

K.A. Grötz¹, B.L.J. Schmidt¹

Piezo-Chirurgie in der zahnärztlichen Chirurgie – Update 2011

Piezo-surgery in dental surgery – update 2011



K.A. Grötz

Einführung: Zentrale Ziele moderner Operationsmethoden sind die Sicherung oder Verbesserung der Prognose des Therapiezieles auf der einen Seite und die Minderung des operationsbedingten Risikos für Komplikationen oder unerwünschte Therapiefolge auf der anderen Seite.

Material und Methode: Spezielle Anforderungen an moderne OP-Verfahren intendieren sowohl eine Gewebeschonung im Allgemeinen (z. B. Vermeidung iatrogenen Verletzungen des Periostes und der Gefäße) als auch im Speziellen (z. B. Schonung des Nervus alveolaris inferior oder der Schneider'schen Membran). Sie senken damit die Häufigkeit unerwünschter Ereignisse intraoperativ und in der postoperativen Phase. Vor diesem Hintergrund ist für die Präparation des knöchernen Lagergewebes die Ultraschallchirurgie eine sinnvolle Ergänzung zu den konventionellen, rotierenden und sägenden Chirurgieeinheiten.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Wichtige Aspekte der Piezochirurgie sind die Vermeidung thermischer Schädigungen des Knochens durch laminäre Strömung des Kühlmediums auch in tiefe, schmale bis kapilläre Osteotomieschnitte einerseits und die Vermeidung unerwünschter enossaler oder periostaler Weichgewebsläsionen durch den so genannten „selective cut“ andererseits. Zusätzliche Präparationsvorteile resultieren aus dem Kavitationseffekt und den graziilen Arbeitsspitzen, die eine übersichtliche Operation und eine präzise mikrometrische Schnittgeometrie zulassen.

(Dtsch Zahnärztl Z 2011, 66: 432–439)

Schlüsselwörter: Piezochirurgie/Ultraschallchirurgie, selektive Schnittführung, mikrometrischer Schnitt, laminare Kühlmittelführung, Kavitationswirkung

Introduction: Safety and improvement of prognosis of the therapy's aims on the one hand and the reduction of the operational risks for complications or reduction of undesirable therapy's aftereffects on the other hand are the central aims of modern operational methods.

Material and method: Modern operations generally intend the protection of tissue (e.g. avoiding iatrogenic damage of periosteum or blood vessels) and in special cases the protection of the nervus alveolaris inferior or of the Schneiderian membrane. They reduce the frequency of undesirable intra- and postoperative incidents. In this regard the ultrasonic surgery is a useful supplement to the conventional rotating and sawing surgical units.

Results and conclusion: Important aspects of piezo-surgery are the reduction of thermal damage of the bone with laminar flow of the cooling medium in deep, thin or capillary osteotomy cuts and prevention of undesirable endosseous or periosteal soft tissue lesion with the so called "selective cut". An additional advantage of preparation is guaranteed by the so called "cavitation effect" and gracile instruments, which facilitate a precise micrometric cutting geometry.

Keywords: Piezo-surgery/ultrasonic-surgery, selective cut, micrometric cut, laminar flow of cooling medium, cavitation effect

¹ Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Burgstraße 2–4, 65183 Wiesbaden

Peer-reviewed article: eingereicht: 28.02.2011, revidierte Fassung akzeptiert: 01.05.2011

DOI 10.3238/dzz.2011.0432

Historischer Hintergrund

Die Anwendung von Ultraschall ist in der Medizin nicht mehr wegzudenken. Systematisch kann man zwischen Ultraschall-Diagnostik und -therapie unterscheiden. Im Bereich der bildgebenden Weichgewebsdiagnostik hat der B-Bild-Ultraschall (B-Scan-Sonographie), ggfs. ergänzt durch Farbgebung von Blutflüssen (Duplex-Methode) eine ebenso große Bedeutung wie CT oder MRT erlangt. Gleiches gilt im Bereich der nicht bildgebenden Gefäßdiagnostik mittels Doppler-Methode. Bei den nicht-bildgebenden Verfahren hat dagegen die A-Scan-Sonographie viel an Bedeutung verloren, während die sehr innovative Ultraschalltransmissionsgeschwindigkeitsmessungs-Methode (UTG) zur noninvasiven Bestimmung der Knochenqualität noch keine häufige Anwendung findet, aber mit einem großen Potential für die Zukunft ausgestattet ist.

Im Bereich der Ultraschall-Therapie ist eine historisch frühe Anwendung die Stoßwellen-Lithotripsie, die neben der geläufigen Indikation bei Nierensteinleiden auch zur Therapie von Speichelsteinen (Sialolithiasis) Anwendung finden kann.

Eine in den letzten zehn Jahren deutliche Anwendungsausweitung hat „das jüngste Kind“ aus der Ultraschall-Familie, die schneidende Piezo-Chirurgie, erfahren. Der Begriff „piezo“ stammt aus dem Griechischen und bedeutet „drücken“. Bereits um 1880 entdeckten die französischen Physiker *Jacques* und *Pierre Curie* in Zusammenarbeit mit *Gabriel Lippmann*, dass mechanischer Druck an der Oberfläche bestimmter Festkörper eine elektrische Ladung induziert. Vereinfacht dargestellt, entsteht durch Druck auf kristalline Festkörper eine Verschiebung innerhalb des Kristallgitters und es entsteht eine elektrische Spannung. Dies wird als *piezoelektrischer Effekt* bezeichnet. Später zeigte sich, dass auch eine Umkehrung dieses Effektes möglich ist: Durch das Anlegen einer elektrischen Spannung kommt es zu einer Verschiebung des Kristallgitters und damit zu einer Verformung (im Nanometerbereich); man nennt dies auch indirekten, inversen oder reziproken piezoelektrischen Effekt. In einem wechselnden elektrischen Feld kann ein Festkörper auf diese Weise zu

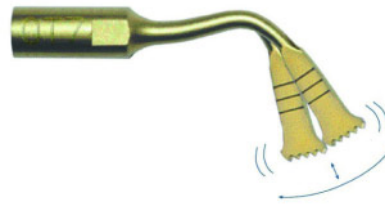


Abbildung 1 Schematische Darstellung der multidimensional oszillierenden Bewegung, bestehend aus: modulierbarer horizontaler Schwingung (60–210 µm) und modulierbarer vertikaler Schwingung (20–60 µm).

Figure 1 Schematic presentation of the multidimensional oscillating movement, including: modulateable horizontal oscillation (60–210 µm) and modulateable vertical oscillation (20–60 µm).

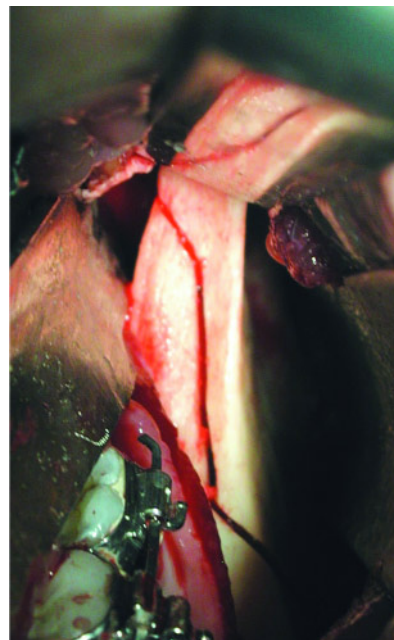


Abbildung 2 Mikrometrischer Schnitt bei einer Unterkiefer-Umstellungsoperation (sagittale Spaltung nach Obwegeser-Dal-Pont) mittels Piezosurgery.

Figure 2 Using piezo-surgery with its micrometric cut for dysgnathia operation (sagittal split osteotomy according to Obwegeser-Dal-Pont).

Schwingungen – z. B. im Ultraschallfrequenzbereich – angeregt werden.

In den frühen 1950er Jahren wurden in der Industrie hochfrequente Vibrationen verwendet, um harte Materialien zu schneiden. Der erste Bericht über die Schneideigenschaften von Ultraschall an Zahnhartgeweben

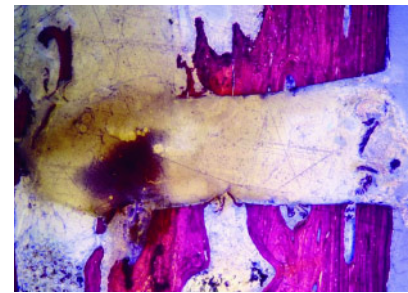


Abbildung 3 Histologie Knochen (Grundlamelle und Spongiosa): Thermische Läsion durch insuffizienten Kühlmediumtransport bei Präparation mit dünner Lindemannfräse.

Figure 3 Histology of bone (lamella and spongiosa): using thin Lindemann milling machine for preparation with thermal lesion by insufficient transport of the cooling medium.

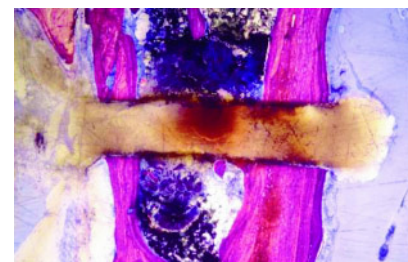


Abbildung 4 Histologie Knochen (Grundlamelle und Spongiosa): Thermische Läsion durch insuffizienten Kühlmediumtransport bei Präparation mit Knochensäge (Kreissäge).

Figure 4 Histology of bone (lamella and spongiosa): using bone saw (circular saw) for preparation with thermal lesion by insufficient transport of the cooling medium.

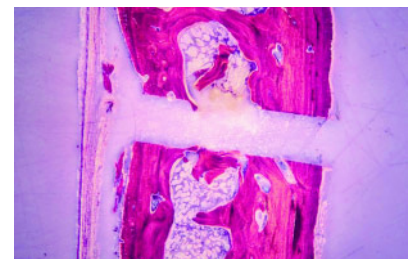


Abbildung 5 Histologie Knochen (Grundlamelle und Spongiosa): Keine thermische Läsion, aufgrund laminarer Strömung des Kühlmediums bei Präparation schlankem Arbeitende der Piezo-Chirurgie.

Figure 5 Histology of bone (lamella and spongiosa): using piezo-surgery with a thin instrument without thermal lesion, because of the laminar flow of the cooling medium.



Abbildung 6 Typische horizontale Osteotomie für eine Genioplastik (Kinnverlagerungsoperation) unter Schonung des kontralateralen, basalen Periostes in der Tiefe des OP-Situs.

Figure 6 Typical horizontal osteotomy for genio-plastic-surgery with protection of the contralateral, basic periosteum in the depth of the operation-situs.

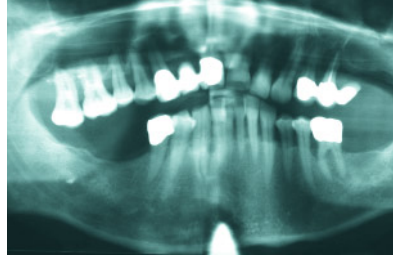


Abbildung 7 Röntgen-Panoramasaufnahme: Freie-Endsituation distal 45. Elongation der antagonistischen Oberkiefer-Seitenzähne. Röntgendichte Struktur mit peripherer Osteolysezone im rechten Unterkiefer.

Figure 7 X-ray-orthopantomography: free-end-situation distal 45. Elongation of the antagonist teeth in the upper jaw. Appearance on the x-ray: structure with a peripheral zone of osteolysis in the right lower jaw.



Abbildung 8 Intraoperativer Situs des rechten Unterkiefers: Anpassen der Osteosyntheseplatte an die intakte Kortikalisoberfläche und Setzen der Bohrungen.

Figure 8 Intra-operative situs of the right lower jaw: adjustment of the osteosynthesis plate at the intact cortical surface and making of the drill-holes.

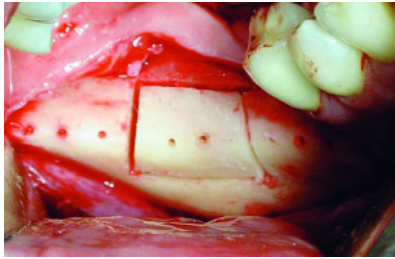


Abbildung 9 Intraoperativer Situs des rechten Unterkiefers: Anlegen der Osteotomieschnitte mittels Ultraschallchirurgie unter Berücksichtigung der Bohrlochpositionen für die Osteosynthese.

Figure 9 Intra-operative situs of the right lower jaw: using piezo-surgery for osteotomy according to the drill-holes of the osteosynthesis.

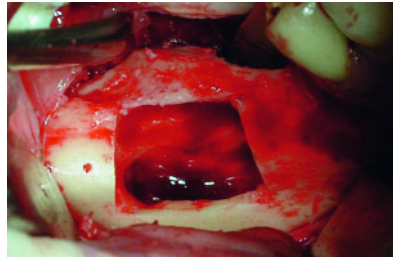


Abbildung 10 Intraoperativer Situs des rechten Unterkiefers: Endossale Revision des Fremdkörpers (residuales Wurzelfüllmaterial) und der chronischen Ostitis mit ultraschallchirurgischer Neurolyse.

Figure 10 Intra-operative situs of the right lower jaw: endosseous removal of a foreign body (residual root filling material) and treatment of the chronic osteitis with ultrasonic surgical neurolysis.

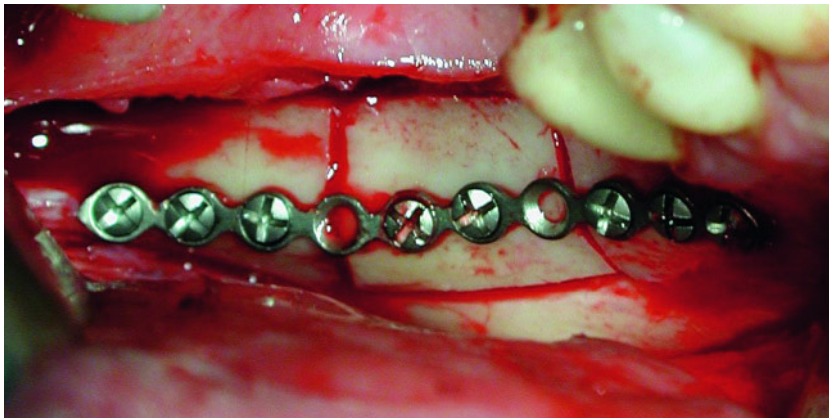


Abbildung 11 Intraoperativer Situs des rechten Unterkiefers: Reposition des passgenauen Kortikalisdeckels und Osteosynthese.

Figure 11 Intra-operative situs of the right lower jaw: replacement of the well-fitting bone flap and osteosynthesis.

stammt von *M.C. Catana* aus dem Jahr 1953. In der Oralchirurgie wurde die Möglichkeit der Knochenbearbeitung durch Ultraschall bereits 1975 durch *J.E. Horton* beschrieben, blieb jedoch zunächst in der Theorie verhaftet. Erst mehr als 20 Jahre später gelang schließlich *T. Vercelotti* der Durchbruch. Da die Ultraschallerzeugung durch den inversen piezoelektrischen Effekt erfolgte, nannte er die Methode „Piezosurgery“ [18, 19].

Die Funktionsweise der Ultraschallchirurgie

Die Ultraschallchirurgie basiert auf einer modulierbaren Arbeitsfrequenz von zirka 24 bis 30 kHz. Die dabei realisierte mehrdimensionale Bewegung der Instrumentenspitzen setzt sich aus der Überlagerung zweier Schwingungen zusammen: Einer modulierbaren horizontalen Schwingung von 60 bis 200 μm und einer ebenfalls modulierbaren vertikalen Schwingung von 20 bis 60 μm (Abb. 1) [17]. Die Kühlung erfolgt über ein regulierbares Pumpsystem mit physiologischer Kochsalzlösung oder mit handelsüblichen Fertiglösungen (z. B. Ampuwa). Das Handstück kann mit verschiedenen Arbeitsspitzen zur Osteotomie und zur Separation des Weichgewebes vom Knochen, die bei den Indikationsbeispielen näher erläutert werden, bestückt werden.

Bei konventionellen oszillierenden Knochensägen oder rotierenden Fräsen

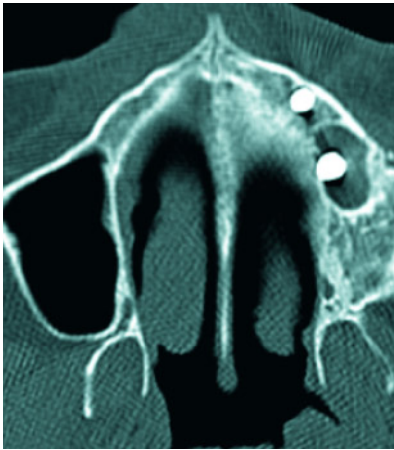


Abbildung 12 Axiale Computertomographie mit Zustand nach Sinuslift und Implantation links. Scharf begrenzte Osteolyse periimplantär des distalen Implantates.

Figure 12 Computerized axial tomography: situation after sinus lift and implantation on the left, peri implant sharply limited osteolysis of the distal implant.

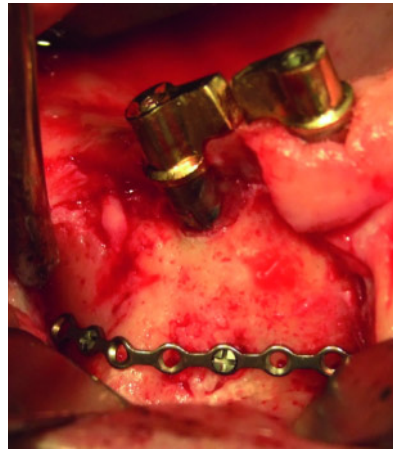


Abbildung 13 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Anpassen der Osteosyntheseplatte über die Kontur der Crista zygomaticoalveolaris an die intakte Kortikalisoberfläche und Setzen der Bohrungen.

Figure 13 Intra-operative situs of the left upper jaw: adjustment of the osteosynthesis plate at the contour of the crista zygomaticoalveolaris on the intact cortical surface and making the drill-holes.



Abbildung 14 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Anlegen der Osteotomieschnitte mittels Ultraschallchirurgie unter Berücksichtigung der Bohrlochpositionen für die Osteosynthese.

Figure 14 Intra-operative situs of the left upper jaw: using piezo-surgery for osteotomy according to the drill-holes of the osteosynthesis.

ist schon zum Führen des Instrumentes ein bestimmter Anpressdruck erforderlich. Eine Erhöhung dieses Anpressdruckes führt fast linear zu einer Erhöhung der Abtragsleistung im Knochen, so dass für hohe Abtragsleistungen mit relativ hohen Anpressdrücken gearbeitet wird. Mit der Piezochirurgie erzielt man dagegen den effektivsten Hartgewebsabtrag bei mittlerem Anpressdruck und mittelschneller, kontinuierlicher Bewegung, was einer physiologischen Instrumentenführung nahe kommt.

Ein weiterer Unterschied zu oszillierenden Sägen ist der geringere Hub der Arbeitsspitze. Das Schneiden gelingt dadurch viel exakter. Beide Effekte erhöhen die Präzision und ermöglichen einen „mikrometrischen Schnitt“ (Abb. 2). Nach einer anfänglichen Lernkurve, die auf die Besonderheiten der Methode sensibilisiert, lernt der erfahrene Operateur intuitiv, wie schnell welches Instrument mit welchem Druck über den Knochen geführt werden muss, um eine optimale Abtragsleistung und eine sehr präzise Schnittgeometrie zu erzielen [1, 14, 17].

Der Einsatz konventioneller, graziler Fräsen und Sägen geht mit dem Nachteil einher, dass das Kühlmedium die tiefer gelegenen Areale der sehr schmalen Osteotomieschnitte nicht erreicht. Der ste-

hende Tropfen auf einem Osteotomieschnitt verdeutlicht makroskopisch die Oberflächenspannung des Kühlmediums, aufgrund der Dipol-Eigenschaften des Wassermoleküls, das Hauptbestandteil aller Kühlflüssigkeiten ist. Die daraus resultierenden Hitzeschäden des Knochengewebes können auch histologisch gezeigt werden (Abb. 3 und 4). Die Ultraschallfrequenz des Piezochirurgiegerätes bewirkt einen „laminaren Flüssigkeitsstrom“, der die Oberflächenspannung auflöst und das Kühlmedium (sogar bei dicken Kortikalisschichten und somit tiefen und schmalen Osteotomiespalten, z. B. Linea obliqua-Span) bis zum Ort des Knochenabtrages transportiert. Dadurch werden Hitzeschäden vermieden (Abb. 4) [1, 3, 14]. Im klinischen Einsatz erkennt man mit bloßem Auge stehende Tropfen, die sich bei Unterbrechen des Schneidvorganges bilden und sich bei Wiederbetätigung des Fußanlassers wieder auflösen.

Eine physikalische Besonderheit der Ultraschallchirurgie ist der so genannte „selective cut“. Der Arbeitsfrequenzbereich von zirka 24–30 kHz erlaubt eine Hartgewebspräparation unter Schonung der benachbarten Weichgewebe, da für das Durchtrennen von Weichgewebe eine Frequenz von etwa 50 kHz erforder-

lich ist. Vereinfacht gesprochen wird bei der Berührung des Arbeitssendes mit dem Weichgewebe dieses nicht geschnitten, sondern angehoben, da es der hochfrequenten Vibrationsbewegung folgt. Infolgedessen kann das Risiko der Verletzung anatomischer Strukturen bei korrekter Anwendung deutlich gemindert werden. Die klinische Realisierung dieser methodischen Besonderheit konnte insbesondere an der Schneider'schen Membran im Rahmen der Sinuslift-Operation [2, 6, 18, 20] und am Nervus alveolaris inferior [7, 9, 13] auch wissenschaftlich belegt werden. Ebenfalls hohe Relevanz hat dieser Effekt in der Schonung des Periostes bei schwer zugänglichen OP-Situs als Schwellungs- und Blutungsprophylaxe (Abb. 6). Zurzeit stellt dies ein Alleinstellungsmerkmal der Ultraschallchirurgie gegenüber den traditionellen Knochenpräparationen dar.

Auf struktureller und zellulärer Ebene schädigt die piezoelektrische Chirurgie den Knochen somit weniger als bisherige Methoden [8]. Dennoch darf auch mit dieser Technik nicht unkritisch oder gar unbedacht operiert werden. Zur unerwünschten Hitzeentwicklung des Arbeitssendes und somit des umliegenden Weichgewebes kann es kommen, wenn die mechanische Energie des Gerätes nicht über

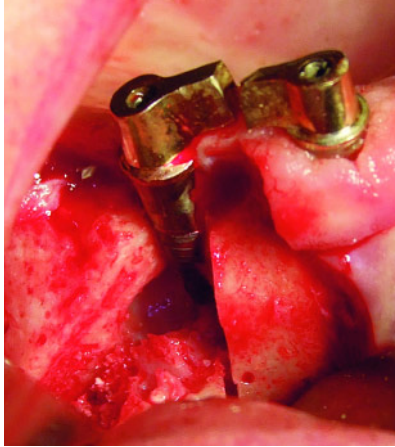


Abbildung 15 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Darstellung der Osteolyse in Beziehung zum Implantat.

Figure 15 Intra-operative situs of the left upper jaw: presentation of the osteolysis regarding to the implant.

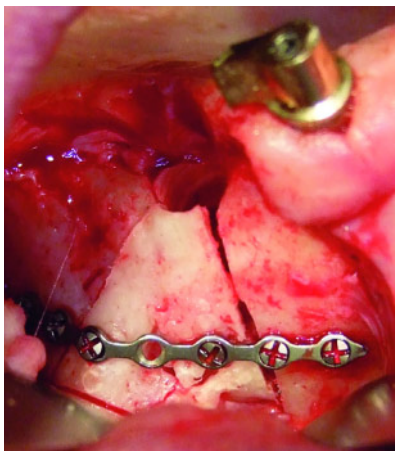


Abbildung 16 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Reposition des passgenauen Kortikalisdeckels und Osteosynthese.

Figure 16 Intra-operative situs of the left upper jaw: replacement of the well-fitting bone flap and osteosynthesis.



Abbildung 17 Intraoperativer Situs an der fazialen Kieferhöhlenwand im Bereich der Fossa canina (Detailvergrößerung): Mikrometrische piezochirurgische Anlage eines Knochenfensters mit Erhalt der zentralen Kortikalis. Intakte Schneider'sche Membran makroskopisch sichtbar.

Figure 17 Intra-operative situs at the facial maxillary sinus wall in the field of the canine fossa (detail enlargement): micrometric piezo-surgical preparation of a bony window with preservation of the central corticalis. Macroscopically visible intact Schneiderian membrane.



Abbildung 18 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Mikrometrische piezochirurgische Anlage des Knochendeckels für den Sinuslift. Abstand zwischen Kieferkamm und caudaler Osteotomieinie zum Erhalt der dreidimensionalen Geometrie des lateralen Oberkiefers.

Figure 18 Intra-operative situs of the left upper jaw: micrometric piezo-surgical preparation of the bone flap for the sinus lift. Distance between alveolar bone and caudal osteotomy cut for preservation of the three dimensional geometry of the lateral upper jaw.

Hartgewebsabtrag abgeleitet wird. Auf die Anwendung übertragen bedeutet dies, dass der Fußanlasser nicht längere Zeit ohne adäquate Knochenpräparation betätigt werden darf, was bei korrekter Anwendung leicht zu vermeiden ist. Daneben ist eine Läsion weichgeweblicher Strukturen, bis hin zur Perforation allein durch mechanischen Druck ohne piezochirurgische Präparation vorstellbar, so dass die allgemein gültige Empfehlung, unnötigen Kontakt mit diesen Strukturen möglichst zu vermeiden, unverändert gilt.

Durch das Zusammenspiel von Kühlmittelführung und den dreidimensionalen Ultraschallschwingungen wird das Blut stets von der Arbeitsspitze weggespült. Auf diese Weise wird eine intraoperativ nahezu blutfreie Sicht ermöglicht. Diese so genannte „Kavitationswirkung“ der Ultraschallchirurgie ist ein Vorteil gegenüber oszillierenden Sägen, die den Blutfilm im Schnitt hin und her bewegen [14, 15, 16].

Indikationensspektrum der Piezochirurgie

Es ist nicht möglich, das Indikationenspektrum der Piezochirurgie erschöpfend oder abschließend darzustellen, da es sich kontinuierlich erweitert. Eine Übersicht ohne Anspruch auf Vollständigkeit geht aus der Tabelle 1 hervor.

Wissenschaftliche Untersuchungen liegen zur atraumatischen Zahnentfernung mit Sofortimplantation [4], zur Neurolyse und Nervverlagerung [7, 9, 13], zur enoralen Knochenblockentnahme [1, 3, 12] und zum Bone-splitting [5], zur Sinuslift-OP [2, 18, 20], zur Gewinnung von Knochenchips [8] sowie zur Wurzelkanalbehandlung [10] vor. Auch die Möglichkeiten und Limitationen bei Eingriffen der MKG-Chirurgie befinden sich in Evaluation [11].

Ausgewählte Fallbeispiele aus dem oralchirurgischen Indikationensspektrum:

1 Knochendeckelmethode

Häufig befinden sich chirurgisch sanierungsbedürftige Befunde (Wurzelreste, verlagerte Zähne, apikale Parodontitiden, Zysten, Fremdkörper etc.) enossal

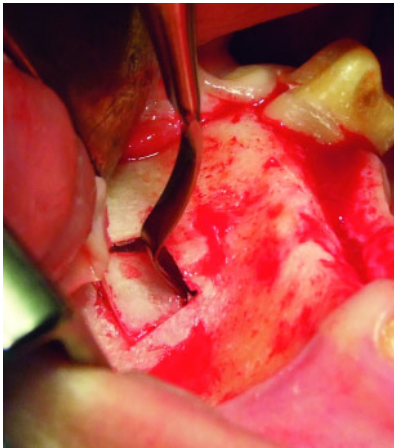


Abbildung 19 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Nach Mobilisierung des zur Kieferhöhle periostgestielten Knochen- deckels. Präparation der Schneider'schen Membran mit Handinstrumenten.

Figure 19 Intra-operative situs of the left upper jaw: after mobilization of the periosteum-maxillary sinus-connected bone flap. Preparation of the the Schneiderian membrane with hand instruments.

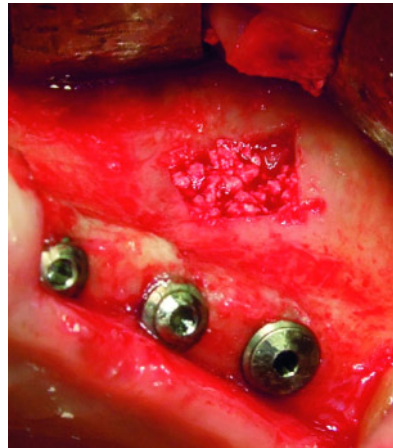


Abbildung 20 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Einzeitige Sinuslift-Augmentation und Implantatinsertion in den Regionen 024, 025 und 026. Zusätzlich hantelförmige Verjüngung der orovestibulären Dimension der Regio 024 und 025.

Figure 20 Intra-operative situs of the left upper jaw: sinus lift augmentation and implant placement at the same time in the regions 024, 025 and 026. Additional dumbbell-shaped narrowing of the oral-vestibular dimension in the regions 024 and 025.



Abbildung 21 Intraoperativer Situs des linken Oberkiefers: Zusätzlich crestale Augmentation mit partikulärem Knochenersatzmaterial.

Figure 21 Intra-operative situs of the left upper jaw: additional crestal augmentation with particulate bone replacement material.

im Kiefer unter einer intakten und gesunden Kortikalisschicht (Abb. 7 und 12). Bei konventionellem Zugang wird diese Kortikalis im Sinne einer Ostektomie entfernt, um den enossalen Befund zugänglich zu machen. Aus der nachfolgenden Knochenheilung resultiert nicht selten eine Defektkonsolidierung mit Minderung vor allem der orovestibulären Kieferkammdimension. Für eine anschließende Implantation stellt dies nicht selten ein Hindernis dar oder bedingt zusätzliche augmentative Maßnahmen.

Mittels der Knochendeckelmethode kann trotz übersichtlichem und sicherem Zugang zum enossalen Befund das Risiko eines resultierenden Kieferkammdéfektes deutlich vermindert werden. Die oben erwähnten Charakteristika der Ultraschallchirurgie bewirken dabei folgende Vorteile:

Mittels des mikrometrischen, schmalen Osteotomieschnittes, der bei Geräten und Arbeitsenden der aktuellen Generation heute unter 1 mm Schnittbreite liegt, ist die Passgenauigkeit der entnommenen und zu reponierenden Osteoplastik sehr exakt (Abb. 9 und 11 bzw. 14 und 16). Dies stellt eine gute Vo-

oraussetzung für die knöcherne Einheilung im Sinne einer Kontaktosteogenese dar. Ebenso ist die durch die laminäre Strömung des Kühlmediums weitgehend vermeidbare thermische Läsion an der Präparationsoberfläche eine Voraussetzung für die unkomplizierte Knochenneubildung.

Der „selective cut“ lässt die risikoarme Präparation zur Tiefe des knöchernen Gewebes hin zu, bezogen auf physiologische (z. B. Nerv) und pathologische (z. B. Zystenbalg) enossale Strukturen. Letztlich wird damit auch eine unerwünschte Zellverschleppung bei z. B. primär unklarer enossaler Osteolyse mit Tumorverdacht vermieden. Aufgrund des gegenüber der konventionellen Knochenpräparation verringerten Anpressdruckes gelingt es intraoperativ leichter, den Übergang zwischen Kortikalis und Spongiosa zu ertasten und damit die notwendige Präparationstiefe präziser zu realisieren.

An den Beispielen eines enossalen Fremdkörpers mit peripherer Ostitis im Unterkiefer (Abb. 7 bis 11) oder einer unklaren periimplantären Osteolyse im Oberkiefer bzw. Sinuslift-Bereich (Abb. 12 bis 16) kann das operative

Vorgehen, inklusive der Osteosynthese, „step by step“ nachvollzogen werden.

2 Die Knochenblockentnahme

Die beiden häufigsten lokoregionären Spenderregionen sind die Linea obliqua im retromolaren Bereich der Mandibula und die Regio mentalis im Kinnbereich. Gerade bei begrenzter Donorregion (im Vergleich zur klassischen Beckenkamm-entnahme) erhält die Minderung der Entnahmemorbidität durch grazile Osteotomieschnitte eine hohe Bedeutung. Ähnlich der oben beschriebenen Knochendeckelmethode erhält auch bei der Osteoplastikentnahme mit Transfer in eine entfernte Empfängerregion die adäquate Kühlung bei schmalen Osteotomieschnitten eine hohe Bedeutung, um Hitzeschäden auf zellulärer Ebene zu vermeiden, die die ossäre Einheilung der Osteoplastik kompromittieren können. Daneben sind nervale Strukturen (Nervus alveolaris inferior bzw. Nervus mentalis und Nervus lingualis) im Bereich der Osteotomie potentiell gefährdet.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass nach erfolgreicher Kno-

Dentoalveoläre Chirurgie	<ul style="list-style-type: none"> • Knochendeckelmethode zum Erhalt der crestalen Kortikalis • Zahnentfernung unter Erhalt der Alveolenwand • Wurzelspitzenresektion • Retrograde Wurzelkanalaufbereitung und Abfüllung • Nervschonende Weisheitszahnosteotomien • Operation von Zysten und anderen Osteolyse • Freilegung retinierter Zähne
Peri-Implantologie	<ul style="list-style-type: none"> • Crestale Augmentation • Gewinnung von autologem Knochen (Linea obliqua-Span, Mentalis-Span, Knochen-Chips) • Kieferkammspaltung (Bone splitting) • Osteotomie für Distractionsosteogenese • Sinusliftpräparation • Präparation des Knochenfenster, externer Sinuslift • Ablösen der Schneider'schen Membran, interner Sinuslift • Nervfreilegung, Nervlateralisation • Implantatbetaufbereitung
Parodontalchirurgie	<ul style="list-style-type: none"> • Scaling von Wurzeloberflächen und Wurzelglättung • Kronenverlängerungen
Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie	<ul style="list-style-type: none"> • Dysgnathieoperation <ul style="list-style-type: none"> • sagittale Spaltung des UK • Le-Fort I-Osteotomie • chir. Gaumennahterweiterung • Beckenkammtransplantatentnahme • Kieferresektionen • osteoplastische Kieferhöhlenoperationen

Tabelle 1 Wichtige Indikationsbeispiele der Ultraschallchirurgie im ZMK-Bereich.**Table 1** Examples of important indications for ultrasonic-surgery (in the oral cavity)

(Abb. 1–21, Tab. 1: K.A. Grötz)

chentransplantation über eine ausreichende Zeit Mikrobewegungen der Osteoplastik vollständig vermieden werden müssen, um eine erfolgreiche Einheilung zu erzielen. Diese Immobilisierung kann besonders gut durch Zugschraubenosteosynthese (Kontaktosteogenese) erzielt werden.

Ebenfalls relevant für den Therapieerfolg ist die sichere plastische Deckung mit Nutzung vieler Möglichkeiten, um die Dehizenszgefahr zu mindern. Vorzeitige Exposition der Osteoplastik droht mit Teilverlust einherzugehen.

3 Die Sinusbodenelevation

Die Region des Oberkieferseitenzahngbietes weist eine Besonderheit auf, weil hier neben der crestalen Kompromittierung des Implantatlagers durch vertikale und/oder orovestibuläre Kieferkammdefizite der Kieferhöhlenboden eine Limitierung darstellt. Bereits vor mehr als 20 Jahren wurde deshalb der Sinuslift (Kieferhöhlenbodenanhebung) als spezielles Augmentationsverfahren etabliert. Früher dominierte dabei die Vorstellung, dass erst eine Absen-

kung des Kieferhöhlenbodens nach Zahnverlust die Indikation zum Sinuslift auslöst. Radiologische Analysen haben aber zeigen können, dass aufgrund der Wurzelkonfiguration der OK-Seitenzähne bereits beim (noch) Bezahnten die caudale Ausdehnung des KH-Bodens einen späteren Sinuslift für eine Implantation indizieren kann. Eine repräsentative Reihenuntersuchung konnte sogar belegen, dass dies beim Bezahnten bereits in klinisch relevanter Häufigkeit zutrifft und diese nach Zahnverlust weiter zunimmt [21]. Damit ist eine relevante Indikationsfrequenz wissenschaftlich belegt.

Abhängig vom Zugangsweg – über die faciale Kieferhöhlen (KH)-Wand oder über den Implantatstollen – unterscheidet man den externen vom internen Sinuslift. Wichtiger Prognosefaktor für beide Verfahren ist die Vermeidung einer Perforation der KH-Schleimhaut, der sog. Schneider'schen Membran, die in der Literatur zwischen 14 % und 56 % unter Verwendung konventioneller rotierender Instrumente beschrieben ist [20]. Hierfür stellt die selective-cut-Eigenschaft der

Ultraschallchirurgie eine sehr gute Voraussetzung dar. Anhand Literaturangaben reduziert sich die Perforationsrate auf ca. 4 % [6, 18]. Die benötigte Zeit für die Osteotomie des Knochendeckels liegt bei ca. 3 min und die Elevation der Sinus-Membran beansprucht durchschnittlich 5 min Operationszeit [18].

Bei hoher Vergrößerung kann trotz Präparation schlanker Osteotomielinien im Osteotomiespalt die erhaltene Membran optisch erfasst werden (Abb. 17). Während der Operation kann dynamisch der so genannte Trampolineffekt bei Palpation des Knochendeckels an der facialen KH-Wand sowohl die Kontrolle der allseitigen Mobilisierung, als auch die Vermeidung einer Membranperforation belegen.

Zum Erhalt der dreidimensionalen Geometrie des Kieferkammes wird heute ein gering dimensionierter Zugang angestrebt (Abb. 18). Als Landmarke dienen dabei der paranasale Pfeiler (ventral) und die Crista zygomaticoalveolaris (dorsal). Das aufzufüllende Defizit erhält dabei die Geometrie eines mehrwandigen Knochenbinnendefek-

tes, so dass günstige Voraussetzungen für eine allseitige Durchknöcherung des eingebrachten Augmentates gegeben sind.

Für die initiale Elevation der Schneider'schen Membran von der knöchernen Unterlage können spezielle, nicht schneidende Arbeitsenden (z. B. sog. „Elefantenfuß“) eingesetzt werden, so dass die Membran im Sinne eines durch hochfrequente Vibrationen betätigten, miniaturisierten Raspatoriums zirkulär des Knochenfensters abgelöst wird. Danach können entweder weitere spezielle Separatoren eingesetzt werden, oder die Elevation der Sinus-Membran erfolgt danach mit konventionellen Handinstrumenten (Abb. 19).

Am Beispiel eines einzeitigen Vorgehens – Sinuslift, Implantation und crenatale Augmentation – können die OP-Schritte und der Erhalt der knöchernen Wandungen der Oberkieferseitenzahn-Geometrie nachvollzogen werden (Abb. 17 bis 21).

Zusammenfassung und Fazit für die Praxis

„Knochenchirurgie“ in Oral- und MKG-Chirurgie gab es bereits vor Etablierung der Ultraschallchirurgie – und kann es auch weiterhin ohne diese geben. Doch dieser Gesichtspunkt trifft für nahezu alle neuen Methoden (Implantologie, DVT etc.) im Bereich der chirurgischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde zu. So ist als Fazit nach dem Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu fragen.

Die oben aufgezeigten Vorteile der Piezo-Chirurgie überwiegen nach Auffassung der Autoren den Aufwand durch apparative und instrumentelle Zusatzausstattung (die persönliche Zusatzqualifikation einschließend) für all die Behandler, die regelmäßig sehr präzise und gewebeschonende OP-Techniken benötigen. Wichtig ist dabei, dass dieser Nutzen nicht durch den erstmaligen intraoperativen Einsatz eines Leihgerätes am Patienten evaluierbar ist. Vielmehr darf

(und sollte) sich gerade auch der routinierte Operateur eine manuelle Lernkurve zugestehen, die durch hands-on-Kurse seriös die Unterschiede und Besonderheiten im Handling z. B. am ex vivo-Präparat (Schweinekiefer, Schafsschädel) erfahren und erfassen lassen. **DZZ**

Interessenkonflikt: Beratungstätigkeit, Vortragshonorare und Reisekostenerstattungen von folgenden Firmen (alphabetische Reihenfolge) Amgen, Artoss, Astra, Camlog, Geistlich, Mectron, Medupdate, MIP, Novartis, Nobel, Riemsler, Roche, Straumann, Zepf.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. Knut A. Grötz
Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie
Burgstraße 2-4
65183 Wiesbaden
www.mkg-rhein-main.de

Literatur

- Bacci C et al.: Intra-oral bone harvesting: two methods compared using histological and histomorphometric assessments. *Clin Oral Implants Res*, 2010
- Barone A et al.: Osteotomy and membrane elevation during the maxillary sinus augmentation procedure. A comparative study: piezoelectric device vs. conventional rotative instruments. *Clin Oral Implants Res* 19, 511–515 (2008)
- Berengo M et al.: Histomorphometric evaluation of bone grafts harvested by different methods. *Minerva Stomatol* 55, 189–198 (2006)
- Blus C, Szmukler-Moncler S: Atraumatic tooth extraction and immediate implant placement with Piezosurgery: evaluation of 40 sites after at least 1 year of loading. *Int J Periodontics Restorative Dent* 30, 355–363 (2010)
- Blus C et al.: Split-crest and immediate implant placement with ultrasonic bone surgery (piezosurgery): 3-year follow-up of 180 treated implant sites. *Quintessence Int* 41, 463–469 (2010)
- Blus C et al.: Sinus bone grafting procedures using ultrasonic bone surgery: 5-year experience. *Int J Periodontics Restorative Dent* 28, 221–229 (2008)
- Bovi M et al.: The use of piezosurgery to mobilize the mandibular alveolar nerve followed immediately by implant insertion: a case series evaluating neurosensory disturbance. *Int J Periodontics Restorative Dent* 30, 73–81 (2010)
- Chiriac G et al.: Autogenous bone chips: influence of a new piezoelectric device (Piezosurgery) on chip morphology, cell viability and differentiation. *J Clin Periodontol* 32, 994–999 (2005)
- Degerliyurt K et al.: Bone lid technique with piezosurgery to preserve inferior alveolar nerve. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 108, e1–5 (2009)
- Del Fabbro M et al.: Scanning electron microscopic analysis of the integrity of the root-end surface after root-end management using a piezoelectric device: a cadaveric study. *J Endod*, 36, 1693–1697 (2010)
- Eggers G et al.: Piezosurgery: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 42, 451–453 (2004)
- Happe A: Use of a piezoelectric surgical device to harvest bone grafts from the mandibular ramus: report of 40 cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* 27, 241–249 (2007)
- Metzger MC et al.: Inferior alveolar nerve transposition – an in vitro comparison between piezosurgery and conventional bur use. *J Oral Implantol* 32, 19–25 (2006)
- Romeo U et al.: Bone damage induced by different cutting instruments – an in vitro study. *Braz Dent J* 20, 162–168 (2009)
- Seshan H, Konuganti K, Zope S: Piezosurgery in periodontology and oral implantology. *J Indian Soc Periodontol* 13, 155–156 (2009)
- Stubinger S et al.: Ultrasonic bone cutting in oral surgery: a review of 60 cases. *Ultraschall Med* 29, 66–71 (2008)
- Vercellotti T: Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol* 53, 207–214 (2004)
- 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* 21, 561–567 (2001)
- Vercellotti T: Piezoelectric surgery in implantology: a case report – a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 20, 358–365 (2000)
- Wallace SS et al.: Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery: clinical results of 100 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 27, 413–419 (2007)
- Werner F, Grötz KA: Die kaudale Ausdehnung des Sinus maxillaris bei bezahnten und unbezahnten Kieferabschnitten – Ist die sogenannte „Sinusboden-Absenkung“ nur ein Phänomen nach Zahnverlust? *Z Zahnärztl Impl* 26, 249–255 (2010)