

MARC VOGEL<sup>1</sup>  
 BEATRICE SENER<sup>2</sup>  
 M. ROOS<sup>3</sup>  
 THOMAS ATTIN<sup>2</sup>  
 PATRICK R. SCHMIDLIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Privatpraxis, Zugerstrasse 40,  
 6314 Unterägeri

<sup>2</sup> Klinik für Präventivzahn-  
 medizin, Parodontologie und  
 Kariologie, Zentrum für Zahn-  
 medizin, Universität Zürich

<sup>3</sup> Abteilung für Biostatistik,  
 ISPM, Universität Zürich,  
 Hirschengraben 84,  
 8001 Zürich

#### KORRESPONDENZ

Prof. Dr. med. dent.  
 Patrick R. Schmidlin  
 Klinik für Präventivzahn-  
 medizin, Parodontologie  
 und Kariologie  
 Zentrum für Zahnmedizin  
 der Universität Zürich  
 Plattenstrasse 11  
 CH-8032 Zürich  
 Schweiz  
 Tel. +41 44 634 32 84  
 Fax +41 44 634 43 08  
 E-Mail: patrick.schmidlin  
 @zzm.uzh.ch

SWISS DENTAL JOURNAL SSO 124:  
 1296-1301 (2014)  
 Zur Veröffentlichung angenom-  
 men: 14. Januar 2014

# Interdentales Reinigungs- und Gingivaverletzungspotenzial von Interdentalzahnbürsten

Eine Laboruntersuchung

#### SCHLÜSSELWÖRTER

Interdentalreinigung,  
 Schallzahnbürste,  
 Gingiva

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die effektive Reinigung der Interdentalräume mit Zahnbürsten ist eine Herausforderung. Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war es, die Reinigungseffizienz und gleichzeitig das Gingivaverletzungspotenzial einer elektrischen Schallzahnbürste mit Singlekopf (Waterpik) und zweier Einbüschelbürsten (Curaprox 1009; Lactona Interdental Brush) für den Interdentalbereich zu untersuchen.

Die Bürsten wurden in einer Bürstmaschine evaluiert, indem Testmodelle (Oberkiefersextanten), bei welchen schwarze Modellzähne weiss beschichtet wurden, mit standardisierten horizontalen Bewegungen bearbeitet wurden. Danach wurden die schwarzen (d.h. gereinigten) Flächen planimetrisch erfasst. Das Verletzungspotenzial wurde anhand des Frontsegments von Schweineunterkiefern untersucht. Die Testbürsten wurden wiederum mit der Bürstmaschine über die Gingiva geführt. Vor und nach jeder Behandlung wurde die Schweinegingiva mit einem Plaquerevelator gefärbt. Damit wurden verletzte Gingivastellen/-flächen sichtbar gemacht und vermessen. Die

Evaluationen fanden nach jeweils 15, 30, 60 und 120 Sekunden Bürstdauer statt.

Die beste Reinigungsleistung über alle gemessenen Interdentalräume zeigte die elektrische Schallzahnbürste mit 46%, während die Reinigungsleistung der Einbüschelbürste von Lactona 14,8% betrug und die der Einbüschelbürste von Curaprox 5%. Die Gingiva wurde zu jedem Untersuchungszeitpunkt am deutlichsten von der elektrischen Schallzahnbürste mit Singlekopf (Waterpik) verletzt, gefolgt von der Einbüschelbürste von Curaprox. Die geringsten Verletzungen der Schweinegingiva wurden von der Einbüschelbürste von Lactona verursacht. Im Vergleich zwischen den Handzahnbürsten zeigte die letztgenannte Bürste eine besser Reinigungswirkung in Kombination mit einem kleineren Verletzungspotenzial. Das Ziel, einen möglichst hohen Sauberkeitsgrad zu erreichen und dabei wenig Schaden anzurichten, ist also wichtig und sollte bei der Evaluation und Wahl von Zahnbürsten im Vordergrund stehen.

## Einleitung

Die Entzündung des Zahnhalteapparates im Sinne einer Gingivitis resp. Parodontitis basiert primär auf der Etablierung eines polymikrobiellen Biofilms auf Zahnoberflächen. Die Reaktion der benachbarten Gewebe ist individuell und wird durch erworbene sowie genetische Faktoren moduliert.

Das Muster von Plaque wurde im Rahmen der ungehinderten Entstehung in einer Studie von Niklaus Lang (LANG ET AL. 1973) an 32 Zahnmedizinstudenten untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Belagsbildung in den Zahnzwischenräumen der Molaren und Prämolaren beginnt und sich danach auf die Zwischenräume der Frontzähne und später auf die bukkalen Flächen der Molaren und Prämolaren ausdehnt. Zuletzt und am wenigsten ausgeprägt zeigten sich Ablagerungen an den oralen Zahnoberflächen. Diese Ergebnisse wurden später in einer weiteren Untersuchung von Niklaus Lang (LANG ET AL. 1977) bestätigt, welche ebenfalls aufzeigen konnte, dass die Interdentalfächen am schwierigsten zu reinigen sind. Der Interdentalraum stellt daher eine Prädelikationsstelle für bakterielle Hart- und Weichgewebskrankungen wie Karies und Gingivitis/Parodontitis dar, vor allem, wenn eine ungestörte Plaqueakkumulation erlaubt wird. Deshalb sind mechanische Hilfsmittel nötig, um eine primäre Prophylaxe zu gewährleisten und gereifte Plaque, welche sich nicht durch Spülen entfernen lässt, aktiv zu entfernen (CLAYDON 2008).

Leider kann mit normalen Handzahnbürste keine effiziente Interdentalraumpflege gewährleistet werden, was gerade im Fall der Etablierung und Erhaltung der sekundären oralen Gesundheit (z. B. bei Rezessionen, Papillenverlust und Restaurationsrändern), wo diese Areale noch schwieriger zu reinigen sind, ein Problem darstellt. Dennoch reflektiert diese Präferenzliste durchaus die Wahl der meisten Patienten bezüglich Mundhygienehilfsmitteln. In Bezug auf die Zahnputztechnik mit Handzahnbürsten gibt es eine Vielzahl von Methoden, wobei landläufig einfache horizontale Techniken (Schrubben) oder zirkuläre Bewegungen, die allerdings leicht in horizontale übergehen können, bevorzugt werden. Vergleichende Langzeitstudien sind kaum vorhanden, welche Vor- resp. Nachteile der einen oder anderen Methode zeigen (CLAYDON 2008). Die Basstechnik scheint bezüglich der interdentalen Reinigungs-

kapazität der Charters-Technik unterlegen zu sein. Ein Durchschnittsbürger betreibt Mundhygiene während ca. 60 Sekunden und entfernt dabei etwa 6% der Gesamtplaque (CLAYDON 2008). Die Optimierung der Zahnputzeffizienz im Sinne der einfachen Umsetzbarkeit ist daher immer noch ein wichtiges prophylaktisches und therapeutisches Ziel in der Zahnmedizin. Verbesserungen der Putzkopfdesigns herkömmlicher Zahnbürsten scheinen hier wenig erfolgversprechend gewesen zu sein (FRANSEN 1986). Im Gegensatz dazu erlauben elektrische Zahnbürsten eine verbesserte Plaqueentfernung in kürzerer Zeit und sind somit für den Einsatz in der breiten Masse ideal (SAXER ET AL. 1997). Ein verbessertes Reinigungspotenzial konnte auch in systematischen Übersichtsarbeiten gezeigt werden (DEACON ET AL. 2010). Dennoch zeigt die Erfahrung, dass die Reinigung des interdentalen Bereichs mit elektrischen Zahnbürsten allein ebenso schwierig ist, vor allem, wenn Patienten in die Bewegungsmuster verfallen, die für das Handzahnbürsten typisch sind. Studien, welche die Reinigungswirkung elektrischer Bürsten im Interdentalbereich unter standardisierten Bedingungen untersuchen, sind rar.

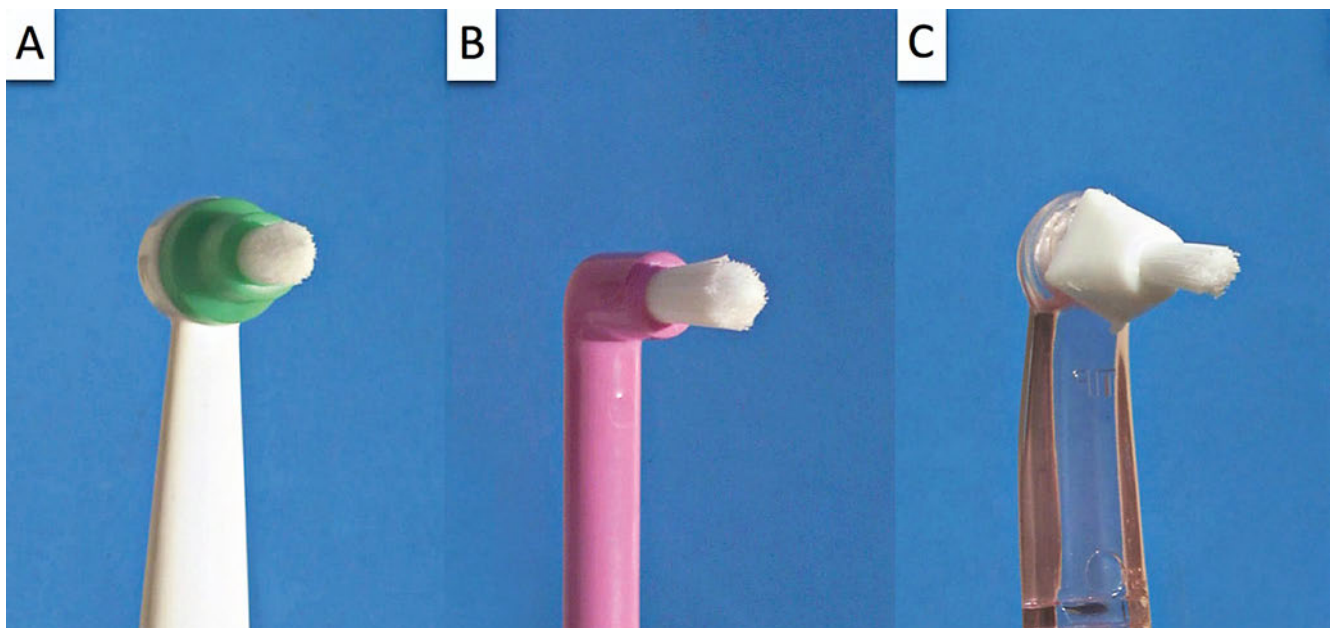
Die Messung des Zahnflächenkontaktvermögens mit einer Bürstmaschine ist gut geeignet, um im Rahmen vorklinischer Experimente die Plaqueentfernungskapazität diverser Zahnbürsten unter standardisierten Bedingungen zu testen. Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war es, die Reinigungseffizienz und gleichzeitig das Gingivaverletzungspotenzial von Hand- und elektrischen Zahnbürsten im Interdentalbereich zu untersuchen. Die Arbeitshypothese war, dass elektrische Zahnbürsten besser reinigen als Handzahnbürsten, dieser Vorteil aber mit einem erhöhten Gingivaverletzungspotenzial einhergeht, gerade wenn horizontale Bewegungen ausgeführt werden.

## Material und Methoden

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden handelsübliche Produkte verwendet. Getestet wurden eine elektrische Schallzahnbürste mit Singlekopf sowie zwei Einbüschelbürsten auf deren Reinigungs- und Gingivaverletzungspotenzial. Die Bürsten werden in der Folge nur noch generisch bezeichnet (Tab. I, Abb. 1). Alle verwendeten Bürsten wurden am 13. Februar 2012 in der TopPharm-Zentrumsapotheke (8105 Regensdorf) gekauft.

**Tab. I** Übersicht der in der vorliegenden Studie verwendeten Materialien und Spezifikationen

Generische Bezeichnung	A	B	C
Produkt	<b>Waterpik Sensonic Professional SR 1000E</b>	<b>Curaprox 1009 «single»</b>	<b>Lactona Double Single Tuft Interdental Brush</b>
Typ	Schallzahnbürste	Interdentale Handzahnbürste	Interdentale Handzahnbürste
Seriennummer	120523/23	CS 1009 WW-0710	670717
Hersteller	Water Pik Inc. 1730 East Prospect Road, Fort Collins, CO 80553-0001, USA	Curaden AG Postfach 1063 6011 Kriens Schweiz	Lactona Corporation, Hatfield, PA 19440, USA
Bewegungen/Schwingungen	Stufe 1: 27 600×/Min. Stufe 2: 30 500×/Min.	-	-
Borstenfeld	Einzelbündel, spitz zulaufend		
Filamentlänge	4,6–7,6 mm	9 mm	7,5–10 mm
Filamentdurchmesser	0,11 mm	0,15 mm	0,2 mm
Filamentmenge	500	500	185

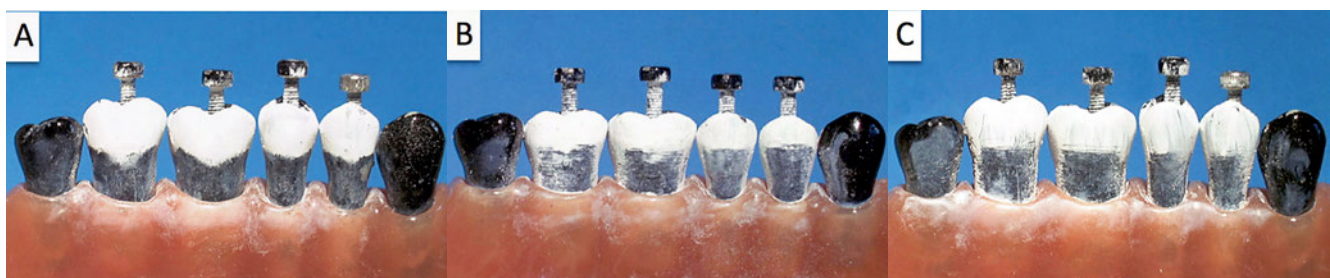


**Abb. 1** Detailansicht der in der vorliegenden Studie verwendeten Bürstenköpfe: A) Waterpik Sensonic Professional SR 1000E, Interdentalbürstenkopf (Filamentlänge: 4,6–7,6 mm, Filamentdurchmesser: 0,11 mm, Filamentmenge: 500), B) Curaprox 1009 «single» (Filamentlänge: 7,5–9,3 mm, Filamentdurchmesser: 0,15 mm, Filamentmenge: 500) und C) Lactona Double Single Tuft Interdental Brush (Filamentlänge: 7,5–10 mm, Filamentdurchmesser: 0,2 mm, Filamentmenge: 185)

### Reinigungspotenzial (Zahnflächenkontaktvermögen)

Die Bürsten wurden mit einer speziell angefertigten Bürstmaschine untersucht. Die Testmodelle entsprachen einem Oberkiefersextanten mit drei anatomisch geformten Molaren, zwei Prämolaren und einem Eckzahn. Die Bukkalflächen waren auf einer Ebene angeordnet und die Interdentalräume leicht offen gestaltet, sodass sie denen eines Erwachsenen mittleren Alters entsprachen (Abb. 2). Jeweils vor den Versuchen wurden die schwarzen Modellzähne weiss beschichtet (Suspension von Titanoxyd in Ethanol 26 Vol.-% im Verhältnis 1:3). Diese pulverartige Beschichtung lässt sich nicht flächig abblättern, sondern wird selektiv an den Stellen, die von den Borsten berührt werden, entfernt. Als von den Borsten bestrichen und damit potenziell gereinigt galten Zahnareale, die nach dem Bürstversuch von der weissen Beschichtung befreit waren und wieder schwarz resp. grau erschienen (IMFELD ET AL. 2000). Bearbeitet wurden die Bukkalflächen und die Interdentalflächen mit jeder Bürste in vier einzelnen Durchgängen auf vier verschiedenen Modellen. Pro Bürstentyp wurden somit 16 Zähne, d. h. je 4 Zähne auf 4 verschiedenen Modellen, evaluiert. So ergibt sich eine Stichprobe  $n=16$ . Für jeden Durchgang wurden neue Bürsten verwendet. Bei der elektrischen Zahnbürste wurde dasselbe

Handstück mit jeweils unterschiedlichen Aufsätzen verwendet. Die elektrische Zahnbürste mit Singlekopf wurde für den Test auf Stufe 2 eingestellt; dabei handelt es sich um die stärkste Stufe dieser Zahnbürste. Die Auslenkung der Bürsten erfolgt in der vertikalen Achse mit 35 000 Bewegungen pro Minute. Die Bürsten B und C wurden mit 250 g, die Bürste A mit 150 g Auflagegewicht verwendet. Der Bewegungsweg betrug 32 mm und der Aufwinkwinkel  $90^\circ$ . Die Bürstdauer betrug jeweils eine Minute, wobei 60 Zyklen pro Minute im Sinn von horizontalen Hin- und-her-Bewegungen bei den Einbüschelbürsten und 16 Zyklen für die elektrische Schallzahnbürste gewählt wurden. Dies entspricht der Art und Weise, wie ein durchschnittlicher Patient diese Zahnbürsten verwendet. Nach jedem Bürstdurchgang wurden die Zähne aus den Modellen entfernt und ihre Approximallflächen mit einem Scanner aufgenommen. Dazu wurden die Zähne über die Optik eines Scanners gerollt, sodass approximale Bereiche eindimensional auf eine Fläche projiziert wurden. Mit einem speziell entwickelten Softwareprogramm wurden die von weisser Farbe befreiten Zahnflächen auf den eingescannten Zähnen im Graustufenverfahren quantitativ erfasst. Dabei wurden die von den Borsten bestrichenen (schwarzen/grauen) Approximallflächenanteile in Prozent der gesamten



**Abb. 2** Standardisierte Testmodelle aus einer rosa Kunststoffbasis mit aufgesetzten schwarzen Prothesenzähnen (3 Molaren, 2 Prämolaren, 1 Eckzahn). Vor jedem Bürstversuch wurden die schwarzen Zähne mit Titanoxyd weiss beschichtet. Gereinigten Zahnareale stellen sich nach dem Bürsten wieder schwarz (resp. grau) dar. Die Bilder zeigen die exemplarisch die Reinigungswirkung der verschiedenen Zahnbürsten: A) Waterpik, B) Curaprox, C) Lactona.

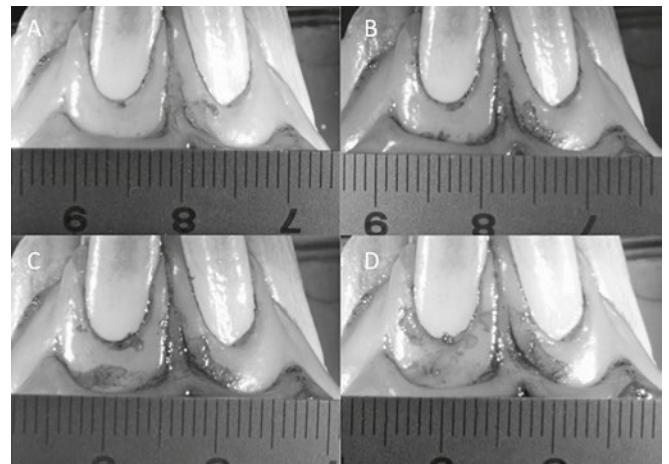
Mesial- und Distalflächen ausgedrückt. Als Grenze zwischen den Bukkal- und Approximalflächen galt der jeweilige Line-Angle. Die endständigen Zähne (Eck- und Weisheitszähne) wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

### Gingivaverletzungspotenzial

Je vier Exemplare einer jeden Testbürste wurden mit einer Bürstmaschine mit der oben beschriebenen horizontalen Bewegung über die Gingiva von frischen Schweineunterkiefern geführt. Verwendet wurden Frontsextanten von Schweineunterkiefern. Diese wurden frisch vom Tierspital der Universität Zürich bezogen. Während des Transports und der Lagerung bei ca. 5 °C wurden die Schweinekiefer feucht gehalten. Die Tests erfolgten spätestens 24 Stunden nach der Schlachtung. Bei der verwendeten Bürstmaschine konnten gleichzeitig drei Unterkiefersegmente mit allen drei Bürstentypen zusammen eingespannt werden. So wurde sichergestellt, dass jede untersuchte Bürste zum gleichen Zeitpunkt getestet wurde. Die zuvor mit Speichellersatz nach Klimek benetzten Zahnbürsten wurden ohne Zahnpasta/Slurry auf Höhe des Margo Gingivae bewegt. Die gesamte Bürstzeit betrug 120 Sekunden. Vor der Behandlung wurde die Schweinegingiva mit einem Plaquerelator (Paro-Plak-2-Color-Rondellen, ESRO AG, 8800 Thalwil) gefärbt und unter laufendem Wasser abgespült. Damit wurden bereits vorhandene verletzte Gingivastellen/-flächen sichtbar gemacht: Oberflächliche intraepitheliale Verletzungen, welche mit Dermabrasion verglichen werden könnten, wurden rötlich verfärbt, tiefe, transepitheliale Verletzungen wurden bläulich gefärbt. Für die Untersuchung des Gingivaverletzungspotenzials wurden nur Kiefer verwendet, die bei der ersten Färbung keine deutlichen vorbestehenden Verletzungen aufwiesen. Nach 15, 30, 60 und 120 Sekunden Bürstdauer wurden die Schweinekiefer jeweils gefärbt, gespült und fotografiert, sodass für jeden Schweinekiefer ein Anfangsbefund und vier Verletzungsbefunde vorlagen. Die Ausdehnung der Gingivaverletzungen wurde auf standardisierten Fotografien mittels eines Digitizers planimetrisch erfasst und absolut in mm<sup>2</sup> sowie relativ in % der gesamten gebürsteten Flächen berechnet (Abb. 3).

### Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit einem Statistikprogramm ausgewertet (SPSS 11.0, SPSS Inc., Chicago, USA). Für jede interdental Fläche wurden die Medianwerte der Reinigungsleistung und des Gingivaverletzungspotenzials der einzelnen Bürsten mit dem dazugehörigen Interquartilabstand (interquartile range, IQR) berechnet, da keine Normalverteilung der Daten vorlag. Die Unterschiede wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test auf ihre statistische Signifikanz geprüft und der Mann-Whitney-Test mit der Bonferroni-Korrektur wurde angewendet. Ergebnisse der Analyse mit einem p-Wert <0,05 wurden als statistisch signifikant interpretiert.



**Abb. 3** Beispiel eines Schweinekiefers nach 15, 30, 60 und 120 Sekunden Bürstdauer mit der elektrischen Testbürste. Die Ausdehnung der Gingivaverletzung im Bereich der befestigten Schleimhaut wurde zu jedem Zeitpunkt planimetrisch erfasst: A) nach 15 Sek., B) nach 30 Sek., C) nach 60 Sek. und D) nach 120 Sek. Eine Zunahme der dunklen Areale (Freilegung des subepithelialen anfärbbaren Gewebes) und somit das Verletzungspotenzial sind deutlich erkennbar.

### Resultate

#### Reinigungspotenzial (Zahnflächenkontaktvermögen)

Die beste Reinigungsleistung über alle gemessenen Interdentalräume zeigte Bürste A mit 46%, während die Reinigungsleistung der Bürste C 14,8% und die der Bürste B 5% betrug.

Die Medianwerte der Reinigungsleistung der Bürsten bezogen auf die einzelnen Approximalflächen zeigten folgende Resultate (Tab. II): Die mesiale Interdentalfläche des Prämolars wurde am besten von der Bürste A gereinigt mit einem Wert von 56,7%, gefolgt von der Bürste B mit 12,2% bzw. der Bürste C mit 8%. Auch die distale Interdentalfläche wurde am besten mit der Bürste A gereinigt. Hier zeigte die Bürste C eine Reinigungsleistung von 24,7% und die Bürste B eine solche von 2,3%. Die mesiale Interdentalfläche des Molars wurde wiederum am besten von der Bürste A mit 38,6% gereinigt, gefolgt von der Bürste C mit 13,2%, während die Reinigungsleistung der Bürste B noch 5,4% betrug. Und auch die distale Interdentalfläche des Molars wurde mit 42,1% am effektivsten von der Bürste A gereinigt. Hier erbrachte die Bürste C eine Reinigungsleistung von 13,4%, die schlechteste Reinigung wurde mit der Bürste B mit 0,3% erzielt (Tab. II).

Insgesamt zeigte die Bürste A an der mesialen ( $p < 0,06$ ) und distalen ( $p < 0,02$ ) Prämolarenfläche und an der distalen Molarenfläche ( $p < 0,001$ ) eine signifikant bessere Reinigungsleistung als die Bürste B. An der distalen Molarenfläche zeigte die Bürste A eine signifikant bessere Reinigungsleistung als die Bürste C ( $p < 0,02$ ). Zwischen der Reinigungsleistung der Bürste B und

**Tab. II** Medianwerte und IQR (in Klammern) der Reinigungsleistung der verschiedenen Zahnbürsten für die evaluierten Areale (mes = mesial, dist = distal, PM = Prämolare, M = Molar). Signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Zahnbürsten sind mit identischen hochgestellten Kleinbuchstaben gekennzeichnet ( $p \leq 0,05$ ; Mann-Whitney mit Bonferroni-Korrektur; vertikal zu lesen),

	mes PM	dist PM	mes M	dist M
Bürste A	56,7 (29,4) <sup>ab</sup>	46,8 (32,4) <sup>a</sup>	38,6 (35,1) <sup>a</sup>	42,1 (22,9) <sup>ab</sup>
Bürste B	12,2 (27,8) <sup>a</sup>	2,3 (16,3) <sup>a</sup>	5,3 (33,1) <sup>b</sup>	0,31 (1,1) <sup>a</sup>
Bürste C	7,9 (39,9) <sup>b</sup>	24,7 (32) <sup>b</sup>	13,2 (29,4) <sup>c</sup>	13,4 (20,3) <sup>b</sup>

**Tab. III** Resultate der Gingivaverletzung (Prozent verletzte Fläche; Median und – in Klammern – IQR) durch die getesteten Interdentalbürsten zu den verschiedenen Evaluationszeitpunkten. Signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Zahnbürsten innerhalb eines Untersuchungszeitpunktes sind mit identischen hochgestellten Kleinbuchstaben gekennzeichnet ( $p < 0,05$ ; Mann-Whitney mit Bonferroni-Korrektur; vertikal zu lesen).

	Baseline	15 Sekunden	30 Sekunden	60 Sekunden	120 Sekunden
Bürste A	0,0 (0,0) <sup>a</sup>	5,0 (1,0) <sup>a</sup>	12,1 (2,7) <sup>a</sup>	31,6 (19,8) <sup>a</sup>	54,4 (35,1) <sup>a</sup>
Bürste B	0,0 (0,0) <sup>b</sup>	2,0 (3,1) <sup>b</sup>	8,9 (5,2) <sup>b</sup>	18,0 (9,4) <sup>b</sup>	26,7 (20,4) <sup>b</sup>
Bürste C	0,0 (0,9) <sup>c</sup>	0,9 (1,8) <sup>a</sup>	3,0 (3,2) <sup>a</sup>	6,2 (9,0) <sup>a</sup>	11,1 (13,7) <sup>a</sup>

derjenigen der Bürste C gab es keinen signifikanten Unterschied.

### Gingivaverletzungspotenzial

Die Gingiva wurde zu jedem Untersuchungszeitpunkt am deutlichsten von der Bürste A verletzt (Tab. III), gefolgt von der Bürste B. Die geringsten Verletzungen der Schweinegingiva wurden von der Bürste C produziert. Signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Zahnbürsten innerhalb der Untersuchungszeitpunkte gab es nur zwischen der Bürste A und der Bürste C nach 15 Sekunden und den nachfolgenden Untersuchungszeitpunkten ( $p < 0,05$ ). Wichtig zu erwähnen ist, dass bei der Baseline zwischen den Bürsten kein signifikanter Unterschied bestand ( $p = 0,4533$ ).

### Diskussion

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, die Reinigungseffizienz und gleichzeitig das Gingivaverletzungspotenzial einer elektrischen Schallzahnbürste mit Singlekopf und zweier Einbüschelbürsten bei der Reinigung des Interdentalbereichs zu untersuchen. Die Arbeitshypothese war, dass die elektrische Zahnbürste mit Singlekopf den Interdentalbereich besser reinigt als die Einbüschelbürsten, dieser Vorteil aber mit einem erhöhten Gingivaverletzungspotenzial einhergeht, gerade wenn horizontale Bürstbewegungen durchgeführt werden. Diese Hypothese wurde in der vorliegenden Studie bestätigt.

Es konnte gezeigt werden, dass das Reinigungspotenzial der Bürste A im Interdentalraum besser ist als das der Bürsten B und C. Bei den Einbüschelbürsten schnitt die Bürste C besser ab als die Bürste B. Bezüglich des Verletzungspotentials, war die Bürste A den Bürsten B und C unterlegen. Im Vergleich zwischen den Einbüschelbürsten schnitt die Bürste C besser ab als Bürste B. Damit ermöglichte die Lactona eine bessere Reinigung im Verhältnis zum Verletzungspotenzial als die Curaprox.

Unklar bleibt, ob bei der Wahl der geringeren Intensitätsstufe (elektrische Zahnbürste, Stufe 1) evtl. ein geringeres Schadenpotenzial bei evtl. gleicher Effizienz im Vergleich mit den Handzahnbürsten hätte erwartet werden können. Bei der Bürste A wurde jedoch absichtlich die stärkste Stufe gewählt, damit ein Worst-Case-Szenario simuliert werden konnte. Zusätzlich wurde auch absichtlich eine horizontale Bürstbewegung – entgegen den anders lautenden Anwendungshinweise – simuliert, weil der durchschnittliche Patient die Bürste so verwendet und mit der Zeit in Bewegungsmuster der Handzahnbürste verfällt.

Leider haben sich bis dato nur wenige Publikationen mit der Effektivität von Hilfsmitteln zur Reinigung von Interdentalräumen beschäftigt, trotz hoher klinischer Relevanz. Dies könnte daran liegen, dass in vivo die Approximalräume bei der geschlossenen Zahnreihe nicht direkt einsehbar sind. Daher

können klinische Studien lediglich indirekte Masse, wie die Bestimmung des Entzündungsgrades anhand der Blutung auf Sondierung oder die ungenaue Bestimmung der approximalen Restplaque von Auge, als Kriterien der Reinigungsleistung liefern (SJÖGREN ET AL. 2005). Eine direkte Beurteilung der Reinigungsleistung in vivo ist daher nicht möglich. Darum ist man auf In-vitro-Modelle angewiesen, in welchen die Zähne abnehmbar sind, damit die einander zugewandten Approximalflächen einsehbar werden. In der vorliegenden In-vitro-Untersuchung wurden nach jedem Bürstdurchgang die Zähne aus den Modellen entfernt und ihre Bukkal- und Approximalflächen mit einem Scanner aufgenommen. Dazu wurden die Zähne über die Optik eines Scanners gerollt, sodass approximale Bereiche eindimensional auf einer Fläche aufgenommen wurden. So konnten standardisierte und exakt reproduzierbare Bedingungen simuliert werden. Es wurden auch verschiedene Formen von Interdentalräumen dargestellt, indem man Prothesenzähne so in die Testmodelle einfügte, dass sie einem Oberkiefersextanten mit drei anatomisch geformten Molaren, zwei Prämolaren und einem Eckzahn entsprachen.

Dennoch hat jedes Modell seine Grenzen. Einen Nachteil stellt die Simulation der interdentalen Plaque dar. Die verwendete Titanoxidschicht hat kaum Ähnlichkeit mit der realen interdentalen Plaque. Das war jedoch für die Fragestellung in dieser Studie nicht unbedingt relevant, da vor allem das Kontaktvermögen und die Zugänglichkeit interessierten. Aus vielen klinischen Experimenten ist bekannt, dass Bürsten Plaque dort wirksam entfernen, wo ein direkter Kontakt der Filamente mit der Zahnoberfläche erfolgt (JOERSS ET AL. 2006). Daher ist die Grösse der Kontaktfläche zwischen den Filamenten einer Interdentalbürste und den Approximalflächen entscheidend. Man kann also davon ausgehen, dass die Reinigungsleistung umso besser ist, je mehr Kontakte die Filamente mit der Zahnoberflächen aufweisen. Einen weiteren Nachteil der In-vitro-Modelle stellt die Simulation der Gingiva aus Kunststoff bezüglich ihrer Elastizität dar. Klinisch wird die Papilla bei der Interdentalraumreinigung komprimiert. In unserem In-vitro-Modell wurde die Papilla leicht reduziert dargestellt. So wurde der Unterschied zwischen der klinischen und der In-vitro-Situation minimiert.

Aus ethischen, zeitlichen und finanziellen Gründen ist es auch nicht immer möglich, sämtliche Zahnbürsten in vivo am Menschen auf ihr Gingivaverletzungspotenzial hin zu untersuchen. Zudem ist die Reproduzierbarkeit am In-vitro-Modell besser gewährleistet. Jedoch muss festgehalten werden, dass die gewonnenen Resultate aus erwähnten Gründen nicht ohne Vorbehalt in die Klinik übertragbar sind.

Die Ausdehnung der Verletzungen wurden nach der Epithelfärbung planimetrisch erfasst (IMFELD ET AL. 1986). Die Epithel-

färbung erfolgte mittels Paro-Plak-2-Color-Rondellen. Diese enthalten Erythrosin (10 Teile) und Patentblau (3 Teile). Erythrosin ist ein Vitalfärbemittel und färbt selektiv Zellen, welche die Membranintegrität verloren haben. Es ist deshalb zur schnellen Erkennung von Zellverletzungen geeignet (KRAUSE ET AL. 1984, WALKER ET AL. 1984). Paro Plak 2 ist vergleichbar mit dem Produkt Dis-Plaque (Pacemaker Corp., Portland, USA), welches in den Siebzigerjahren zur Darstellung von Zahnbürsttraumen der Gingiva am Menschen verwendet wurde (BREITENMOSE ET AL. 1979), und mit dem Produkt Mira-2-Tone (Hager & Werken GmbH, Duisburg), welches heute in andern Arbeitsgruppen für diesen Zweck Verwendung findet (DANSER ET AL. 1998).

Leider gibt es für die erzielten Resultate keine direkten Vergleichswerte anderer Studien. Wenn klinische Studien existieren, so stammen die Resultate nicht von Parodontitispatienten, sondern von kieferorthopädisch behandelten Probanden. NIEDERMANN und Mitarbeiter (1997) konnte zeigen, dass bei letzteren Patienten mit fest sitzenden Brackets eine Schallzahnbürste (Sonicare) einer konventionellen manuellen Zahnbürste bezüglich Plaque- und Gingivitisreduktion überlegen ist. Eine andere Arbeitsgruppe (KOSSACK ET AL. 2005) kam zu dem Ergebnis, dass eine Schallzahnbürste (Waterpik) auf den approximalen und

den vestibulären Zahnflächen bei Kieferorthopädiepatienten mit fest sitzenden Brackets nicht besser reinigte als die manuelle Kurzkopf-Zahnbürste (Elmex interX). Auch hier wird deutlich, dass der Vergleich zwischen Produkten in den verschiedenen Studien schwierig ist, da das Produktespektrum, die Studienpopulationen, Fragestellungen und Untersuchungsmethoden stark variieren. Dieser Umstand wiederum spricht für die Durchführung von Laboruntersuchungen unter standardisierten Bedingungen trotz gewissen methodologischen Mängeln und Diskussionspunkten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die elektrische Schallbürste – ausgehend vom Reinigungspotenzial – auch (oder gerade) bei rein horizontalen Bewegungen den Handzahnbürsten überlegen ist, was jedoch mit einem höheren Gingivaverletzungspotenzial einhergeht. Im Vergleich zwischen den Handzahnbürsten zeigte die Lactona eine besser Reinigungswirkung in Kombination mit einem kleineren Verletzungspotenzial. Hervorzuheben gilt es aus klinischer Sicht die individuelle Instruktion und die Wahl der Mundhygienehilfsmittel mit dem Ziel, einen möglichst hohen Sauberkeitsgrad zu erreichen und dabei wenig Schaden anzurichten, sowohl am Weichgewebe wie auch am Hartgewebe (Abrasion).