

## Atraumatische Zahnextraktion und sofortige Implantatinserktion mit der Piezochirurgie: Untersuchung von 40 Bereichen nach mindestens einem Jahr Belastung



Cornelio Blus, MD, DMD\*  
 Serge Szmukler-Moncler, DDS, PhD\*\*

*In diesem Artikel wird die Piezochirurgie (Ultraschallchirurgie) als neue und prognostizierbare Methode für atraumatische Zahnextraktionen und die anschließende Präparation des Implantatlagers vorgestellt. Bei 23 Patienten wurden 40 nicht infizierte Zähne bzw. Wurzeln extrahiert und sofort durch Implantate ersetzt. Für die Extraktion wurden die Fasern des parodontalen Ligaments mit vibrierenden Ansätzen bis zu 10 mm tief durchtrennt. Anschließend wurden die Zähne/Wurzeln mit einem Elevator mobilisiert. Alle Zähne/Wurzeln wurden ohne Fraktur entfernt. Für die Implantatosteotomien wurden konische Ansätze mit zunehmendem Durchmesser verwendet. Während der Implantatinserktion wurde im apikalen Drittel der palatinalen Wand oder im interradikulären Raum eine Kerbe angebracht, ohne dass Komplikationen durch unkontrollierte Bewegungen des Instruments auftreten. Nach einer durchschnittlichen Einheilungszeit von 2,4 Monaten waren alle Implantate osseointegriert. Sie sind seit mindestens 12 Monaten erfolgreich belastet. Mit der Piezochirurgie kann eine Extraktion atraumatisch erfolgen. Die Implantatinserktion kann im Vergleich zur Verwendung von Bohrern, die bei der Arbeit verrutschen können, prognostizierbar und einfach vorgenommen werden. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2010;30:343–352.)*

\* Associate Professor, Department of Periodontology, Universität Brescia, Brescia, Italien; Privatpraxis, Turin, Italien.

\*\* Associate Professor, Department of Stomatology and Maxillofacial Surgery, Universität Paris, Frankreich; Gastprofessor, Galeazzi Orthopaedic Institute, Department of Odontology, Universität Mailand, Italien.

Korrespondenz an: Dr. Cornelio Blus, Corso Francia, 7, I-10138 Torino, Italien;  
 Fax: 00 39 011 434 70 57; E-Mail: corblus@hotmail.com

Die Sofortimplantation wurde vor über 15 Jahren eingeführt. Dabei werden die Implantate sofort nach der Extraktion in die frischen Extraktionsalveolen inseriert. Das Verfahren wurde in mehreren Tier.<sup>2, 3</sup> und klinischen Humanstudien<sup>4, 5</sup> dokumentiert. Mit diesem Verfahren soll der horizontale Knochenabbau reduziert werden<sup>6</sup> und die Papille erhalten bleiben<sup>7</sup>.

Dabei ist es äußerst wichtig, dass die Zahnextraktion vor der Implantatinserktion atraumatisch erfolgt. Es wurde jedoch nie detailliert beschrieben, wie dies erreicht werden kann<sup>3</sup>. Seit Jahrzehnten werden Zahnextraktionen nach der gleichen Methode durchgeführt, sowohl mit der Zange als auch mit neu entwickelten Instrumenten<sup>8</sup>. Bei beiden Verfahren wird der Zahn mobilisiert, indem die Sharpeyfasern gewaltsam vom Bündelknochen gelöst werden. Dazu wird der Zahn entweder mit der Zange rotiert oder aber mit neueren Extraktionsinstrumenten vertikal bewegt<sup>8</sup>. Wenn die Fasern des parodontalen Ligaments (PDL) so durchtrennt werden, wird eine Veränderung im Bündelknochen um die Alveole verursacht. Außerdem werden dabei Blutgefäße zerstört. Jede Alternative zu dieser traumatischen Behandlung ist begrüßenswert, weil das Extraktionstrauma dadurch reduziert



wird und die Alveole rascher heilen kann<sup>8</sup>.

Die Piezochirurgie wurde erst vor Kurzem in die Oralchirurgie eingeführt<sup>9-11</sup>. Die piezochirurgischen Instrumente sind sehr vielfältig einsetzbar, da ihre neuartigen, vibrierenden Arbeitsansätze neue therapeutische Anwendungen ermöglichen, z. B. die Reinigung von Geschwüren bei Diabetespatienten<sup>12</sup>, die Durchtrennung der Gingiva ohne Blutung<sup>13</sup>, die Zahnextraktion und Präparation von Implantatosteotomien. Zu den neu entwickelten Ansätzen für die Zahn- und Wurzelextraktion gehören auch die vibrierenden Syndesmotome. Sie werden durch den gingivalen Sulkus in den Bereich zwischen Wurzel und Alveole inseriert, der vom PDL ausgefüllt ist, um die PDL-Fasern um die Alveole bis zu einer Tiefe von 10 mm und mehr zu durchtrennen. Wenn die Wurzeln oder Zähne auf diese Weise durch die Ablösung der apikalsten Fasern mobilisiert sind, wird der koronale Bereich der Alveole nicht mehr durch das gewaltsame „Reißen“ traumatisiert. In dieser Phase kann die Extraktion nahezu atraumatisch erfolgen.

Die Implantatosteotomie erfolgt üblicherweise mit Bohrern unterschiedlicher Form, entsprechend der Implantatgeometrie. Im Frontbereich des Oberkiefers ist die bukkale Wand besonders dünn und resorbiert leicht<sup>2, 14, 15</sup>. Um diese Resorption zu reduzieren, wird empfohlen, zwischen dem Implantat und dem vestibulären Rand der bukkalen Wand mindestens 2 mm Abstand einzuhalten<sup>16</sup>. Deshalb wird eine palatinale Verlagerung der Implantatachse weg von der Wurzelachse um 5 Grad befürwortet<sup>16, 17</sup>. Dafür muss im apikalen Drittel in die palatinale Wand der Alveole gebohrt werden<sup>16-18</sup>. Dort wird zunächst ein Rundbohrer gegen die Kortikalis geführt, um eine Kerbe in der palatinalen Wand anzubrin-

gen. Diese Kerbe wird anschließend mit Bohrern immer größeren Durchmessers vergrößert, bis das Implantat in die Alveole passt.

Die klinische Praxis zeigt allerdings, dass rotierende Bohrer, die gegen die palatinale Wand geführt werden, häufig in der Alveole verrutschen. Es ist also recht schwierig, die Kerbe adäquat an der gewünschten Stelle anzubringen. Häufig ist kein klarer Bohrkanal vorhanden, wie er für den Pilotbohrer benötigt wird. Die Implantatachse ist oft nicht korrekt und muss korrigiert werden. Wenn Letzteres nicht gelingt, tritt der Implantatthals zu weit vestibulär in der Alveole aus, was zu einer Resorption der bukkalen Wand führen kann<sup>16, 19</sup>.

Für die Präparation des Implantatlagers in Extraktionsalveolen wurden neue Ansätze entwickelt. Es ist allerdings nicht viel darüber bekannt, wie gut prognostizierbar die Osteotomie mit der Piezochirurgie durchführbar ist und wie die Osseointegration des Implantats verbessert werden kann. Auch bestehen weiterhin Bedenken wegen einer möglichen Überhitzung des Knochens bei der Verwendung der vibrierenden Ansätze<sup>20</sup>.

Ziel des vorliegenden Artikels war es, die Zuverlässigkeit der Piezochirurgie bei der Anwendung für die sofortige Insertion von Implantaten in Extraktionsalveolen zu untersuchen. Um die Prognostizierbarkeit dieser Methode beurteilen zu können, wurde die Osseointegration der Implantate nach mindestens einem Jahr Belastung geprüft.

## Material und Methode

### *Piezochirurgisches Instrument*

Für die Piezochirurgie wurde das UBS-Gerät (Resista) benutzt. Es arbeitet mit 20 bis 32 KHz und die maximale Ultraschall-Leistung beträgt 90 W<sup>11, 12</sup>.



**Abb. 1** Vibrierende Ansätze, mit denen die PDL-Fasern durchtrennt wurden. Von links nach rechts: pfeilförmiger Ansatz, Syndesmotome mit Zähnen senkrecht und parallel zur Längsachse des Handstücks, nach links und rechts abgewinkelte Syndesmotome ohne Zähne (45 Grad) und großes, gezahntes Syndesmotom.



**Abb. 2** Vibrierende Ostotomieansätze, die in den Extraktionsalveolen verwendet wurden. Von links nach rechts: zwei zylindrische Ansätze für die Pilotbohrung und vier konische Ansätze zunehmenden Durchmessers.

Die Arbeitsansätze für das Instrument sind aus einer Titanlegierung gefertigt.

#### Extraktionsansätze

Für die Adaption an unterschiedliche klinische Situationen standen sechs verschiedene Ansätze zur Verfügung (Abb. 1). Die erste Ansatz ist pfeilförmig und an beiden Seiten scharfkantig. Er wurde verwendet, um das PDL im koronalen Bereich der Alveole zu durchtrennen. Für die Durchtrennung der tiefer in apikaler Richtung liegenden PDL-Fasern wurden vier Syndesmotome benutzt. Zwei davon waren gerade und gezahnt. Ihre Schnittrichtung war parallel und senkrecht zur Längsachse des Ansatzes ausgerichtet. Die beiden anderen waren um 45 Grad abgewinkelt (eins nach rechts, das andere nach links),

damit sie besser an die Geometrie der Alveole angepasst werden konnten. Die letzte Ansatz, auch gezahnt, war für die Entfernung von ankyloisierten Zähnen vorgesehen.

#### Ansätze für die Präparation des Implantatlagers

Für die Präparation des Implantatlagers standen sechs verschiedene Ansätze zur Verfügung: zwei zylindrische Ansätze für die Pilotbohrung und vier konische Ansätze (Abb. 2), die den unterschiedlichen Implantatdurchmessern entsprachen. Alle waren bei 8, 10, 13 und 15 mm lasermarkiert. Die Ansätze für die Pilotbohrung hatten einen Durchmesser von 1,8 und 2,2 mm; die konischen Ansätze hatten an der 13-mm-Lasermarkierung einen Durchmesser von 2,8, 3,2, 3,8 und 4,5 mm für die

Insertion von Implantaten mit einem Durchmesser von 3,75, 4,2 und 5 mm. Die Arbeitsoberfläche befand sich ausschließlich am apikalen Rand, um einer Veränderung der dünnen bukkalen Wand während der Präparation des Implantatbetts vorzubeugen. Die konische Form der vibrierenden Ansätze ermöglichte eine mechanische Knochenverdichtung im Osteotomiebereich über die Alveole hinaus.

#### Demografische Angaben zu den Patienten

Die Patienten wurden in einer prospektiven unbefristeten Studie, die im Januar 2006 begann, nach dem hier vorgestellten Protokoll behandelt. In diesem Artikel wird über alle Implan-

<b>Tabelle 1</b>		<b>Verteilung der extrahierten Zähne nach Unter- und Oberkiefer*</b>							
6	3	2	1	3	3	2	1	3	3
<b>15</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>Zahnposition</b>									
<b>45</b>	<b>44</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>
3	1	2	1	-	1	1	-	2	2

\*FDI Internationales Zahnschema.

tate berichtet, die seit mindestens einem Jahr belastet waren. 23 Patienten (16 Frauen, sieben Männer; Altersbereich: 37 bis 77 Jahre) erhielten insgesamt 40 Implantate.

Es galten die folgenden Einschlusskriterien: Die extrahierten Zähne durften keine Anzeichen einer Parodontalerkrankung oder einer Wurzelspitzenentzündung aufweisen und die bukkale Wand durfte nicht resorbiert sein. Insgesamt wurden 27 Zähne aus dem Oberkiefer und 13 Zähne aus dem Unterkiefer extrahiert. Von den aus dem Oberkiefer extrahierten Zähnen stammten zwei aus dem Frontbereich (Eckzahn zu Eckzahn), 15 waren Prämolare und neun waren mehrwurzig (Tabelle 1). Die Gründe für die Extraktion waren eine Fraktur

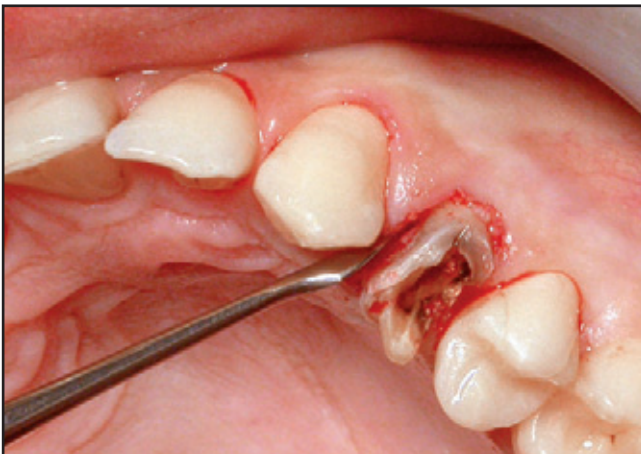
von endodontisch behandelten Zähnen/Wurzeln (acht bei acht Patienten), fehlende mechanische Funktionalität für eine prothetische Krone (22 bei 14 Patienten) und Extraktion nach kieferorthopädischer Behandlung für einen vertikalen Knochenaufbau (10 bei drei Patienten). Insgesamt wurden 12 Wurzeln und 28 Zähne extrahiert. Davon waren neun vollständig und acht partiell ankylosiert.

Die Implantate (Leader) hatten einen Durchmesser von 3,75 mm (n = 8) und 4,5 mm (n = 12) und waren 10 mm (n = 5), 11,5 mm (n = 16) sowie 13 mm (n = 19) lang.

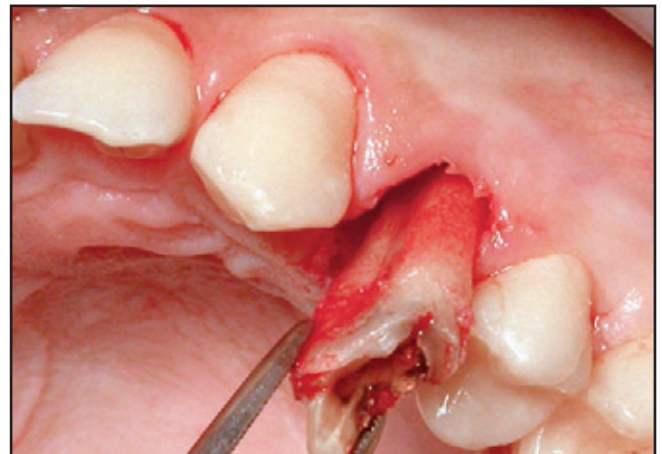
**Abb. 3** Extraktionsverfahren mit den vibrierenden Ansätzen.



**Abb. 3a und 3b** Der pfeilförmige Ansatz wurde auf der distalen (rechts) und der mesialen Seite (links) des beschädigten Zahns in das PDL eingeführt.



**Abb. 3c** Der Prämolare wurde mit einem Elevator (Syndesmotom nach Claude Bernard) herausgehoben.



**Abb. 3d** Nach der Elevation mit dem manuellen Syndesmotom wurde der Zahn mit einer Pinzette unversehrt entfernt.

### Chirurgisches Vorgehen

Für die Extraktion wurden die Ansätze aus dem Extraktionsset (Abb. 1) verwendet. Der pfeilförmige Ansatz wurde um den gesamten Zahn herum 4 bis 5 mm tief in den Sulkus eingeführt. Die Gingiva wurde vorher nicht vom Zahn gelöst. Während in apikaler Richtung gearbeitet wurde, gab es keine Anzeichen von Blutungen

(Abb. 3a und 3b). Dann wurden die geraden oder abgewinkelten Syndesmotome verwendet, um die tiefer liegenden PDL-Fasern zu durchtrennen (bis zu 10 mm oder mehr). Danach wurde der Zahn mit einem Syndesmotom nach Claude Bernard mobilisiert (Abb. 3c) und mit einer Pinzette aus der Alveole entfernt (Abb. 3d). Bei ankylosierten Zähnen wurden die gezahnten vibrierenden

Syndesmotome verwendet, um die Wurzel aus dem umgebenden Knochen zu lösen.

Für die Insertion der Implantate in die Extraktionsalveolen wurden die Osteotomieansätze verwendet. Der Ansatz für die Pilotbohrung wurde gegen die palatinale Wand platziert, um im apikalen Drittel der Alveole eine Kerbe anzubringen. Dank der Angulation des Ansatzes konnte die



palatinale Verlagerung von etwa 5 Grad von der Zahnachse weg berücksichtigt werden (Abb. 4a). Bei der Aktivierung des Pilotansatzes wurde die Kerbe mit der korrekten Angulation angebracht, ohne dass das Instrument wegrutschte. Es war keine Anstrengung nötig, um die gewählte Angulation an der gewählten Stelle beizubehalten. Die Kerbe wurde mit demselben Ansatz zu einem 3 bis 5 mm tiefen Kanal erweitert, der apikal zur Spitze der Alveole lag. Die Vergrößerung der Osteotomie erfolgte mit Ansätzen zunehmenden Durchmessers (Abb. 4b). Außerhalb der Alveole war die Osteotomie konisch angelegt, ähnlich wie bei einem Osteotom nach Summers.

Anschließend wurden die Implantate nach einem einzeitigen Protokoll inseriert (Abb. 4c). Es waren unterschiedliche Einheilungsprotokolle zugelassen: sechs Implantate wurden sofort belastet, 24 nach einer Woche bis drei Monaten und 10 innerhalb von drei bis sechs Monaten, aufgrund von Verzögerungen durch die Patienten. Nach der Einheilung wurde die Implantatmobilität geprüft und es erfolgten die üblichen Maßnahmen für die prothetische Versorgung.

#### Follow-up und Erfolgskriterien

Nach der entsprechenden Einheilungszeit wurden die Implantate noch drei, sechs und 12 Monate nach der Belastung untersucht (Abb. 4d und 4e). Anschließend gab es noch ein Follow-up, um Ergebnisse für diese Studie zu erhalten. Die Erfolgskriterien lauteten: (1) Extraktion ohne Zahn-/Wurzelfraktur, (2) effektive Implantatinsertion und Primärstabilität des Implantats, (3) Implantatstabilität bei jedem Follow-up-Termin, (4) keine Schmerzen und keine subjektiven Missempfindungen (5) keine rezidivierende periimplantäre Infek-

tion und (6) keine weiter bestehende Radioluzenz um das Implantat.

#### Ergebnisse

Bei der Extraktion wurden vor der Mobilisierung des Zahns zunächst die Fasern des PDL durchtrennt. Endodontisch behandelte brüchige Zähne oder Wurzeln (n = 28), die sonst frakturiert worden wären, wurden ohne Fraktur entfernt. Auch die ankylosierten Zähne wurden ohne einen invasiven Eingriff unversehrt entfernt.

Die Einkerbung des apikalen Drittels der palatinalen Kortikalis bei der Implantatinsertion im Frontbereich des Oberkiefers und die Präparation des dünnen interradikulären Raums bei mehrwurzeligen Zähnen waren unkompliziert. Das piezochirurgische Instrument verrutschte dabei nicht. Die Einkerbung der Kortikalis, die mit dem Ansatz für die Pilotbohrung angebracht worden war, wurde über die Alveole hinaus erweitert, bis die endgültige Länge und die entsprechende Implantatachse erreicht waren. Die Vergrößerung dieser Öffnung mit den Ansätzen zunehmenden Durchmessers erfolgte mühelos. Bei der Implantatinsertion traten keine Komplikationen auf. Die Einheilung verlief unauffällig und alle Implantate waren osseointegriert. Alle 40 Implantate sind seit mindestens einem Jahr erfolgreich belastet. 28 Implantate sind seit mehr als 18 Monaten belastet und drei seit über zwei Jahren.

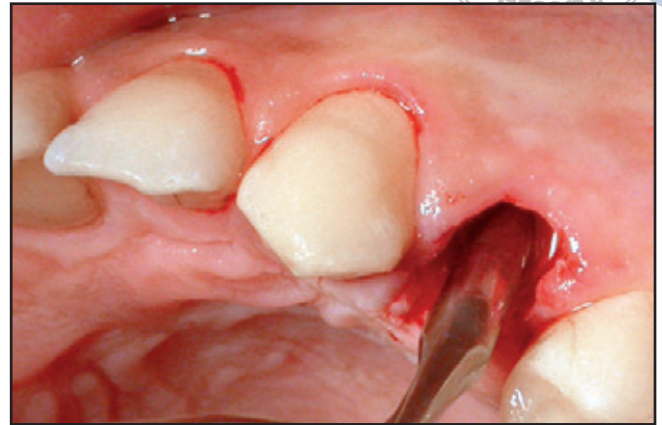
#### Diskussion

Die atraumatische Extraktion wird empfohlen, da sie die besten Heilungsbedingungen für die Extraktionsalveole schafft, ungeachtet dessen, ob sofort ein Implantat inseriert wird oder nicht. Trotz aller Bemühun-

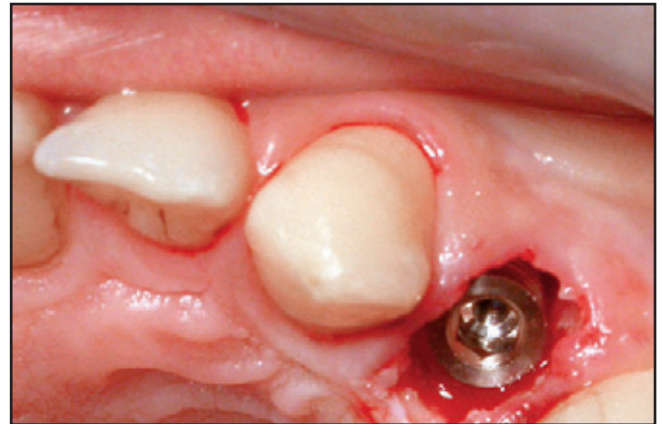
**Abb. 4** Präparation des Implantatlagers und Implantatinserterion.



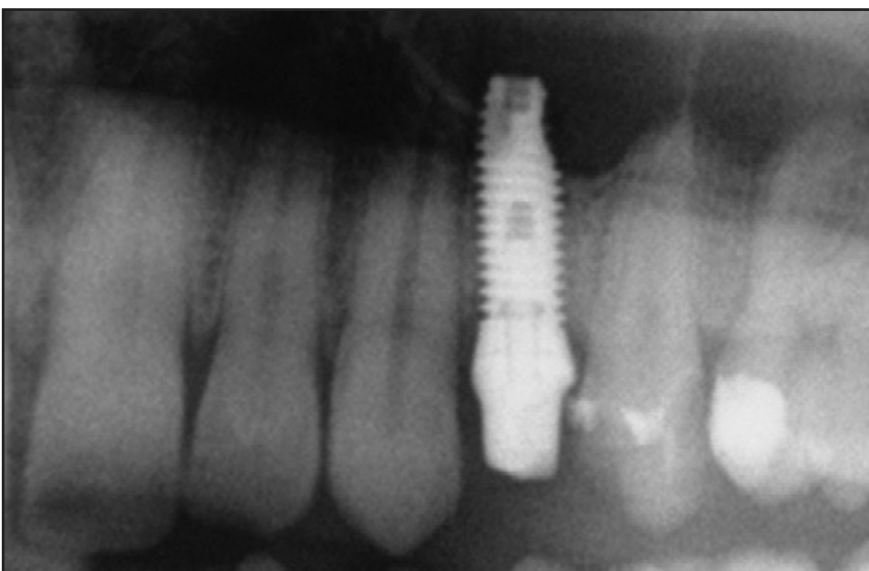
**Abb. 4a** Einführung des Ansatzes für die Pilotbohrung in die Extraktionsalveole. Der apikale Arbeitsbereich steht in der korrekten Angulation (weg von der Zahnachse) in Kontakt zum apikalen Drittel der palatinalen Wand.



**Abb. 4b** Anschließend wurden die konischen Ansätze mit zunehmendem Durchmesser verwendet. Mit diesen Ansätzen wird der Osteotomiebereich gleichzeitig präpariert und mechanisch verdichtet.



**Abb. 4c** (rechts) Das Implantat wurde in die Extraktionsalveole inseriert. Zwischen dem Implantat und der Kortikalis ist noch etwas Platz (> 2 mm).



**Abb. 4d und 4e** Röntgenaufnahme vom Follow-up nach einem Jahr und klinische Ansicht des Implantats mit der provisorischen Krone.





gen ist ein Trauma des Bündelknochens der Alveole nicht zu vermeiden, wenn die Kollagenfasern und Blutgefäße des PDL durchtrennt werden. Erst vor Kurzem erklärte Babush<sup>8</sup>, dass es bei den Methoden der Zahnextraktion in den letzten 30 Jahren keine Neuerungen gegeben habe. In jener Studie wurde ein neues Extraktionsinstrument getestet, mit dem eine vertikale Kraft ausgeübt wird. Diese neue Methode soll atraumatisch sein – und ist vielleicht weniger traumatisch als die herkömmliche Methode der Zahnrotation mit der Zange, da so in der bukkalen Wand Mikrofrakturen ausgelöst werden. Wahrscheinlich ist aber die hier vorgestellte Methode, bei der die Fasern und Gefäße des PDL durchtrennt und nicht abgerissen werden, noch weniger traumatisch. Vergleichende experimentelle Daten zur Auswirkung des Abreißens im Vergleich zur Durchtrennung der Elemente des PDL auf die Alveolenheilung wären interessant.

Blutungen waren während der Extraktion reduziert. Dies überraschte nicht, da Blus und Szmukler-Moncler<sup>13</sup> bereits früher berichtet hatten, dass die Durchtrennung der Gingiva mit einem ähnlichen Ansatz keine Blutung auslöste, weil die Kapillargefäße sich vorübergehend schlossen. Diese atraumatische Extraktionsmethode ist besonders dann sinnvoll, wenn kariöse Zähne oder Wurzeln so brüchig sind, dass sie ohne eine Frakturierung nicht extrahiert werden können. Die PDL-Fasern werden mit dem pfeilförmigen Ansatz und den Syndesmomen durchtrennt. Anschließend kann der brüchige Zahn bzw. die Wurzel unbeschädigt entfernt werden. Auch ankylosierte Zähne können unversehrt aus dem Knochen gelöst werden. So kann ein invasiver chirurgischer Eingriff vermieden werden, bei dem vor der Implantatinsertion erst noch eine Knochen-

und Weichgewebeaugmentation erforderlich wäre<sup>4, 21</sup>.

Die Präparation der Implantatlager in den frischen Extraktionsalveolen bot die folgenden Vorteile: (1) Die Einkerbung des apikalen Drittels der palatinalen Wand an der genauen Stelle und in der gewünschten Ausrichtung erfolgte leicht und mühelos, weil das Instrument nicht verrutschte, (2) die Arbeitsoberfläche befand sich im apikalen Bereich, sodass die bukkale Wand nicht beschädigt wurde, (3) Blutungen waren eingeschränkt, deshalb war der Eingriffsbereich gut einzusehen (4) im Prämolarebereich des Unterkiefers bestand kein Risiko einer Verletzung des Nervus mandibularis, und (5) es erfolgte eine mechanische Knochenverdichtung im Osteotomiebereich, die die Primärstabilität verbesserte<sup>22</sup> und die Osseointegration beschleunigte<sup>23</sup>. Die Präparation des Implantatlagers erfolgte so rasch wie mit rotierenden Bohrern. Die einzige Unannehmlichkeit bei dieser Methode war die Zeit, die für das Festschrauben der Ansätze benötigt wurde.

Manche Autoren sind der Ansicht, dass das Gewebe durch die Verwendung der vibrierenden piezoelektrischen Instrumente überhitzt werden könnte<sup>20</sup>. Diese Studie zeigt jedoch, dass eine Thermonekrose bei der Knochenpräparation kein relevantes Risiko ist, da alle Implantate seit mindestens einem Jahr erfolgreich belastet sind. Außerdem hatten Implantate, die nach einer Kammspaltung mit piezochirurgischen Instrumenten inseriert worden waren, eine Erfolgsrate von 96,5 %<sup>10</sup>. Das ist mit den Erfolgsraten anderer Methoden vergleichbar. In verschiedenen Studien wurde die Durchtrennung von Knochen mit rotierenden Instrumenten mit dem Gebrauch vibrierender Ansätze verglichen. Dabei wurde gezeigt, dass mit den piezochirurgischen Ansätzen ein glatte-

rer Schnitt erfolgt<sup>24</sup> und die Bedingungen für die Knochenheilung besser sind<sup>25, 26</sup>.

## Schlussfolgerungen

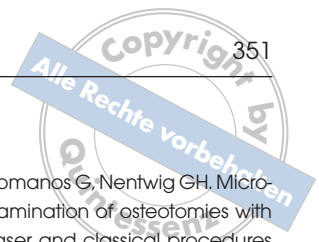
Die Extraktion und die Osteotomie mit piezochirurgischen Instrumenten boten gegenüber den herkömmlichen Methoden der Zahnextraktion und der Präparation des Implantatbetts mit rotierenden Instrumenten mehrere Vorteile. Besonders relevant war dabei Folgendes: Brüchige Zähne oder Wurzeln konnten unversehrt entfernt und ankylosierte Zähne ohne einen invasiven Eingriff extrahiert werden, das Verrutschen des Instruments bei der Einkerbung des Knochens für die Implantatinsertion wurde vermieden und bei der Osteotomie konnte eine Verdichtung des Knochens erreicht werden.

## Danksagung

Die Autoren danken für die tägliche kompetente Unterstützung, die sie durch Ornella Costa und Maura Madeddu erfahren. Weiterhin danken sie für die Unterstützung durch Prof. Enrico Savoldi und Dr. Fourouzan Shapurovna Sebanoff.

## Offenlegung

Dr. Blus und Dr. Szmukler-Moncler sind als Berater für Resista, den Hersteller des UBS-Geräts, tätig.



## Literatur

1. Lazzara RJ. Immediate implant placement into extraction sites: Surgical and restorative advantages. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9:332–343.
2. Barzilay I, Graser GN, Iranpour B, Natiella JR, Proskin HM. Immediate implantation of pure titanium implants into extraction sockets of Macaca fascicularis. Part II: Histologic observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:489–497.
3. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Tissue modeling following implant placement in fresh extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:615–624.
4. Schwartz-Arad D, Chaushu G. The ways and wherefores of immediate placement of implants into fresh extraction sites: A literature review. *J Periodontol* 1997;68:915–923.
5. Chen ST, Wilson TG Jr, Hämmerle CH. Immediate or early placement of implants following tooth extraction: Review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19(suppl):12–25.
6. Covani U, Bortolaia C, Barone A, Sbordone L. Bucco-lingual crestal bone changes after immediate and delayed implant placement. *J Periodontol* 2004;75:1605–1612.
7. Barone A, Rispoli L, Voza I, Quaranta A, Covani U. Immediate restoration of single implants placed immediately after tooth extraction. *J Periodontol* 2004;77:1914–1920.
8. Babbush CA. A new atraumatic system for tooth removal and immediate implant restoration. *Implant Dent* 2007;16:139–145.
9. Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M. The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: Introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:561–567.
10. Blus C, Szmukler-Moncler S. Split-crest and immediate implant placement with ultrasonic bone surgery. A 3-year clinical experience with 230 treated sites. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:700–707.
11. Blus C, Szmukler-Moncler S, Salama M, Salama H, Garber D. Sinus bone grafting procedures using ultrasonic bone surgery: 5-year experience. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:221–229.
12. Blus C, Szmukler-Moncler S. Ultra-sonic debridement. A novel approach to scar debridement (abstract). *Proceedings of the Second Wound Healing World Congress*, 8–11 July 2004, Paris.
13. Blus C, Szmukler-Moncler S. Relevance of soft tissue cutting with an ultra-sonic surgical device (abstract). *Clin Oral Implants Res* 2007;28:LIII–LIV.
14. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004;31:820–828.
15. Nevins M, Camelo M, De Paoli S, et al. A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:19–29.
16. Saadoun AP, Le Gall MG, Touati B. Current trends in implantology: Part 1—Biological response, implant stability, and implant design. *Pract Proced Aesthet Dent* 2004;16:529–535.
17. Szmukler-Moncler S, Davarpanah M, Raygot P, Khoury PM, Jakubowicz-Kohen B, Molloy S. Management of esthetics. In: Davarpanah M, Szmukler-Moncler S. *Theory and Practice of Immediate Loading of Dental Implants*. Chicago: Quintessenz, 2008:73–91.
18. Testori T, Bianchi F, Del Fabbro M, et al. Implant aesthetic score for evaluating the outcome: Immediate loading in the aesthetic zone. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005;17:123–130.
19. Davarpanah M, Abdul-Sater S, Szmukler-Moncler S, Martinez H. Complications et échecs en implantologie. In: Davarpanah M, Szmukler-Moncler S, Khoury PM, Jakubowicz-Kohen B, Martinez H (eds). *Manuel d'Implantologie Clinique. Concepts, Protocoles et Innovations Récentes*. Paris: Editions CdP, 2008:435–452.
20. Müller CK, Romanos G, Nentwig GH. Microscopic examination of osteotomies with ultrasonic, laser and classical procedures (abstract). *Clin Oral Implants Res* 2007;18:LXIII.
21. Davarpanah M, Szmukler-Moncler S. Unconventional implant treatment. I. Implant placement in contact with ankylosed root fragments. A series of five case reports. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:851–856.
22. Nkenke E, Hahn M, Weinzierl K, Radespiel-Tröger M, Neukam FW, Engelke K. Implant stability and histomorphometry: A correlation study in human cadavers using stepped cylinder implants. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:601–609.
23. Schlegel KA, Kloss FR, Kessler P, Schultze-Mosgau S, Nkenke E, Wilffang J. Bone conditioning to enhance implant osseointegration: An experimental study in pigs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:505–511.
24. Vercellotti T. Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol* 2004;53:207–214.
25. Vercellotti T, Nevins ML, Kim DM, et al. Osseous response following resective therapy with Piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:543–549.
26. Preti G, Martinasso G, Peirone B, et al. Cytokines and growth factors involved in the osseointegration of oral titanium implants positioned using piezoelectric bone surgery versus a drill technique: A pilot study in minipigs. *J Periodontol* 2007;78:716–722.