auf den zu bearbeitenden Zahn zugeneigt sein, um an der Wurzeloberfläche den effektiven Winkel von 70–80° zur Fazialfläche zu gewährleisten. d<sub>2</sub>) Bei Spezialküretten ist diese Neigung nicht erforderlich, da durch die Absenkung der Schneidkante der richtige Winkel zur Wurzeloberfläche gegeben ist.

die Double-Graceyküretten (Abb. 2c), verschwimmen die Grenzen zwischen Universal- und Spezialküretten, da bei ihnen zwei Schneiden mit der Architektur von Spezialküretten kombiniert wurden. Dadurch könnte bei geringerem Zeitaufwand dennoch eine hohe Reinigungsleistung erreicht werden. Mehr Informationen hierzu folgen unter *Innovationen*. Hingegen sind die in der Literatur früher oft zur Instrumentierung beschriebenen Feilen (z. B. Orban-Feile<sup>25</sup>) aufgrund des hohen Aufschleifaufwands heute von leichter anwendbaren, filigraneren maschinellen Ansätzen oder den eben bereits zitierten schlanken Spezialküretten immer mehr verdrängt worden und sollen hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt sein. Für alle Handinstrumente gilt aber, dass insbesondere die Materialhärte einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Abtragsleistung – gerade bei harten Auflagerungen – und, nicht zu unterschätzen, auch auf die Schärfe der Schneide haben kann.

## Anwendung

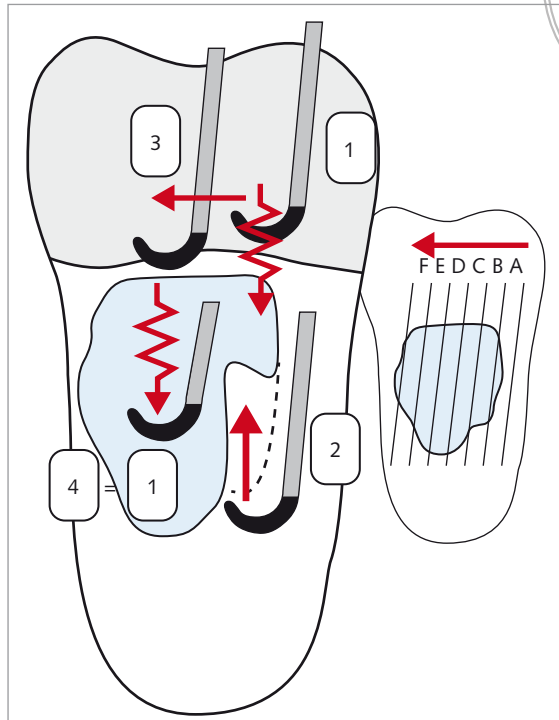
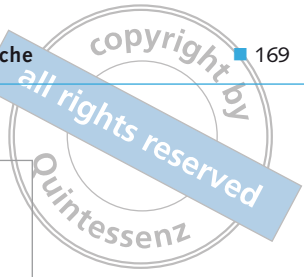
Bei der Handinstrumentierung lassen sich zwei nacheinander wiederholende Bewegungsrichtungen unterscheiden. Bei der Sondierbewegung wird das Instrument nach apikal gleitend über die Wurzeloberfläche in die parodontale Tasche vorgeschoben und die Arbeitsfläche auf Unebenheiten der Wurzeloberfläche abgetastet (Abb. 3). Anschließend wird mittels des sogenannten Arbeitshubes in einem idealen Anstellwinkel der Schneide zur Wurzeloberfläche von 70–80° unter kontrolliertem Druck die Zahnoberfläche vom Taschenfundus nach koronal bearbeitet (Abb. 3).<sup>40–43</sup> Diese Bewegungen werden überlappend, Bahn für Bahn, zirkulär um den Zahn wiederholt. Dabei sollte fortwährend die korrekte Ausrichtung des 1er-Schaftes – nahezu parallel zur zu bearbeitenden Wurzeloberfläche – beachtet werden, um den Taschenfundus sicher instrumentieren zu können (Abb. 4).

Größte Bedeutung kommt sowohl bei der Hand- als auch der maschinellen Instrumentierung einer standardisierten Systematik des Behandlers zu, um zeitaufwendige Instrumentenwechsel zu reduzieren und keine Flächen unberücksichtigt zu lassen. Mit Hilfe eines strukturierten Training-Programms<sup>25</sup> lässt sich die Effektivität der Handinstrumentierung deutlich steigern und ein Debridement ist genauso schnell wie mit maschinellen Scalern ausführbar.<sup>31,44,45</sup> Dabei übt der Anwender einen großen Einfluss auf das Resultat aus.<sup>46</sup>

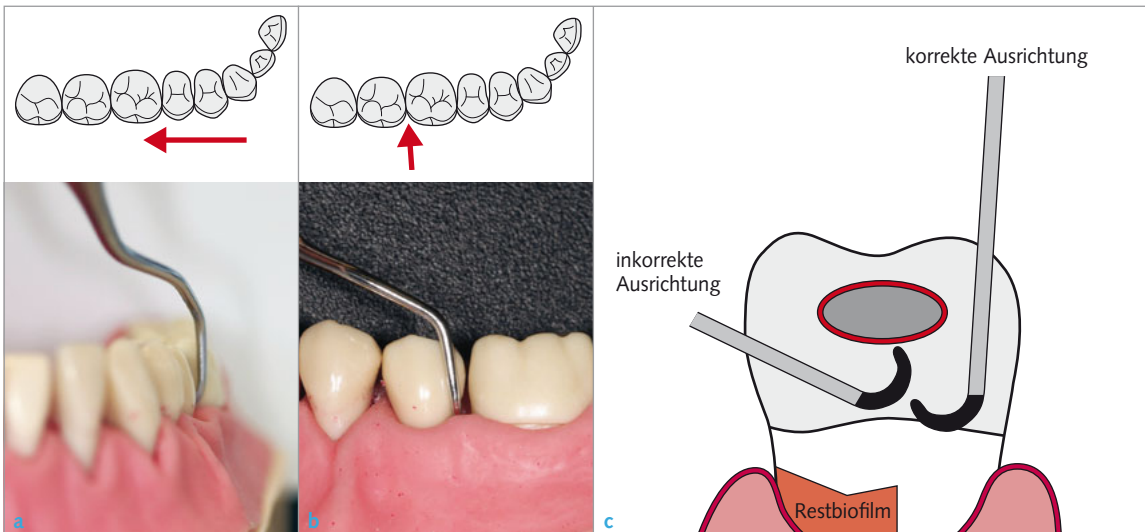
## Innovationen

Insbesondere bei der Verwendung von Spezialküretten bleibt aufgrund der Seitenspezifität ein Wechseln bzw. Umgreifen der Instrumente notwendig. Weiterentwickelte, zweischneidige Spezialküretten (Anterior and Posterior Kürette; American Eagle Instruments, Missoula/USA) sind seit kurzem auf dem Markt. Sie sollen die Vorteile von Universal- und Spezialküretten vereinen (Abb. 2c). Bei diesen Küretten liegen die beiden Schneiden einander gegenüber und fallen durch eine satteldachartige Gestaltung der Fazialfläche nach rechts und links um 110° zum 1er Schaft ab. In-vitro-Untersuchungen belegen, dass die Bearbeitung der mesialen und distalen, bzw.





**Abb. 3** Darstellung der systematischen Arbeitsbewegungen mit einem Handinstrument am Zahn: (1) Sondierbewegung mit Abtasten der Wurzeloberfläche von koronal nach apikal; (2) Arbeitshub von apikal nach koronal; (3) leichtes Versetzen nach lateral um etwa die Hälfte der eben abgefahrenen Bahnbreite; (4) neue Sondierbewegung (wie 1) usw. Das Instrument verlässt dabei nicht die Zahnoberfläche. Der Zahn wird Bahn um Bahn (A–F) abgefahren (modifizierte Darstellung nach Plagmann 1998<sup>29</sup>).



**Abb. 4** Illustration der korrekten Ausrichtung einer Universalkürette entsprechend einer nahezu Parallelität (ca. 10–20°) zwischen 1er Schaft und der zu bearbeitenden Wurzeloberfläche. Dies sollte in beiden Ansichten von a) frontal und b) lateral beachtet werden. c) Bei stärkerer Neigung der Kürette droht sonst eine unzureichende Bearbeitung der Wurzeloberfläche mit Restbiofilm am Taschenfundus.

der oralen und bukkalen Flächen ohne ein Wechseln der Kürette mit rund 3 Min je Zahn nahezu genauso schnell möglich ist wie mit einem Schallscaler, und teils sogar schneller war als mit einem Ultraschallscaler.<sup>31</sup> Dabei war die Effektivität aller verglichenen Systeme mit 70–80 % vollständiger Entfernung der simulierten nicht-mineralisierten Auflagerungen vergleichbar gut.<sup>31</sup> Allerdings gibt es durchaus Limitationen: Im Vergleich zu anderen Studien mit gleichem Versuchsaufbau war eine reduzierte Effektivität von 10 % gegenüber konventionellen Spezialküretten

festzustellen.<sup>44,45</sup> Möglicherweise liegt dies an der erschwerten Instrumentierung der Bukkal- und Oralflächen von Molaren, da die Double-Gracey-Küretten eine geringere Winkelung zwischen dem 1. und 2. Schaft aufweisen und durch die beidseitigen Schneiden am Arbeitsende etwas breiter ausfallen. Hier ist beispielsweise die grazilere Gracey-Kürette für die Mittenflächen der Seitenzähne (Nr. 7/8) klar von Vorteil. Denkt man dazu noch an die Anwendung von speziellen Gracey-Küretten mit längerem 1er Schaft oder noch zusätzlich kürzerem Arbeits-



ende, so sind diese deutlich besser geeignet, um in engen und tiefen Knochentaschen die Wurzeloberfläche suffizient zu bearbeiten. Dennoch sind die neu entwickelten Double-Gracey-Küretten aufgrund der Zeitersparnis und einfachen Handhabung eine sinnvolle Innovation, und scheinen nicht nur dem Zwang der Industrie zu immer neuen Entwicklungen mit fraglichem Mehrgewinn für die Praxis geschuldet.

## Risiken

Ungeachtet der Vorteile und der nahezu ubiquitären Verfügbarkeit von Handinstrumenten werden, auch bei regelmäßiger Anwendung und Übung, länger dauernde Instrumentierungen als anstrengend und zeitaufwendig empfunden.<sup>47</sup> Bei der Handinstrumentierung muss nämlich in sich wiederholenden überlappenden Zügen<sup>34,40–42,48</sup> mit einem Kraftaufwand von ca. 3 N<sup>40–43</sup> gearbeitet werden. Hinzu kommt die große Auslenkung im Handgelenk, welche eine hohe Belastung darstellt und Ursache für Gelenkprobleme sein kann.<sup>49,50</sup> Weiterer Nachteil der Handinstrumente ist der signifikant höhere Zahnhartsubstanzabtrag im Vergleich zu den im Folgenden genannten maschinellen Scalern, Lasern oder PWS-Geräten (Abb. 13 und 14).<sup>31,51</sup> Der Behandler muss sich dessen bewusst sein und einen unnötigen Zahnhartsubstanzabtrag vermeiden. Daraus resultiert der Einsatz von Handinstrumenten vor allem in der aktiven Parodontitistherapie.

## ■ Schall- und piezoelektrische Scaler

### Aufbau und Funktionsprinzip

Entwickelt wurden die maschinellen Systeme ursprünglich, um die Effizienz der Handinstrumente zu verbessern und gleichzeitig eine deutliche Zeitersparnis – teils bis zu 50 % – im Vergleich zur Handinstrumentierung zu ermöglichen.<sup>47</sup> Die kinetische Energie der in Schwingung versetzten Spitze ermöglicht eine weniger mühsame Bearbeitung der Wurzeloberflächen und eine vergleichsweise leichtgängigere Arbeitsweise mit einer Anpresskraft von nur ca. 0,5 N.<sup>52–54</sup> Die notwendige Schwingungsenergie

wird bei Schallscalern durch eine Luftströmung um einen Hohlzylinder erzeugt und es entstehen Schwingungen der Arbeitsspitzen im hörbaren Schallbereich mit bis zu 6 kHz. Ultraschallscalerspitzen werden hingegen entweder magnetostruktiv oder piezoelektrisch zu Schwingungen bis 40 kHz angeregt. Zwingend muss auf eine ausreichende Flüssigkeitskühlung (rund 30 ml/Min), möglichst unmittelbar an der Instrumentenspitze des Arbeitsendes, geachtet werden.<sup>55,56</sup> Dies führt zu einer nicht zu unterschätzenden Aerosol- und Sprühnebelbildung<sup>57–59</sup>, welche als potenziell infektiös zu betrachten ist.

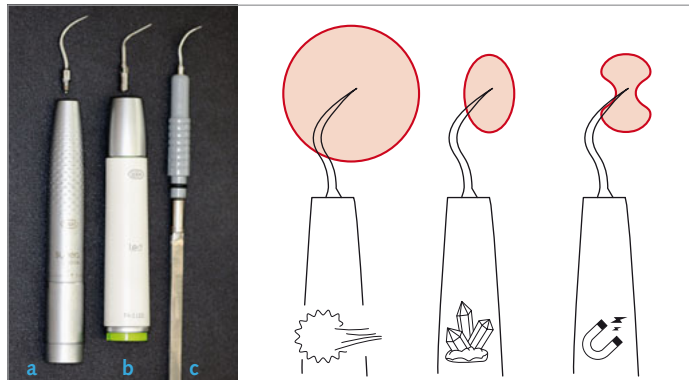
## Anwendung

Der Vorteil maschineller Instrumente in komplexen Morphologien, wie Furkationen oder engen Knochentaschen, ist unbestritten und es verwundert nicht, dass Reinigungsleistungen von über 90 % vollständiger Entfernung harter und weicher Auflagerungen auf subgingivalen Wurzeloberflächen beschrieben wurden.<sup>37,45,46</sup> Besonders die Wurzeloberflächen in Furkationen können durch einen erleichterten Zugang mit maschinellen Systemen gegenüber den gröberen Arbeitsenden von Handinstrumenten besser gereinigt werden (Abb. 5).<sup>60,61</sup> Ebenso ist eine deutlich geringere Weichgewebs-traumatisierung durch den subgingivalen Einsatz graziler Spitzen gegenüber jeglicher Handinstrumentierung zu erwarten.<sup>62–64</sup> Aber auch die Anwendung der maschinellen Systeme muss geübt sein. Da es sich um einen schwingenden Punkt in Form der Arbeitsspitze handelt, sollte diese in sich wiederholenden horizontalen und vertikalen Bahnen systematisch über die Wurzeloberfläche geführt werden. Dabei muss in jedem Fall ohne Anpressdruck gearbeitet werden, da es sonst einerseits zu einer Dämpfung der Spitze mit deutlichen Leistungseinbußen oder andererseits auch zu unnötigen Zahnhartsubstanzdefekten kommen kann.<sup>63</sup> Ebenso gibt es erhebliche Unterschiede in den Schwingungsmustern von Schall- und Ultraschallscalern, die beim Instrumentieren beachtet werden müssen (Abb. 6). Im Gegensatz zur eher rundlich schwingenden Spitze bei Verwendung eines Schallscalers<sup>53</sup>, lässt sich die linear schwingende Spitze eines piezoelektrischen Antriebes schwieriger positionieren (Abb. 7).

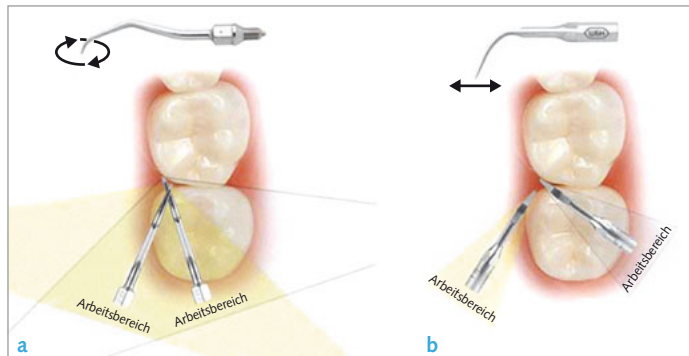


**Abb. 5** In-vitro-Simulation der Biofilmentfernung an einer Furkation eines oberen Molaren, Darstellung von apikal nach Instrumentierung a) mit einem Handinstrument und b) mit einem maschinellen, knospenförmigen Schallscaleransatz (Abdruck der Bilder mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Th. Kocher, Greifswald). c) Intraorale geschlossene Instrumentierung der durchgehend tastbaren Furkation an Zahn 26 mit einem Schallscaleransatz (Arbeitsspitze 3AP, W&H, Bürmoos/Österreich).

**Abb. 6** Illustration der unterschiedlichen Schwingungsrichtungen in der Hauptamplitude eines a) Schallscalers, b) eines piezoelektrischen bzw. eines c) magnetostriktiven Ultraschallscalers.



**Abb. 7** Illustration der unterschiedlichen Handhabung bei korrektem Anstellwinkel eines (a) Schall- und eines (b) piezoelektrischen Ultraschallscalers im Seitenzahnbereich. Der Arbeitsbereich resultiert aus den unterschiedlichen Schwingungsmustern und ist für Piezoscaler mit linearer Schwingungscharakteristik kleiner als für Luftscaler. Dies muss durch eine häufigere erneute Adaptation an die Zahnoberfläche vom Behandler ausgeglichen werden, damit die Instrumentierung effektiv, aber trotzdem zahnhart-substanzschonend erfolgt (Abdruck der Bilder mit freundlicher Genehmigung der Firma W&H, Bürmoos/Österreich).



**Innovationen**

Obwohl In-vitro-Untersuchungen zeigen, dass mit Neuerungen beim Spitzendesign oder Geräteantrieb eine erhöhte Effektivität bei teilweise reduzierten Missempfindungen für den Patienten erreicht werden konnte<sup>31,65-69</sup>, stellt sich die Frage nach deren klinischer Relevanz. Walmsley et al.<sup>70</sup> kamen in ihrer systematischen Übersichtsarbeit zu dem Ergebnis, dass es keine externe Evidenz für einen klinischen Vorteil eines der maschinellen Systeme, und insbesondere deren Weiterentwicklungen, während der nicht-chirurgischen Parodontitistherapie gab. Ande-

rerseits können mit maschinellen Systemen Areale instrumentiert werden, die mit Handinstrumenten nicht erreichbar sind, ein Vorteil, der sich in den Ergebnissen klinisch kontrollierter Studien und damit auch in systematischen Übersichtsarbeiten aufgrund ihrer Einzelfallcharakteristik nicht niederschlägt. Sowohl Schall- als auch Ultraschallinstrumente werden auch in der Endodontie oder zur Zahnhartsubstanzpräparation angewendet, was deren Einsatzspektrum zum einen erweitert und zum anderen die deutlich höheren Anschaffungskosten gegenüber Handinstrumenten etwas relativiert. Der Mangel der geringeren Taktilität von maschinellen Systemen ver-



glichen mit Handinstrumenten<sup>71</sup>, konnte bislang aber nicht effektiv behoben werden. Nur durch kurzzeitiges Ausschalten der Schwingung und der Erfahrung des Anwenders kann dieser Nachteil kompensiert werden<sup>72</sup>. Die Schwingungscharakteristik der verschiedenen Systeme beeinflusst aber auch entscheidend die Zeit für eine effektive Instrumentierung<sup>73</sup>, unabhängig davon ob der Anwender die eigene Effektivität gerade bei subgingivaler Instrumentierung richtig einzuschätzen vermag. Jedoch gibt es bereits in der Praxis anwendbare Ultraschallscaler, die die Charakteristik der bearbeiteten Wurzeloberfläche analysieren.<sup>32</sup> Diese sind allerdings, ähnlich wie Lasergehäte mit Feedbackmodulen<sup>33</sup>, unter den Anwendern nicht stark verbreitet. Gute Resultate erfordern somit, gleichgültig ob Handinstrumente oder maschinelle Systeme verwendet werden, ein regelmäßiges Training und eine systematische Anwendung.<sup>43,74</sup>

## Risiken

Unumgänglich bei der Arbeit mit maschinellen Scalern ist die ausreichende Zufuhr von Kühlflüssigkeit. Dies birgt Risiken für Anwender und Patient in Form von Aerosolbildung und Bakterienkontamination.<sup>75</sup> Schutzmaßnahmen können diese Risiken reduzieren. Diese sind z. B. ein angepasster Mund-Nasen-Schutz, eine Schutzbrille oder das präoperative Spülen mit antiinfektiösen Lösungen zur Verringerung der Keimlast.<sup>75–78</sup> Weiterhin kann es beim länger andauernden Einsatz von Ultraschallscalern zu einem leichten temporären Taubheitsgefühl in den Fingern kommen, wobei die gesundheitlichen Risiken unklar sind.<sup>72,79–84</sup> Hier sind die Industrie zur besseren Entkopplung der Handstücke und die Anwender zu regelmäßigen Entspannungsübungen der Finger und des Handgelenkes gefordert, um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen.<sup>85</sup> Bei Ultraschallscalern bestehen noch weitere Risiken durch Interaktionen zwischen dentalen elektronischen Geräten<sup>86</sup> oder Herzschrittmachern (HSM) bzw. implantierten Defibrillatoren (Implantable Cardioverter Defibrillator; ICD).<sup>87</sup> Die möglichen Interferenzen werden seit geraumer Zeit kontrovers diskutiert.<sup>84,88–91</sup> Da bis heute kein Konsens in der Literatur gefunden werden konnte und die meisten Hersteller der Geräte eine Interaktion nicht ausschließen wollen, sollte von

einer Störbeeinflussung ausgegangen werden – sofern das Gegenteil nicht belegt ist.<sup>87</sup> Es wird somit aus forensischen Gründen von der Anwendung piezoelektrischer oder magnetostriktiver Ultraschallscaler bei Trägern von Herzschrittmachern oder implantierten Kardioverter-Defibrillatoren abgeraten.<sup>87</sup>

## ■ Laser

### Aufbau und Funktionsprinzip

Laser basieren auf dem Prinzip der stimulierten Photonenemission. Elektromagnetische Strahlung hoher Intensität und scharfer Bündelung wird emittiert.<sup>92</sup> Der Laserlichtstrahl ist monochromatisch (eine Wellenlänge), kohärent (das elektromagnetische Feld ist räumlich und zeitlich in fester Phasenbeziehung) und kollimiert (nahezu parallel). Aufgrund des Wirkmechanismus von Laserlicht, insbesondere des Erbium-Yttrium-Aluminium-Granat-(Er:YAG)-Lasers mit hoher Absorption zu Wasser bei geringer thermischer Nebenwirkung<sup>93</sup>, scheinen effektive Gewebeabträge aller oraler Strukturen, einschließlich harter Zahnauflagerungen, möglich.<sup>92,94</sup> Weitere Vorzüge sind eine hämostatische Wirkung<sup>95</sup> und antimikrobielle Effekte<sup>96,97</sup>. Dies stellt hohe Erwartungen an den Laser in der Parodontitistherapie.<sup>92,95</sup> Trotz allem zeigen weder CO<sub>2</sub>-, Nd:YAG-, Nd:YAP- oder Diodenlasern verschiedener Wellenlänge noch der Er:YAG-Laser klinisch relevante Vorteile für die nicht-chirurgische Parodontitistherapie gegenüber den konventionellen Verfahren.<sup>64,93,94,98</sup> Auch der nicht unerhebliche Zeit- und Kostenaufwand gegenüber den konventionellen Techniken sollte nicht unterschätzt werden.<sup>9,95,99,100</sup>

### Anwendung

Denkbar sind mehrere Einsätze der Laser während der geschlossenen Parodontitistherapie. Sie können wie der Er:YAG-Laser allein zur Bearbeitung von Wurzeloberflächen verwendet<sup>33,37</sup> oder auch nur adjuvant eingesetzt werden. Die Evidenz eines höheren Nutzwerts bleibt unklar: Aktuelle Übersichtsarbeiten beschreiben nur einen moderaten zusätzlichen Nutzen.<sup>64,101,102</sup> In einer klinischen Studie<sup>37</sup>

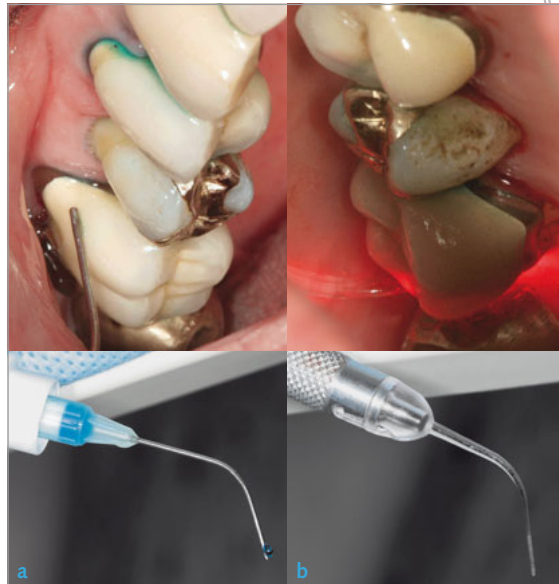


konnten mit einem Er:YAG-Laser innerhalb von rund 4,5 Minuten 83 % einer Wurzeloberfläche in vivo von harten Auflagerungen gereinigt werden. Mit Handinstrumenten waren es 96 % bei gleichem Zeitaufwand. Eine weitere Untersuchung fand bei nahezu gleichem Zeitaufwand entsprechend verschiedener Energiedosen des Er:YAG-Lasers von 100–140 mJ nur 6–9 % Restkonkremente. Beim konventionellen Scaling mit Handinstrumenten waren es 15 %.<sup>33</sup> In beiden klinischen Studien fiel der sehr geringe Wurzeloberflächenabtrag durch den Laser positiv auf.<sup>33,37</sup> Dennoch beschreiben einige Autoren die Wurzeloberfläche histologisch nach der Laserbehandlung als relativ rau.<sup>103,104</sup>

## Innovationen

Die allein durch eine Laseranwendung erreichbare antimikrobielle Wirkung (vor allem durch thermische Effekte) mit Reduktion der parodontalpathogenen Keime und deren Endotoxinen<sup>36,97,105</sup> oder ein positiver Einfluss auf die Wundheilung<sup>106–108</sup>, einschließlich eines gesteigerten Patientenkomforts während der Behandlung<sup>105</sup>, werden bis heute kontrovers diskutiert<sup>64,109,110</sup>. Eine oftmals zitierte Laserbiostimulation scheint eher auf Placebo-Effekten zu beruhen, wohingegen kurzzeitige Reduzierungen der parodontalpathogenen Keime möglich sind.<sup>95</sup> Insbesondere bei der antimikrobiellen photodynamischen Therapie (aPDT) zeigen Laser in vitro vielversprechende Ergebnisse, der Einfluss scheint in vivo aber weniger ausgeprägt.<sup>111</sup> Ebenso lässt sich der keimreduzierende Effekt nicht langfristig genug aufrechterhalten.<sup>100,112</sup> Trotzdem kann die aPDT als adjuvante Therapie zum mechanischen Debridement kurzfristig bessere klinische Effekte erzielen<sup>38,111</sup> und damit den Gebrauch von systemischen oder lokalen Antibiotika in der Parodontitistherapie reduzieren<sup>113,114</sup> (Abb. 8).

Vielversprechend scheint auch die Kombination von Lasern mit fluoreszenzdiagnostischen Verfahren.<sup>115</sup> Dies entfernt selektiv harte Auflagerungen und schont die Wurzeloberfläche gegenüber Laseranwendungen ohne Feedbackmodul.<sup>116</sup> Ob dadurch weniger Restkonkremente verbleiben und damit ein Einsatz in der Praxis wirklich gegeben ist, bleibt aber abzuwarten. Es scheint mehr vom Be-

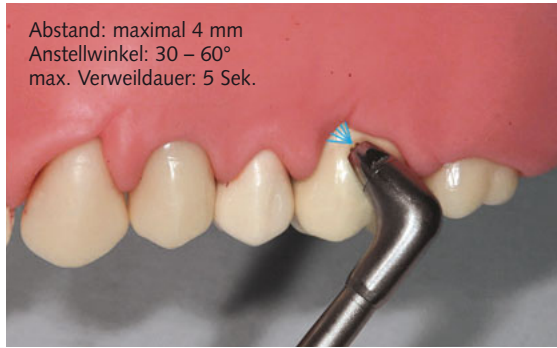


**Abb. 8** Klinische Anwendung eines aPDT-Systems mit einem Diodenlaser von 660–675 nm und 140 mW Leistung (Periowave, Vancouver/USA) im Rahmen der antiinfektiösen Parodontitistherapie bei einer 59-jährigen Raucherin (generalisierte chronische Parodontitis mit moderatem Schweregrad mit wiederholter Suppuration nach Instrumentierung). a) Irrigation der Photosensibilisatorlösung (Methylenblau 0,01 %) und nach einer Einwirkzeit von ca. 60 sec. b) Die zirkuläre Anwendung der Lichtstreuungsspitze.

handler abhängig zu sein, der das jeweilige Instrument an die richtige Stelle subgingival führen muss. Das erklärt auch, warum oftmals keine höhere Effektivität der Wurzeloberflächenbearbeitung mit einem solchem Lasersystem im Vergleich zum konventionellen Debridement gefunden wurde.<sup>37,116</sup>

## Risiken

Trotz der noch unzureichenden Erkenntnisse zu Nebenwirkungen oder Risiken einer Laseranwendung während der Wurzeloberflächenbearbeitung, scheint meistens die Anwendung bei herstellerekonformer Wellenlängen- und Energieeinstellung problemlos. Dennoch bestehen, wie in histologischen Analysen nachgewiesen, die latente Gefahr der Zementablösung bzw. die Karbonisierung der Wurzeloberfläche mit verzögerter Fibroblastenanlagerung.<sup>117,118</sup> Hier kam es trotz dieser Nebenwirkungen nicht zu einer vollständigen Entfernung von weichen und harten Auflagerungen.<sup>37,117</sup> Somit war also keine „Sterilisation“, sondern auch nur eine Keimreduzierung möglich.<sup>92</sup> Auch eine Hypermineralisation durch redu-



**Abb. 9** Illustration mit Anwendungshinweisen zur subgingivalen Instrumentierung mittels eines PWS-Gerätes.

zierte organische Anteile in der Wurzeloberfläche wurde beobachtet.<sup>119</sup> Es ist wahrscheinlich, dass keine weiteren Risiken oder Nebenwirkungen im Vergleich zur konventionellen mechanischen Therapie vorliegen.<sup>64,95</sup>

## ■ Pulver-Wasserstrahl-Geräte

### Aufbau und Funktionsprinzip

Eine ernstzunehmende Alternative zur konventionellen Biofilmentfernung stellen Pulver-Druckluft-Wasserstrahlmischungen dar.<sup>120</sup> Während früher nur hoch-abrasive Pulverarten verfügbar waren, gibt es jetzt wenig abrasive Pulver, die auch subgingival auf der Wurzeloberfläche bzw. auf exponiertem Dentin eingesetzt werden können.<sup>121</sup> Länger schon existiert das Glycinpulver<sup>122</sup> und seit neustem das Erythritolpulver.<sup>123</sup> Entscheidend für die Abrasivität ist aber neben Pulverart und -menge im Tank der Gerätetyp<sup>124</sup>, der die Pulver-Emissionsrate, und somit die Aufprallgeschwindigkeit auf den Zahn, entscheidend beeinflusst.<sup>125</sup> Der Behandler kann zwischen stationären und mobilen Endgeräten entscheiden. Vorteile von sog. „Handys“, meist über die Turbinenluftkupplung betrieben, sind der geringe Lagerungsaufwand und die Griffbereitschaft während der Behandlung. Nachteile sind die fehlende Kontrolle des Antriebsdrucks und die kleineren Pulvertanks. Vorteile stationärer Geräte sind die einfachere Wartung der Schläuche, wobei sog. „All-in-one“-Lösungen, beispielsweise mit piezoelektrischem Ultraschallhandstück in einem Gerät, noch zusätzlich durch die Kombinationsmöglichkeiten beider Systeme punkten können.

### Anwendung

Eine besonders schonende Bearbeitung ohne kritischen Substanzverlust aller Wurzeloberflächen und angrenzender gingivaler Gewebe erscheint mittels Glycinpulver möglich.<sup>126,127</sup> Glycin ist eine vom Körper selbst metabolisierbare Aminosäure und gleichzeitig Baustein für Proteine. Es werden verschiedene Partikelgrößen angegeben, wobei 20 µm ideal erscheint.<sup>128</sup> In Kombination mit speziellen subgingival anzuwendenden Düsen zeigen diese Pulver in aktuellen Untersuchungen bei subgingivaler Anwendung sowohl in flachen Taschen von bis zu 4 mm<sup>129</sup> als auch in moderat tiefen Taschen von 4–9 mm eine effektivere Reduzierung des Biofilms als mittels konventionellem SRP<sup>130</sup>. Auch ohne spezielle Düsen zur subgingivalen Instrumentierung (Abb. 9) scheint sich eine Wirtktiefe bis ca. 5 mm in der parodontalen Tasche zu ergeben, was zu vergleichbaren Behandlungsergebnissen wie nach einem konventionellen SRP führte.<sup>122,131,132</sup>

Wirklich von Vorteil sind niedrig-abrasive Pulver vor allem hinsichtlich des Patientenkomforts und der antibakteriellen Wirkung.<sup>133,134</sup> Die niedrig-abrasiven Pulver rauhen die Wurzeloberfläche gegenüber dem konventionellem SRP deutlich weniger auf, was einem Reattachment von Fibroblasten förderlich scheint.<sup>135</sup> Außerdem kann die Therapie mit PWS gerade in der unterstützenden Parodontitistherapiephase (UPT) zeiteffizienter als mit konventionellem SRP erfolgen.<sup>120</sup> Einen nicht zu unterschätzenden Vorteil zeigen die PWS-Geräte aber auch bei der Periimplantitistherapie. Sie reduzieren signifikant besser Plaque subgingival und damit auch den Entzündungsgrad und die Taschentiefe.<sup>136</sup> Trotz dieser Vorteile ist die PWS-Anwendung mit Glycin- und Erythritolpulver zur Entfernung von supragingivalen Verfärbungen nur bedingt geeignet und von harten Auflagerungen gar nicht. Zur Entfernung starker Verfärbungen auf dem Zahnschmelz – insbesondere interdental an schwer erreichbaren Stellen – werden weiterhin hoch-abrasive Pulver, wie Natriumbicarbonat, Kalziumcarbonat oder Aluminiumtrioxyd, eingesetzt. Diese dürfen aufgrund der Abrasivität auf keinen Fall subgingival oder auf freiliegendem Dentin angewendet werden.<sup>126</sup>



**Abb. 10** Klinische Anwendung eines PWS-Gerätes subgingival bei einer 52-jährigen Raucherin im Rahmen der unterstützenden Parodontitistherapiephase. a) Frontalansicht vor Anwendung des PWS-Gerätes, b) gezielte subgingivale Lenkung des Pulver-Wasserstrahls in der Unterkieferfront (E.M.S. Electro Medical Systems S.A., Nyon/Schweiz) mit einem Glycinpulver und c) nach der Instrumentierung. d) An Zahn 31 mit sehr schmaler befestigter Gingiva zeigt sich lingual nach der Anwendung eine Emphysembildung.



**Abb. 11** Klinische Anwendung einer Arbeitsspitze subgingival bei einer 42-jährigen Raucherin im Rahmen der unterstützenden Parodontitistherapiephase. a) Zahn 21 mit einer mesial-palatalen Wurzeleinziehung (ST 6 mm nach wiederholter Instrumentierung und BOP), b) Anwendung einer subgingivalen Arbeitsspitze (E.M.S. Electro Medical Systems S.A., Nyon/Schweiz) mit einem Glycinpulver und c) nach der Instrumentierung.

## Innovationen

Neben praktischen Detailverbesserungen der Gerätesysteme wurden insbesondere die Pulver zur Anwendung auf Wurzeloberflächen oder freiliegendem Dentin in den letzten Jahren fortwährend weiterentwickelt. So werden Glycinpulver teils mit aktiven Partikeln wie  $\beta$ -Trikalziumphosphat ( $\beta$ -TCP) versehen, um so eine Remineralisation zu fördern und Dentinüberempfindlichkeiten zu reduzieren.<sup>137</sup> Neu ist auch das Erythritpulver. Erythrit ist ein Zuckeraustauschstoff, der in natürlicher Form u. a. in Früchten vorkommt. Das Abrasionsverhalten von Glycinpulver und Erythritol ist ähnlich und durch sehr feine Korngrößen ( $< 20 \mu\text{m}$ ) ist mit beiden Pulvern ein dichter Pulverstrahl möglich. Dennoch scheint eine bessere Reinigungsleistung mit Erythritolpulver möglich, sodass mit nur einem einzigen Pulver supra- und subgingivale Reinigungen ohne Unterbrechungen, Pulverwechsel und zusätzlichem Zeitaufwand denkbar wären. Zudem zeigt sich bei der Biofilmtherapie mit Erythritol ein größerer antibakterieller und antimikrobieller Effekt<sup>138,139</sup>, und in Kombinationen

mit Chlorhexidindiglukonat scheinen deutlich stärkere antimikrobielle Effekte als bei alleiniger Anwendung von Glycinpulver möglich<sup>139</sup>.

## Risiken

Auch wenn in vielen Studien keine relevanten oder zusätzlichen Nebenwirkungen im Vergleich zum konventionellen SRP beschrieben werden, ist bei der Anwendung von PWS das subkutane Emphysem zu erwähnen.<sup>140</sup> Wird mit zu hohem Druck oder im falschen Winkel gearbeitet, kann sich Luft im Gewebe ansammeln.<sup>141</sup> Besonders Gebiete mit geringem oder keinem gingivalem Attachment sind gefährdet (Abb. 10).<sup>141</sup>

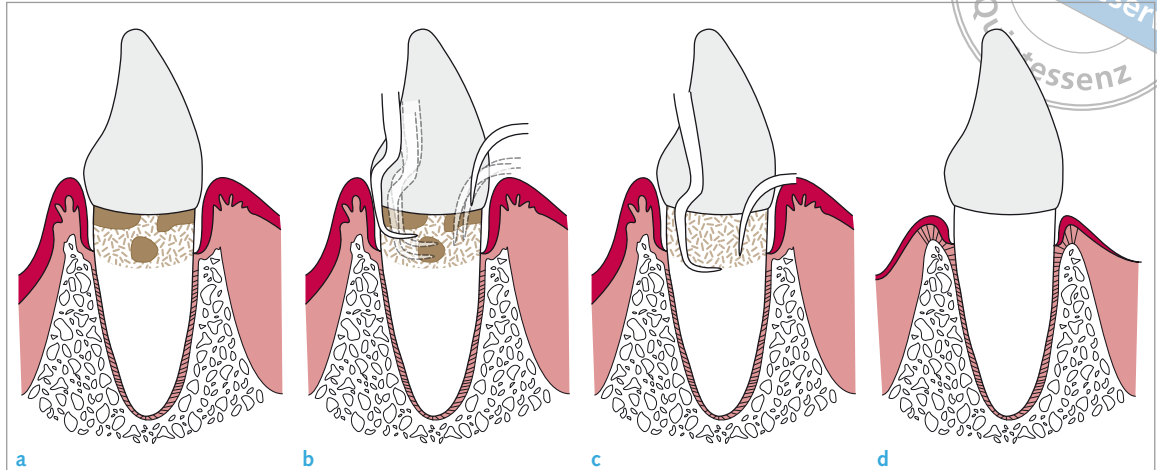
Eine Vorsichtsmaßnahme hierfür könnten subgingivale Düsen sein, mit denen das Pulver-Wasserstrahlgemisch nicht direkt an der Instrumentenspitze austritt, sondern im 180°-Winkel in den Sulkus geleitet wird (Abb. 11).

So kann eine direkte Lufteinpressung in das Gewebe vermieden werden, wobei die subgingivale





**Abb. 12** Schematische Illustration einer erfolgreichen geschlossenen Parodontitistherapie. a) Eine durch Mikroorganismen infizierte und entzündete parodontale Tasche mit harten Auflagerungen und entsprechendem Attachmentverlust. b) Geschlossene Wurzeloberflächenbearbeitung, hier beispielhaft dargestellt mit einer Universalbürste und „slimline“-Spitze. c) Bioakzeptable Wurzeloberfläche am Ende der Instrumentierung. d) Wundheilung und Entzündungsrückgang nach ca. 3 Monaten Ausheilungszeit (aus Graetz et al. 2015<sup>155</sup>).



Anwendung derartiger Arbeitsspitzen bei straffer Gingiva nur erschwert möglich ist (Abb. 11c). Auch wenn niedrig-abrasive Pulver auf Glycin- und Erythritolbasis keine Schäden auf Wurzeloberflächen verursachen; die Anwendung aller anderen Pulver kann einen deutlichen Zahnhartsubstanzabtrag und eine erhöhte Missempfindung bei Temperaturwechseln bedingen.<sup>120</sup> Ergänzend sehen die Autoren auch Risiken für das Personal bei permanenter Pulverexposition, vor allem, wenn durch verunreinigte Düsen die Einbettung des Pulvers in den Wassermantel nicht mehr erfolgt, insbesondere bei Asthmatikern (für Patient: Kontraindikation!). Zusammenfassend stellt die dentale PWS-Technik eine effiziente und sichere Alternative zu konventionellen Techniken im Rahmen der Parodontitistherapie dar.<sup>129</sup> Es sollte aber immer eine Aufklärung des Patienten über die mögliche, wenn auch seltene, Entstehung und die Folgen eines Emphysems – schon aus juristischer Sicht – vor einer PWS-Anwendung erfolgen. Ebenso sollte der Behandler Emphyseme differentialdiagnostisch einzuschätzen und ggf. notwendige Behandlungsschritte einzuleiten wissen.<sup>142</sup>

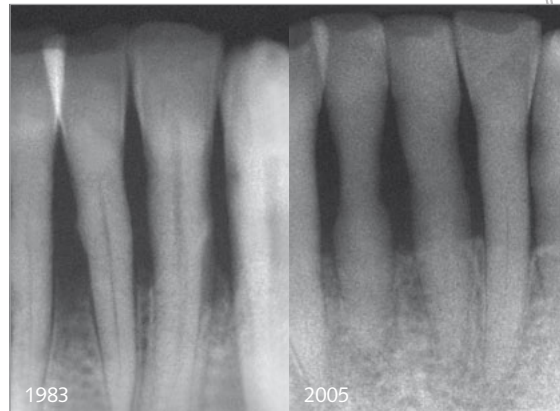
### ■ Antinfektiöse Parodontitistherapie – alleiniger Erfolg durch Scaling und Root-Planing?

Die Parodontitis ist durch eine gingivale Entzündung und Attachmentverlust charakterisiert<sup>143</sup>, was aber nicht bedeutet, dass das Mikrobiom des Biofilms zum

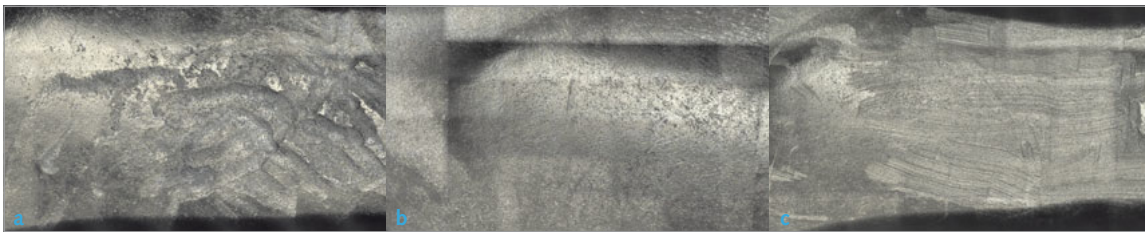
Verlust des Zahnhalteapparates führt, sondern vielmehr die entzündliche Immunantwort des Patienten auf den Biofilm.<sup>144</sup> Diese wird neben den pathogenen Mikroorganismen gleichermaßen durch weitere Risikofaktoren, wie eine genetische Prädisposition<sup>145,146</sup>, Allgemeinerkrankungen, wie ein schlecht eingestellter Diabetes mellitus<sup>147</sup>, und/oder ungünstige individuelle Lebensgewohnheiten, wie Rauchen<sup>148,149</sup>, Stress/Depression und psychosoziale Verhaltensmuster<sup>150–152</sup>, bestimmt. Die Möglichkeiten einer Parodontitistherapie sind auf die direkte Beeinflussung weniger Risikofaktoren beschränkt. Deshalb sollten unmittelbar die Mundhygiene und die bakterielle Besiedlung der parodontalen Taschen (Abb. 12) beeinflusst werden.<sup>99</sup> Aufgrund der Komplexität des Geschehens hat dies unmittelbare Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem.<sup>153,154</sup>

Vordringlichstes Ziel einer ursachengerichteten Parodontitistherapie sollte, unabhängig des Schweregrades, der Langzeiterhalt der eigenen Zähne sein<sup>15,99,156</sup>, wobei die mechanische Wurzeloberflächenbearbeitung den essenziellen Teil darstellt.<sup>10</sup> Begleitende Maßnahmen, wie die Motivation und Instruktion zur individuellen Optimierung der häuslichen Mundhygiene, müssen folgen.<sup>6</sup> Weitere begleitende Maßnahmen sind die Restauration kariös zerstörter Zahnhartsubstanz und eine indizierte endodontische Therapie sowie die Exaktion von Zähnen, die z. B. aufgrund einer Kombination aus fortgeschrittenen kariösen, parodontalen und/oder endodontischen Läsionen sowie Wurzelfrakturen als nicht erhaltungsfähig diagnostiziert wurden.





**Abb. 13** Röntgenologische Darstellung des Zahnes 41 im Laufe von 22 Jahren regelmäßig durchgeführter Nachinstrumentierungen im Rahmen der UPT bei einer generalisierten chronischen Parodontitis eines 43-jährigen Patienten. Trotz erfolgreichem Zahnerhalt bei fortgeschrittenem Attachmentverlust ist ein nicht unerheblicher Zahnhartsubstanzenverlust zu verzeichnen.



**Abb. 14** Oberflächendestruktion nach Anwendung a) eines Schallscalers, b) eines piezoelektrischen Ultraschallscalers und c) einer Gracey-Spezialkürette an der mesialen Fläche eines Modellzahnes im Rahmen einer In-vitro-Studie von Graetz et al.<sup>158</sup>

## ■ Parodontitistherapie und Langzeiterfolg durch wiederholte Instrumentierung?

Sowohl in der antiinfektiösen initialen Therapie als auch in der UPT muss immer mit lokalen Reinfektionen gerechnet werden. Diese Bereiche sollten subgingival reinstrumentiert werden, um die Masse an Mikroorganismen weiter zu reduzieren. Wie bereits erwähnt, kann die mechanische Instrumentierung neben der erwünschten Entfernung von harten und weichen Auflagerungen auch unnötig die Zahnhartsubstanz schädigen. Beim subgingivalen Scaling in der UPT geht es im Wesentlichen nur noch um die Entfernung weicher bakterieller Beläge.<sup>7</sup> Somit sollte sich jeder Behandler vor der Instrumentierung der Zahnoberflächen fragen<sup>51</sup>, was eigentlich entfernt werden muss: nur Biofilm oder auch harte mineralisierte Auflagerungen? Unbestritten ist, dass Handinstrumente einen deutlich höheren Substanzabtrag verursachen können<sup>43,51</sup>, was man insbesondere bei der regelmäßigen Anwendung während der UPT zu beachten hat (Abb. 13).<sup>7</sup>

Die Forderung nach substanzschonenderen Verfahren führt derzeit zu einer Art Paradigmenwechsel

in der Parodontalprophylaxe, weg von den Handinstrumenten und hin zum Einsatz von Ultraschallscalern und PWS-Geräten, die hinsichtlich des Substanzabtrages vorteilhafter erscheinen.<sup>157</sup> Dabei wird vor allem die Charakteristik des Abtragemusters der verschiedenen Instrumente (Abb. 14) kritisch hinterfragt.<sup>158</sup>

Dieses Umdenken bei der subgingivalen Politur hat bereits vor Jahren begonnen, gewinnt nun aber immer mehr an Bedeutung<sup>7</sup>, um unter Schonung der Hartgewebe nur weiche Beläge während der UPT zu entfernen<sup>159</sup>. Zur Entfernung subgingivaler Konkrementen ist dies aber nicht geeignet und bedarf verschiedener Instrumente. Neben der weiterhin mechanisch orientierten subgingivalen Politur, werden auch Lösungsansätze in Richtung lokaler subgingivaler Instillation antimikrobieller Substanzen in Form von „sustained“ oder „controlled release devices“ für die UPT<sup>160</sup> oder der Einsatz der aPDT bei Resttaschen<sup>100</sup> diskutiert. Auch die diskutierte selektive Entfernung von harten Auflagerungen mit speziellen maschinellen Scalern oder Lasersystemen<sup>32,33,95,115,161</sup> und die dadurch bedingte substanzschonendere Arbeitsweise kann zukünftig von praktischem Interesse sein.



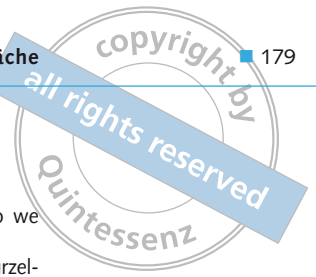
**Tab. 1** Verschiedene Instrumente zur Wurzeloberflächenbearbeitung mit ihren Vor- und Nachteilen.

Handinstrumente	Schall- und Ultraschall-scaler	PWS-Gerät mit Glycin-/ Erythritpulver	Laser (Er:YAG)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ähnlich effektiv (zahn- und belagsabhängig)</li> <li>• ähnlich zeitintensiv (zahnabhängig)</li> <li>• Effektivitätskontrolle nur durch systematische Anwendung (Ausnahmen bilden hier maschinelle Scaler und Laser mit Feedbackmodulen und der Möglichkeit einer selektiven Arbeitsweise)</li> <li>• Training zum Erlernen des Gerätes notwendig</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ hohe Taktilität</li> <li>– hoher Kraftaufwand</li> <li>– höherer Zahnhartsubstanzenverlust</li> <li>– Aufschleifen notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ leichthändiges Arbeiten</li> <li>+ Bearbeitung von schmalen Knochenaschen und Furkationen möglich</li> <li>+ schonender zur Zahnhartsubstanz</li> <li>– kostenintensive Gerätewartung</li> </ul>		
+ Kosten-Nutzen-Vorteil	+ erweiterter Einsatz möglich (z. B. in der Endodontologie)	– keine Entfernung von harten Auflagerungen möglich	+ erweiterter Einsatz möglich (z. B. in der zahnärztlichen Chirurgie) – Kosten-Nutzen-Relation
+ keine Geräuschkulisse + keine elektromagnetische Interferenz	– Entstehung von Aerosol (Infektionsrisiko)		– spezielle Laserzertifizierung der Praxis notwendig (Sicherheitsvorschriften)

## ■ Schlussfolgerung

Eine effektive Wurzeloberflächenbearbeitung ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche antiinfektiöse Parodontitistherapie. Die notwendigen Instrumente sollten aufgrund ihrer Vor- und Nachteile situationspezifisch ausgewählt werden und vom Kontext der Wurzeloberflächenbearbeitung im Rahmen der systematischen Parodontitistherapie abhängen. Sind lediglich nicht-mineralisierte Auflagerungen zu entfernen, wie es beispielsweise in der UPT zu erwarten ist, sind maschinelle Systeme, speziell Ultraschall-scaler mit regelbarer Schwingungsenergie oder PWS-Geräte mit niedrig-abrasiven Pulvern geeigneter. Deren Anwendung ist mit deutlich weniger Hartsubstanzverlusten verbunden. Steht die Entfernung massiver Konkremete im Vordergrund, wie meist in

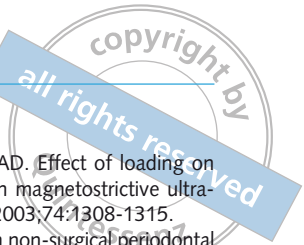
der aktiven Therapiephase, sind Handinstrumente und maschinelle Systeme, wie der Schallscaler, mit hohen Abtragsraten effizienter. Somit verdrängen moderne, zahnhartsubstanzschonendere Ultraschall-scaler oder PWS-Geräte während der Prophylaxe und Nachsorge parodontaler Erkrankungen immer mehr die traditionelle Handinstrumentierung mit Küretten. Hierbei sollte beachtet werden, dass sie diese nicht vollständig ersetzen können! Der Schlüssel zu einer erfolgreichen Wurzeloberflächenreinigung und damit auch Parodontitistherapie, liegt in der Kombination der verschiedenen Instrumente und dem idealen Einsatz entsprechend der genannten Vorteile (Tab. 1). Dies setzt nicht nur Erfahrung und Übung im Umgang mit den Instrumenten voraus, sondern muss auch immer wieder mit hohem Eigenengagement trainiert werden.<sup>43,46</sup>



## Literatur

1. Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft Qualitätsleitlinien in der Zahnmedizin. Bern: Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft, 2000.
2. Schätzle M, Faddy MJ, Cullinan MP, Seymour GJ, Lang NP, Bürgin W, Anerud A, Boysen H, Loe H. The clinical course of chronic periodontitis: V. Predictive factors in periodontal disease. *J Clin Periodontol* 2009;36:365-371.
3. Lang NP, Schätzle MA, Loe H. Gingivitis as a risk factor in periodontal disease. *J Clin Periodontol* 2009;36 Suppl 10:3-8.
4. Micheelis W, Schiffner U. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag, 2006.
5. Kassebaum NJ, Bernabe E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJ, Marcenes W. Global Burden of Severe Periodontitis in 1990-2010: A Systematic Review and Meta-regression. *J Dent Res* 2014;93:1045-1053.
6. Dörfer CE, Staehle HJ. Strategien der häuslichen Plaquekontrolle. *Zahnmedizin up2date* 2010;3:228-254.
7. Eickholz P. Glossar der Grundbegriffe für die Praxis: Instrumentierung der Zahnoberfläche. *Parodontologie* 2011;22: 407-412.
8. Slots J. Subgingival microflora and periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1979;6:351-382.
9. Khosravi M, Bahrani ZS, Atabaki MS, Shokrgozar MA, Shokri F. Comparative effectiveness of hand and ultrasonic instrumentations in root surface planing in vitro. *J Clin Periodontol* 2004;31:160-165.
10. Cobb CM. Clinical significance of non-surgical periodontal therapy: an evidence-based perspective of scaling and root planing. *J Clin Periodontol* 2002;29 Suppl 2:6-16.
11. Pihlstrom BL, McHugh RB, Oliphant TH, Ortiz-Campos C. Comparison of surgical and nonsurgical treatment of periodontal disease. A review of current studies and additional results after 6½ years. *J Clin Periodontol* 1983;10:524-541.
12. Kaldahl WB, Kalkwarf KL, Patil KD, Molvar MP, Dyer JK. Long-term evaluation of periodontal therapy: I. Response to 4 therapeutic modalities. *J Periodontol* 1996;67:93-102.
13. Lindhe J, Nyman S. Long-term maintenance of patients treated for advanced periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1984;11:504-514.
14. Ramfjord SP, Caffesse RG, Morrison EC, Hill RW, Kerry GJ, Appleberry EA, Nissle RR, Stults DL. 4 modalities of periodontal treatment compared over 5 years. *J Clin Periodontol* 1987;14:445-452.
15. Graetz C, Dörfer CE, Kahl M, Kocher T, Fawzy El-Sayed K, Wiebe JF, Gomer K, Rühling A. Retention of questionable and hopeless teeth in compliant patients treated for aggressive periodontitis. *J Clin Periodontol* 2011;38:707-714.
16. Stein JM, Jervoe-Storm PM. Antinfektiöse Therapie der Parodontitis. *Parodontologie* 2011;62:193-209.
17. Olsen I. Update on bacteraemia related to dental procedures. *Transfus Apher Sci* 2008;39:173-178.
18. Dörfer CE, Stückgen D, Cheung F. Häufigkeit und Morphologie von Wurzeleinziehungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000;55: 257-263.
19. Kocher T, Gutsche C, Plagmann HC. Instrumentation of furcation with modified sonic scaler inserts: study on manikins, part I. *J Clin Periodontol* 1998;25:388-393.
20. Nevins M, Becker W, Kornman K. Proceedings of the world workshop in clinical periodontics. Princeton, New Jersey: American Academy of Periodontology, 1989.
21. Kopic TJ, O'Leary TJ, Kafrawy AH. Total calculus removal: an attainable objective? *J Periodontol* 1990;61:16-20.
22. Geisinger ML, Mealey BL, Schoolfield J, Mellonig JT. The effectiveness of subgingival scaling and root planing: an evaluation of therapy with and without the use of the periodontal endoscope. *J Periodontol* 2007;78:22-28.
23. Avradopoulos V, Wilder RS, Chichester S, Offenbacher S. Clinical and inflammatory evaluation of Perioscopy on patients with chronic periodontitis. *J Dent Hyg* 2004;78:30-38.
24. Archana V. Calculus detection technologies: where do we stand now? *J Med Life* 2014;7 Spec No. 2:18-23.
25. Plagmann HC. Grundprinzipien der Bearbeitung von Wurzeloberflächen mit Universalküretten und Spezialküretten. In: Plagmann HC (Hrsg.). *Lehrbuch der Parodontologie*. München, Wien: Hanser, 1998.
26. Nakib NM, Bissada NF, Simmelink JW, Goldstine SN. Endotoxin penetration into root cementum of periodontally healthy and diseased human teeth. *J Periodontol* 1982;53:368-378.
27. Cheetham WA, Wilson M, Kieser JB. Root surface debridement--an in vitro assessment. *J Clin Periodontol* 1988;15: 288-292.
28. Hughes FJ, Smales FC. Immunohistochemical investigation of the presence and distribution of cementum-associated lipopolysaccharides in periodontal disease. *J Periodontol Res* 1986;21:660-667.
29. Moore J, Wilson M, Kieser JB. The distribution of bacterial lipopolysaccharide (endotoxin) in relation to periodontally involved root surfaces. *J Clin Periodontol* 1986;13:748-751.
30. Petersilka GJ. Subgingival air-polishing in the treatment of periodontal biofilm infections. *Periodontol* 2000 2011;55: 124-142.
31. Graetz C, Schwendicke F, Plaumann A, Rauschenbach S, Springer C, Kahl M, Sälzer S, Dörfer CE. Subgingival instrumentation to remove simulated plaque in vitro: influence of operators' experience and type of instrument. *Clin Oral Investig* 2015;19:987-995.
32. Meissner G, Oehme B, Strackeljan J, Kocher T. Clinical subgingival calculus detection with a smart ultrasonic device: a pilot study. *J Clin Periodontol* 2008;35:126-132.
33. Schwarz F, Bieling K, Venghaus S, Sculean A, Jepsen S, Becker J. Influence of fluorescence-controlled Er:YAG laser radiation, the Vector system and hand instruments on periodontally diseased root surfaces in vivo. *J Clin Periodontol* 2006;33:200-208.
34. Hanggi D, Ritz L, Rateitschak KH. [The Perioplaner/Periopolisher. The loss of substance on the root surface and the initial clinical experiences]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1991;101:1535-1541.
35. Hugo B, Lussi A, Gygax M. [The uses of the EVA system (II). The different potential uses of the vibration-grinding principle in dental practice]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1991; 101:1586-1597.
36. Low SB, Mott A. Laser technology to manage periodontal disease: a valid concept? *J Evid Based Dent Pract* 2014;14 Suppl:154-159.
37. Eberhard J, Ehlers H, Falk W, Acil Y, Albers HK, Jepsen S. Efficacy of subgingival calculus removal with Er:YAG laser compared to mechanical debridement: an in situ study. *J Clin Periodontol* 2003;30:511-518.
38. Smiley CJ, Tracy SL, Abt E, Michalowicz BS, John MT, Gunsolley J, Cobb CM, Rossmann J, Harrel SK, Forrest JL, Hujuel PP, Noraian KW, Greenwell H, Frantsve-Hawley J, Estrich C, Hanson N. Systematic review and meta-analysis on the nonsurgical treatment of chronic periodontitis by means of scaling and root planing with or without adjuncts. *J Am Dent Assoc* 2015;146:508-524 e505.
39. Alves RV, Machion L, Casati MZ, Nociti Junior FH, Sallum AW, Sallum EA. Attachment loss after scaling and root planing with different instruments. A clinical study. *J Clin Periodontol* 2004;31:12-15.
40. Zappa U, Cadosch J, Simona C, Graf H, Case D. In vivo scaling and root planing forces. *J Periodontol* 1991;62:335-340.
41. Zappa U, Smith B, Simona C, Graf H, Case D, Kim W. Root substance removal by scaling and root planing. *J Periodontol* 1991;62:750-754.
42. Zappa UE. Factors determining the outcome of scaling and root planing. *Probe* 1992;26:152-159.

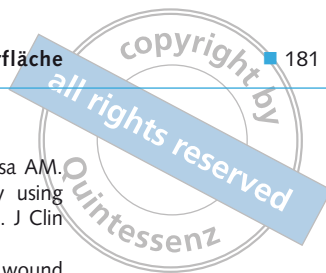




43. Graetz C, Schwendicke F, Plaumann A, Rauschenbach S, Springer C, Kahl M, Sälzer S, Dörfer CE. Subgingival instrumentation to remove simulated plaque in vitro: influence of operators' experience and type of instrument. *Clin Oral Investig* 2015;19(5):987-995.
44. Rühling A, Schlemme H, König J, Kocher T, Schwahn C, Plagmann HC. Learning root debridement with curettes and power-driven instruments. Part I: a training program to increase effectivity. *J Clin Periodontol* 2002;29:622-629.
45. Kocher T, Rühling A, Momsen H, Plagmann HC. Effectiveness of subgingival instrumentation with power-driven instruments in the hands of experienced and inexperienced operators. A study on manikins. *J Clin Periodontol* 1997;24:498-504.
46. König J, Rühling A, Schlemme H, Kocher T, Schwahn C, Plagmann HC. Learning root debridement with curettes and power-driven instruments in vitro: the role of operator motivation and self-assessment. *Eur J Dent Educ* 2002;6:169-175.
47. Tunkel J, Heinecke A, Flemmig TF. A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 2002;29 Suppl 3:72-81;discussion 90-71.
48. Petersilka GJ, Flemmig TF. Periodontal Debridement with Sonic and Ultrasonic Scalers. *Perio* 2004;1:353-362.
49. Smith EM, Sonstegard DA, Anderson WH, Jr. Carpal tunnel syndrome: contribution of flexor tendons. *Arch Phys Med Rehabil* 1977;58:379-385.
50. McAtamney L, Nigel Corlett E. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon* 1993;24:91-99.
51. Schmidlin PR, 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* 2001;28:1058-1066.
52. Flemmig TF, Petersilka GJ, Mehl A, Hickel R, Klaiber B. The effect of working parameters on root substance removal using a piezoelectric ultrasonic scaler in vitro. *J Clin Periodontol* 1998;25:158-163.
53. Flemmig TF, Petersilka GJ, Mehl A, Rudiger S, Hickel R, Klaiber B. Working parameters of a sonic scaler influencing root substance removal in vitro. *Clin Oral Investig* 1997;1:55-60.
54. Kocher T. Wurzeloberflächenbearbeitung bei der Parodontalbehandlung. Methoden, Hilfsmittel sowie Ergebnisse. In: Ketterl W (Hrsg.) *Deutscher Zahnärztekalendar*. München: Hanser, 1994.
55. Kocher T, Plagmann HC. Heat propagation in dentin during instrumentation with different sonic scaler tips. *Quintessence Int* 1996;27:259-264.
56. Walmsley AD. Potential hazards of the dental ultrasonic descaler. *Ultrasound Med Biol* 1988;14:15-20.
57. Graetz C, Plaumann A, Bielfeldt J, Tillner A, Salzer S, Dörfer CE. Efficacy versus health risks: An in vitro evaluation of power-driven scalers. *J Indian Soc Periodontol* 2015;19:18-24.
58. Graetz C, Bielfeldt J, Tillner A, Plaumann A, Dörfer C. Spatter contamination in dental practices – how can it be prevented? *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi* 2014;118:1122-1134.
59. Harrel SK, Barnes JB, Rivera-Hidalgo F. Aerosol and splatter contamination from the operative site during ultrasonic scaling. *J Am Dent Assoc* 1998;129:1241-1249.
60. Kocher T, Tersic-Orth B, Plagmann HC. Instrumentation of furcation with modified sonic scaler inserts: a study on manikins (II). *J Clin Periodontol* 1998;25:451-456.
61. Bower RC. Furcation morphology relative to periodontal treatment. Furcation entrance architecture. *J Periodontol* 1979;50:23-27.
62. Walsh TF, Waite IM. A comparison of postsurgical healing following debridement by ultrasonic or hand instruments. *J Periodontol* 1978;49:201-205.
63. Trenter SC, Landini G, Walmsley AD. Effect of loading on the vibration characteristics of thin magnetostrictive ultrasonic scaler inserts. *J Periodontol* 2003;74:1308-1315.
64. Sanz M, Teughels W. Innovations in non-surgical periodontal therapy: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* 2008;35:3-7.
65. Rühling A, Bernhardt O, Kocher T. Subgingival debridement with a teflon-coated sonic scaler insert in comparison to conventional instruments and assessment of substance removal on extracted teeth. *Quintessence Int* 2005;36:446-452.
66. Kocher T, König J, Hansen P, Rühling A. Subgingival polishing compared to scaling with steel curettes: a clinical pilot study. *J Clin Periodontol* 2001;28:194-199.
67. Kocher T, Rühling A, Herweg M, Plagman HC. Proof of efficacy of different modified sonic scaler inserts used for debridement in furcations--a dummy head trial. *J Clin Periodontol* 1996;23:662-669.
68. Braun A, Jepsen S, Krause F. Subjective intensity of pain during ultrasonic supragingival calculus removal. *J Clin Periodontol* 2007;34:668-672.
69. Braun A, Krause F, Nolden R, Frenzen M. Subjective intensity of pain during the treatment of periodontal lesions with the Vector-system. *J Periodontal Res* 2003;38:135-140.
70. Walmsley AD, Lea SC, Landini G, Moses AJ. Advances in power driven pocket/root instrumentation. *J Clin Periodontol* 2008;35:22-28.
71. Meyer K, Lie T. Root surface roughness in response to periodontal instrumentation studied by combined use of micro-roughness measurements and scanning electron microscopy. *J Clin Periodontol* 1977;4:77-91.
72. Ryan DL, Darby M, Bauman D, Tolle SL, Naik D. Effects of ultrasonic scaling and hand-activated scaling on tactile sensitivity in dental hygiene students. *J Dent Hyg* 2005;79:9.
73. Slot DE, Koster TJ, Paraskevas S, Van der Weijden GA. The effect of the Vector scaler system on human teeth: a systematic review. *Int J Dent Hyg* 2008;6:154-165.
74. Rühling A, König J, Rolf H, Kocher T, Schwahn C, Plagmann HC. Learning root debridement with curettes and power-driven instruments. Part II: Clinical results following mechanical, nonsurgical therapy. *J Clin Periodontol* 2003;30:611-615.
75. Drisko CL, Cochran DL, Blieden T, Bouwsma OJ, Cohen RE, Damoulis P, Fine JB, Greenstein G, Hinrichs J, Somerman MJ, Iacono V, Genco RJ; Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology. Position paper: sonic and ultrasonic scalers in periodontics. Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology. *J Periodontol* 2000;71:1792-1801.
76. Cottone JA, Molinari JA. State-of-the-art infection control in dentistry. *J Am Dent Assoc* 1991;122:33-41.
77. Harrel SK. Airborne spread of disease--the implications for dentistry. *J Calif Dent Assoc* 2004;32:901-906.
78. Szymanska J. Dental bioaerosol as an occupational hazard in a dentist's workplace. *Ann Agric Environ Med* 2007;14:203-207.
79. Lundstrom R. Effects of local vibration transmitted from ultrasonic devices on vibrotactile perception in the hands of therapists. *Ergonomics* 1985;28:793-803.
80. Hjortsberg U, Rosen I, Orbaek P, Lundborg G, Balogh I. Finger receptor dysfunction in dental technicians exposed to high-frequency vibration. *Scand J Work Environ Health* 1989;15:339-344.
81. Ekenvall L, Nilsson BY, Falconer C. Sensory perception in the hands of dentists. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:334-339.
82. Milerad E, Ekenvall L. Symptoms of the neck and upper extremities in dentists. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:129-134.
83. Akesson I, Lundborg G, Horstmann V, Skerfving S. Neuropathy in female dental personnel exposed to high frequency vibrations. *Occup Environ Med* 1995;52:116-123.

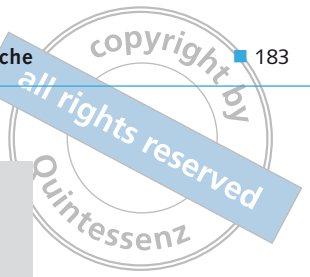


84. Trenter SC, Walmsley AD. Ultrasonic dental scaler: associated hazards. *J Clin Periodontol* 2003;30:95-101.
85. Noh H, Roh H. Approach of industrial physical therapy to assessment of the musculoskeletal system and ergonomic risk factors of the dental hygienist. *J Phys Ther Sci* 2013;25: 821-826.
86. Brand HS, Entjes ML, Nieuw Amerongen AV, van der Hoeff EV, Schrama TA. Interference of electrical dental equipment with implantable cardioverter-defibrillators. *Br Dent J* 2007;203: 577-579.
87. Petersilka G, Stypmann J. Die Verwendung von Ultraschall-scalern bei Patienten mit Herzschrittmachern und implantierten Defibrillatoren. Gemeinsame Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie (DG PARO) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK). *Parodontologie* 2014;25:325-328.
88. Roedig JJ, Shah J, Elayi CS, Miller CS. Interference of cardiac pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator activity during electronic dental device use. *J Am Dent Assoc* 2010; 141:521-526.
89. Carlson BK. Pacemakers and dental devices. *J Am Dent Assoc* 2010;141:1052-1053;author reply 1053-1054.
90. Zappa U, Studer M, Merkle A, Graf H, Simona C. [Effect of electrically powered dental devices on cardiac parameter function in humans]. *Parodontol* 1991;2:299-308.
91. Adams D, Fulford N, Beechy J, MacCarthy J, Stephens M. The cardiac pacemaker and ultrasonic scalers. *Br Dent J* 1982; 152:171-173.
92. Lasers in periodontics. *J Periodontol* 2002;73:1231-1239.
93. Schwarz F, Aoki A, Becker J, Sculean A. Laser application in non-surgical periodontal therapy: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2008;35:29-44.
94. Roncati M, Gariffo A. Systematic review of the adjunctive use of diode and Nd:YAG lasers for nonsurgical periodontal instrumentation. *Photomed Laser Surg* 2014;32:186-197.
95. Frentzen M, Sculean A, Visser H. Laser in der Parodontologie. Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (DGZMK) und der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie (DGP). *Dtsch Zahnärztl Z* 2005;60.
96. Dederich DN. Little evidence for the use of diode lasers as an adjunct to non-surgical periodontal therapy. *Evid Based Dent* 2015;16:16.
97. Dederich DN. Laser curettage: an overview. *Compend Contin Educ Dent* 2002;23:1097-1103.
98. Sgolastra F, Severino M, Gatto R, Monaco A. Effectiveness of diode laser as adjunctive therapy to scaling root planing in the treatment of chronic periodontitis: a meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2013;28:1393-1402.
99. Bruckmann C. „Bearbeitung“ von Wurzeloberflächen bei Parodontitis: Wie viel ist nötig? *Perio Tribune* 2013;6:17-18.
100. Rühling A, Fanghänel J, Houshmand M, Kuhr A, Meisel P, Schwahn C, Kocher T. Photodynamic therapy of persistent pockets in maintenance patients—a clinical study. *Clin Oral Investig* 2010;14(6):637-644.
101. Sgolastra F, Petrucci A, Gatto R, Monaco A. Efficacy of Er:YAG laser in the treatment of chronic periodontitis: systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2012; 27:661-673.
102. Slot DE, Jorritsma KH, Cobb CM, Van der Weijden FA. The effect of the thermal diode laser (wavelength 808-980 nm) in non-surgical periodontal therapy: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2014;41:681-692.
103. Frentzen M, Braun A, Aniol D. Er:YAG laser scaling of diseased root surfaces. *J Periodontol* 2002;73:524-530.
104. Mishra MK, Prakash S. A comparative scanning electron microscopy study between hand instrument, ultrasonic scaling and erbium doped: Yttrium aluminum garnet laser on root surface: A morphological and thermal analysis. *Contemp Clin Dent* 2013;4:198-205.
105. Derdilopoulou FV, Nonhoff J, Neumann K, Kielbassa AM. Microbiological findings after periodontal therapy using curettes, Er:YAG laser, sonic, and ultrasonic scalers. *J Clin Periodontol* 2007;34:588-598.
106. Conlan MJ, Rapley JW, Cobb CM. Biostimulation of wound healing by low-energy laser irradiation. A review. *J Clin Periodontol* 1996;23:492-496.
107. Visser H, Kruger W, Mausberg R. [Laser Biostimulation in dentistry]. *Dtsch Zahnärztl Z* 1990;45:257-259.
108. Luomanen M, Meurman JH, Lehto VP. Extracellular matrix in healing CO<sub>2</sub> laser incision wound. *J Oral Pathol* 1987;16: 322-331.
109. Cobb CM. Lasers in periodontics: a review of the literature. *J Periodontol* 2006;77:545-564.
110. Romanos GE. Re: Lasers in periodontics: a review of the literature. Cobb CM (2006;77:545-564). *J Periodontol* 2007; 78:595-597;author reply 597-600.
111. Meisel P, Kocher T. Photodynamic therapy for periodontal diseases: state of the art. *J Photochem Photobiol B* 2005; 79:159-170.
112. Sgolastra F, Petrucci A, Severino M, Graziani F, Gatto R, Monaco A. Adjunctive photodynamic therapy to non-surgical treatment of chronic periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2013;40:514-526.
113. Braun A. aPDT im Rahmen der Endodontie und Parodontitis-therapie. *Zahnmedizin update* 2010;6:597-609.
114. Rieger S. Die antimikrobielle photodynamische Therapie in der Parodontologie – aktueller Wissensstand. *ZMK* 2012; 28:1-10.
115. Krause F, Braun A, Frentzen M. The possibility of detecting subgingival calculus by laser-fluorescence in vitro. *Lasers Med Sci* 2003;18:32-35.
116. Herrero A, Garcia-Kass AI, Gomez C, Sanz M, Garcia-Nunez JA. Effect of two kinds of Er:YAG laser systems on root surface in comparison to ultrasonic scaling: an in vitro study. *Photomed Laser Surg* 2010;28:497-504.
117. Cobb CM, McCawley TK, Killoy WJ. A preliminary study on the effects of the Nd:YAG laser on root surfaces and subgingival microflora in vivo. *J Periodontol* 1992;63: 701-707.
118. Morlock BJ, Pippin DJ, Cobb CM, Killoy WJ, Rapley JW. The effect of Nd:YAG laser exposure on root surfaces when used as an adjunct to root planing: an in vitro study. *J Periodontol* 1992;63:637-641.
119. Tucker D, Cobb CM, Rapley JW, Killoy WJ. Morphologic changes following in vitro CO<sub>2</sub> laser treatment of calculus-laden root surfaces. *Lasers Surg Med* 1996;18:150-156.
120. Moene R, Decaillet F, Mombelli A. Subgingivales Airpolishing - Neue Perspektiven für die parodontale Erhaltungsphase. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2010;120:891-911.
121. Bastendorf KD. Erhaltungstherapie: Niedrigabrasives Pulver auf Erythritol-Basis. *ZWP* 2015;21:58-63.
122. Petersilka GJ, Bell M, Haberlein I, Mehl A, Hickel R, Flemmig TF. In vitro evaluation of novel low abrasive air polishing powders. *J Clin Periodontol* 2003;30:9-13.
123. Hagi TT, Hofmanner P, Salvi GE, Ramseier CA, Sculean A. Clinical outcomes following subgingival application of a novel erythritol powder by means of air polishing in supportive periodontal therapy: a randomized, controlled clinical study. *Quintessence Int* 2013;44:753-761.
124. Pelka M, Trautmann S, Petschelt A, Lohbauer U. Influence of air-polishing devices and abrasives on root dentin—an in vitro confocal laser scanning microscope study. *Quintessence Int* 2010;41:e141-148.
125. Petersilka GJ, Schenck U, Flemmig TF. Powder emission rates of four air polishing devices. *J Clin Periodontol* 2002;29: 694-698.
126. Sahrman P, Ronay V, Schmidlin PR, Attin T, Paque F. Three-dimensional defect evaluation of air polishing on extracted human roots. *J Periodontol* 2014;85:1107-1114.





127. Buhler J, Schmidli F, Weiger R, Walter C. Analysis of the effects of air polishing powders containing sodium bicarbonate and glycine on human teeth. *Clin Oral Investig* 2015;19: 877-885.
128. Barnes CM. An In-Depth Look at Air Polishing. *Dimensions of Dental Hygiene* 2010;8:32, 34-36, 40.
129. Sculean A, Bastendorf KD, Becker C, Bush B, Einwag J, Lanoway C, Platzer U, Schmäge P, Schoeneich B, Walter C, Wennström JL, Flemmig TF. A paradigm shift in mechanical biofilm management? Subgingival air polishing: a new way to improve mechanical biofilm management in the dental practice. *Quintessence Int* 2013;44:475-477.
130. Flemmig TF, Arushanov D, Daubert D, Rothen M, Mueller G, Leroux BG. Randomized controlled trial assessing efficacy and safety of glycine powder air polishing in moderate-to-deep periodontal pockets. *J Periodontol* 2012;83:444-452.
131. Wennstrom JL, Dahlen G, Ramberg P. Subgingival debridement of periodontal pockets by air polishing in comparison with ultrasonic instrumentation during maintenance therapy. *J Clin Periodontol* 2011;38:820-827.
132. Hägi TT, Hofmänner P, Eick S, Donnet M, Salvi GE, Sculean A, Ramseier CA. The effects of erythritol air-polishing powder on microbiologic and clinical outcomes during supportive periodontal therapy: Six-month results of a randomized controlled clinical trial. *Quintessence Int* 2015;46:31-41.
133. Buhler J, Amato M, Weiger R, Walter C. A systematic review on the effects of air polishing devices on oral tissues. *Int J Dent Hyg* 2015.
134. Muller N, Moene R, Cancela JA, Mombelli A. Subgingival air-polishing with erythritol during periodontal maintenance: randomized clinical trial of twelve months. *J Clin Periodontol* 2014;41:883-889.
135. Hägi TT, Klemensberger S, Bereiter R, Nietzsche S, Cosgarea R, Flury S, Lussi A, Sculean A, Eick S. A Biofilm Pocket Model to Evaluate Different Non-Surgical Periodontal Treatment Modalities in Terms of Biofilm Removal and Reformation, Surface Alterations and Attachment of Periodontal Ligament Fibroblasts. *PLoS One* 2015;10:e0131056.
136. Riben-Grundstrom C, Norderyd O, Andre U, Renvert S. Treatment of peri-implant mucositis using a glycine powder air-polishing or ultrasonic device: a randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2015;42:462-469.
137. Neuenfeldt ES, Schmid B, Safi A, Haberlein I. Hypersensitivity Treatment: New Air-Polishing Powder for Occlusion of Dentinal Tubules. *J Dent Res* 2014;93(Spec Iss A):1212.
138. Drago L, Del Fabbro M, Bortolin M, Vassena C, De Vecchi E, Taschieri S. Biofilm removal and antimicrobial activity of two different air-polishing powders: an in vitro study. *J Periodontol* 2014;85:e363-369.
139. Hashino E, Kuboniwa M, Alghamdi SA, Yamaguchi M, Yamamoto R, Cho H, Amano A. Erythritol alters microstructure and metabolomic profiles of biofilm composed of *Streptococcus gordonii* and *Porphyromonas gingivalis*. *Mol Oral Microbiol* 2013;28:435-451.
140. Petersilka G, Panitz W, Weresch R, Eichinger M, Kern U. Luftemphyse im Rahmen der Parodontitistherapie. Eine Fallserie mit kritischer Literaturübersicht. *Parodontologie* 2010;21:165-175.
141. Bassetti M, Bassetti R, Sculean A, Salvi GE. Subkutanes Emphysem nach nicht chirurgischer Periimplantitistherapie nach der Anwendung einer Air-Flow-Einheit. *Swiss Dental Journal* 2014;124:807-812.
142. Hochleitner S. Pulverstrahltechnik in der Parodontologie. *Plaque N Care* 2013;1:14-17.
143. Savage A, Eaton KA, Moles DR, Needleman I. A systematic review of definitions of periodontitis and methods that have been used to identify this disease. *J Clin Periodontol* 2009; 36:458-467.
144. Page RC, Kornman KS. The pathogenesis of human periodontitis: an introduction. *Periodontol* 2000 1997;14:9-11.
145. Richter GM, Graetz C, Pohler P, Nothnagel M, Dommisch H, Laine ML, Folwaczny M, Noack B, Eickholz P, Groessner-Schreiber B, Jepsen S, Loos BG, Schreiber S, Schaefer AS. Common genetic risk variants of TLR2 are not associated with periodontitis in large European case-control populations. *J Clin Periodontol* 2012;39:315-322.
146. Schaefer AS, Bochenek G, Manke T, Nothnagel M, Graetz C, Thien A, Jockel-Schneider Y, Harks I, Staufenbiel I, Wijmenga C, Eberhard J, Guzeldemir-Akcakanat E, Cine N, Folwaczny M, Noack B, Meyle J, Eickholz P, Trombelli L, Scapoli C, Nohutcu R, Bruckmann C, Doerfer C, Jepsen S, Loos BG, Schreiber S. Validation of reported genetic risk factors for periodontitis in a large-scale replication study. *J Clin Periodontol* 2013;40:563-572.
147. Faggion CM, Jr., Petersilka G, Lange DE, Gerss J, Flemmig TF. Prognostic model for tooth survival in patients treated for periodontitis. *J Clin Periodontol* 2007;34:226-231.
148. König J, Plagmann HC, Rühling A, Kocher T. Tooth loss and pocket probing depths in compliant periodontally treated patients: a retrospective analysis. *J Clin Periodontol* 2002; 29:1092-1100.
149. Chambrone L, Chambrone D, Lima LA, Chambrone LA. Predictors of tooth loss during long-term periodontal maintenance: a systematic review of observational studies. *J Clin Periodontol* 2010;37:675-684.
150. Rosania AE, Low KG, McCormick CM, Rosania DA. Stress, depression, cortisol, and periodontal disease. *J Periodontol* 2009;80:260-266.
151. Graetz C, Ehrental JC, Senf D, Semar K, Herzog W, Dörfer CE. Influence of psychological attachment patterns on periodontal disease - a pilot study with 310 compliant patients. *J Clin Periodontol* 2013;40:1087-1094.
152. Okoro CA, Strine TW, Eke PI, Dhingra SS, Balluz LS. The association between depression and anxiety and use of oral health services and tooth loss. *Community Dent Oral Epidemiol* 2012;40:134-144.
153. Ximenez-Fyvie LA, Haffajee AD, Som S, Thompson M, Torresyap G, Socransky SS. The effect of repeated professional supragingival plaque removal on the composition of the supra- and subgingival microbiota. *J Clin Periodontol* 2000; 27:637-647.
154. Haffajee AD, Smith C, Torresyap G, Thompson M, Guerrero D, Socransky SS. Efficacy of manual and powered toothbrushes (II). Effect on microbiological parameters. *J Clin Periodontol* 2001;28:947-954.
155. Graetz C, Plaumann A, Bielfeldt J, Dörfer CE. Eine erfolgreiche Parodontitistherapie – Effektivität versus Destruktion! (Teil I). *Prophylaxe Impulse* 2015;3:118-127.
156. Graetz C, Schwendicke F, Kahl M, Dörfer CE, Sälzer S, Springer C, Schützhold S, Kocher T, König J, Rühling A. Prosthetic rehabilitation of patients with history of moderate to severe periodontitis: a long-term evaluation. *J Clin Periodontol* 2013;40:799-806.
157. Bastendorf KD, Wittmann J. Der Einsatz von Pulvern in der Prophylaxe. *Paradigmenwechsel in der Vorsorge. ZM* 2014; 104:48-54.
158. Graetz C, Plaumann A, Wittich R et al. Comparative evaluation of root surface roughness after periodontal scaling using manual, ultrasonic and sonic scaler – an in-vitro profilometric study. *Abstracts of EuroPerio8*, London, UK, 3-6 June. *J Clin Periodontol* 2015;42 Suppl 17:306.
159. Eickholz P. Glossar der Grundbegriffe für die Praxis: Unterstützende Parodontitistherapie (UPT). Teil 1: Ziele und Inhalte. *Parodontologie* 2007;18:165-170.
160. Eickholz P. Glossar der Grundbegriffe für die Praxis: Medikamententräger für die topische subgingivale Applikation von Antiseptika und Antibiotika. *Parodontologie* 2006;17:271-276.
161. Shakibaie F, Walsh LJ. Surface area and volume determination of subgingival calculus using laser fluorescence. *Lasers Med Sci* 2014;29:519-524.



## Periodontal therapy – Focus on instruments for root debridement

**KEYWORDS** *periodontitis, hand instruments, sonic and ultrasonic devices, powder air polishing device, laser, root debridement, effectiveness*

The ultimate goal of every periodontal treatment is the complete removal of bacterial biofilm in order to create a biotolerant root surface. To achieve this, various instruments are available that can be roughly divided into manual and power-driven systems. Further developments and innovation especially within power-driven systems have extended treatment options. The systems differ in regards to their efficiency, destructive potential, required time for effective instrumentation, and application. Due to intrinsic system qualities, only a combination of different devices allows for the best possible outcome in complex cases. Instruments are used for various purposes in the different stages of periodontal therapy. During active periodontal treatment, highly efficient instruments like hand curettes and sonic devices are needed for the removal of hard deposits. However, instruments that are gentle on soft and hard tissues, such as ultrasonic scalers and powder air polishing devices, are required for supportive periodontal therapy.