Dresden International University (DIU)
in Kooperation mit der
Deutschen Gesellschaft für Parodontologie e.V. (DG PARO)

MASTERARBEIT
zur Erlangung des Grades Master of Science im Studiengang
„Parodontologie und Implantattherapie“

Minimalinvasive hydraulische und hydrodynamische Sinusbodenelevationstechniken im Vergleich zum externen Sinuslift nach Tatum.
- Ein systematisches Review -

Minimally invasive sinus floor elevation procedures utilizing hydraulic or hydrodynamic forces in comparison to the lateral window technique (Tatum)
- A systematic review -

vorgelegt von: Andreas van Orten, M.Sc.

Erstprüfer: Prof. Dr. Moritz Kebschull

Zweitprüfer:

Waltrop, den 10.05.2019

Inhaltsverzeichnis

1	**Einleitung**	2
	1.1 Anatomie, Physiologie und pathophysiologische Aspekte des Sinus maxilaris	3
	1.2 Sinuslifttechniken im Vergleich	8
	1.2.1 Der direkte Sinuslift	8
	1.2.2 Die Osteotomtechniken	12
	1.2.3 Ballon-Lift-Techniken	17
	1.2.4 Techniken mit Ersteintritt unter Verwendung von spezieller Bohrergeometrien	20
	1.2.5 Techniken mit Ersteintritt unter Verwendung piezochirurgischer Instrumente	22
	1.2.6 Techniken mit Ersteintritt unter Verwendung von Wasserdruck	28
2	**Fragestellung**	32
3	**Material und Methode**	34
	3.1 Systematische Literaturrecherche	34
	3.2 Auswahl und Studienselektion	35
4	**Ergebnisse**	37
	4.1 Resultate Datenbankrecherche	37
	4.2 Relevante Publikationen	41
5	**Diskussion**	45
6	**Schlussbemerkung**	58
7	**Literaturverzeichnis**	60
8	**Lebenslauf**	75
9	**Eidesstattliche Erklärung**	76

1 Einleitung

Seit vielen Dekaden sind konventionelle prothetische Versorgungsformen verlässliche und vorhersagbare zahnärztliche Behandlungsoptionen für unbezahnte und teilbezahnte Patienten (Assuncao, Barao, Delben, Gomes, & Tabata, 2010; Raghoebar et al., 2000; Thalji, McGraw, & Cooper, 2016), wobei diese häufig den resilienten Sitz von totalem und partiellem Zahnersatz beklagen. In nicht seltenen Fällen äußern Patienten den Wunsch nach einer festsitzenden Behandlungsalternative (Pommer et al., 2011) oder lehnen die Notwendigkeit des Beschleifens von gesunder Zahnhartsubstanz zur Schaffung von Pfeilerzähnen für konventionelle Brücken oder kombiniertem Zahnersatz ab (Edelmayer, Woletz, Ulm, Zechner, & Tepper, 2016).

Vorhersagbare und erfolgreiche Augmentationsstrategien ebneten den Weg für Implantatversorgungen für die meisten Patienten auch in Befundkonstellationen, die sich durch ein nicht ausreichendes Knochenangebot an den strategisch wichtigen, präferierten Implantatpositionen darstellen (Al-Nawas & Schiegnitz, 2014).

In der Region des posterioren Oberkiefers weisen die prothetisch geeigneten Implantatinsertionsorte häufig eine ausreichende transversale Dimension auf. Das vertikale Knochenangebot stellt sich jedoch oft defizitär dar (Raghoebar, Brouwer, Reintsema, & Van Oort, 1993; Raghoebar, Timmenga, Reintsema, Stegenga, & Vissink, 2001), oftmals beobachtbar als eine Minderung der Knochenqualität (Kramer, Schliephake, & Wichmann, 1999).

Seit der Vorstellung der Technik der lateralen Antrostomie durch Tatum im Jahre 1976 beim Jahrestreffen der American Academy of Implant Dentistry und der Publikation von Boyne und James: “Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone” im Journal of Oral Surgery im Jahre 1980, ist die am häufigsten beschriebene Methode zum Anheben der Kieferhöhlenschleimhaut (Schneidersche Membran), neben der lateralen Fenstertechnik die Osteomtechnik, die von Summers 1994 erstpubliziert wurde (Summers, 1994).

Seitdem sind vielfältige Modifikationen und Weiterentwicklungen der Sinusbodenelevation vorgestellt worden (Buser, Sennerby, & De Bruyn, 2017).

Die meisten Entwicklungen weisen eine Tendenz zu weniger invasiven, transkrestalen Zugängen auf und können zusammenfassend folgendermaßen subsummiert werden:

Osteotomtechniken, Techniken mit membranschonenden Bohrergeometrien, hydraulische Sinuslifttechniken, ultraschall- oder hydrodynamischbasierte Anwendungen und vielfältige Kombinationen dieser Techniken.
Wie von Al-Nawas et al. – „within the limitation of the meta-analytical approach taken" – gezeigt werden konnte, scheint das im Rahmen der Sinusbodenaugmentationen verwendete biorespektive Knochenersatzmaterial die Implantatüberlebensraten nicht zu beeinflussen (Al-Nawas & Schiegnitz, 2014).
Das Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich der minimalinvasiven Methode des krestalen Sinuslifts mit hydraulischen und hydrodynamischen Methoden im Vergleich zum klassischen Sinuslift unter Zuhilfenahme eines lateralen Fensters nach Tatum in Bezug auf die 5-Jahres-Implantatüberlebensrate, der Patientenmorbidität, des Gewinnes an augmentiertem Knochen, der Komplikationsraten und der Patientenzufriedenheit.

1.1 Anatomie, Physiologie und pathophysiologische Aspekte des Sinus maxillaris

Die paarig angelegten Kieferhöhlen gehören zum Komplex der Nasennebenhöhlen, weisen annähernd die Form einer dreiseitigen Pyramide auf und befinden sich in der Maxilla. Der Boden der seitwärts weisenden Pyramide wird gebildet von der aus Knorpel bestehenden lateralen Nasenwand. Die Pyramidenspitze ist im Processus zygomaticus der Maxilla lokalisiert ist und befindet sich somit im zygomatico-maxillären Stützpfeilerkomplex. Die kraniale Seitenwand der Pyramide bildet den Boden der Orbita und beherbergt den Nervus infraorbitalis im Canalis infraorbitalis. Die Fossa pterygopalatina ist anatomisch dorsal in der Kieferhöhle aufzufinden und beinhaltet den Nervus und die Arteria maxillaris mit ihren Verzweigungen und das Ganglion pterygopalatinum. Der harte Gaumen, der aus dem Processus palatinus der Maxilla und der Lamina horizontalis des Os palatinum gebildet wird, stellt die kaudale Begrenzung des Sinus maxillaris dar.
Die Breite der lateralen knöchernen Kieferhöhlenbegrenzung beeinflusst Sinusliftmaßnahmen maßgeblich, vor allem bei lateralen Zugängen. Sie variiert meist in einer Größenordnung zwischen 0,5 mm und 2,5 mm. Die durchschnittliche Breite der lateralen

Knochenwand ist bei Männern größer als bei Frauen (Neiva, Gapski, & Wang, 2004; Yang et al., 2009).
Für gewöhnlich nimmt die Ausdehnung der Kieferhöhlen mit zunehmendem Lebensalter zu. Vor dem Durchbruch der permanenten Dentition weist das Volumen der Kieferhöhle ein noch sehr geringes Maß aus, nach Abschluss des skelettalen Wachstums beträgt das Volumen der Kieferhöhle meist 12-15 cm^3, wobei Schwankungsbreiten von 4,5 cm^3 bis 35,2 cm^3 beschrieben werden (Ariji, Kuroki, Moriguchi, Ariji, & Kanda, 1994) und folgende Ausdehnungen: von anterior nach posterior annähernd 30mm, im Bereich des ersten Molaren eine Höhe von etwa 30 mm und von medial nach lateral circa 25 mm (Triplett & Schow, 1994).
Der Sinusboden liegt beim aufrechtstehenden Menschen vor Eintritt der sekundären Pneumatisierung ca. 10 mm tiefer als der Nasenboden. Die sekundäre Pneumatisierung wird oft beobachtet in Folge von posterioren Zahnverlusten im Oberkiefer. Der tiefste Punkt des Kieferhöhlenbodens ist beim aufrechtstehenden Menschen in der Region des ersten Molaren zu finden. Von dort aus verläuft der Kieferhöhlenboden gewöhnlicher Weise in alle Richtung konvex aufwärts.
Die anteriore Ausdehnung der Kieferhöhle ist sehr variabel. Normalerweise extendiert sie in die Eckzahn- oder Prämolarenregion, in einigen seltenen Fällen sind aber auch bilaterale Ausdehnungen bis in die Region der zentralen Inzisiven berichtet worden.

Zusätzlich zu flachen Kieferhöhlenbodenkonfigurationen beobachtet man regelmäßig konische Ausbuchtungen des Bodens als Korrelat der darunter befindlichen Prämolaren- und Molarenwurzeln.
Oftmals ragen Septen in die Kieferhöhle oder durchziehen sogar die gesamte Kavität bis hin zur Bildung von vollständigen Kompartimenten, so dass es zu mehrkammerigen Kieferhöhlen kommt. Septen werden sowohl in mesial-distaler als auch in orovestibulärer Ausrichtung angetroffen. Diese Sinussepten wurden erstmalig von Underwood mit einer Prävalenz von 33% beschrieben (Underwood, 1910), wogegen in neueren Untersuchungen die Prävalenz mit annähernd 24% etwas geringfügiger angegeben wird (Velasquez-Plata, Hovey, Peach, & Alder, 2002). Die am häufigsten anzutreffende Septenkonfiguration ist die unilaterale Anlage (Koymen et al., 2009). Septen können als primäre Septen als Ausdruck des Genotypus erscheinen, jedoch auch als sekundäre Septen nach Zahnverlust im posterioren Oberkiefer im Zusammenhang mit einer fortschreitenden Pneumatisierung.

Das Ostium naturale als natürliche Verbindung zwischen Kieferhöhle und Nasenraum befindet sich in der posterioren Hälfte des Infundibulums und im kaudalen Abschnitt des Processus uncinatus. Der Durchmesser der Verbindung beträgt für gewöhnlich 3 - 6 mm. Die Länge des Verbindungsganges variiert stark von 1 - 22 mm, er endet in posterior-superioren Abschnitt der Kieferhöhle unterhalb der Concha nasalis media. Diese Lokalisation ist einem phylogenetisch 5-Millionen-Jahre altem Relikt geschuldet, der Quattropedalität unserer Vorfahren. Der aufrechte Gang, der eine Lokalisation des Ostium naturale an einer anderen Stelle anatomisch sinnvoll erscheinen ließe, ist eine Errungenschaft des Neogen (Haile-Selassie et al., 2010).

Gleichwohl hat die physiologisch gesunde Kieferhöhle beim Menschen eine adäquate Clearance aufzuweisen, gewährleistet durch Becherzellen, seromuköse Drüsen und mit Zilien ausgestattete respiratorische Epithelzellen, die eine dünne Bindegewebsschicht bedecken. Die Dicke variiert von 0,45 mm bis 1,4 mm. Eine große Schichtstärke korreliert mit dem dicken Gingivabiotyp (Aimetti, Massei, Morra, Cardesi, & Romano, 2008). Rekurrierende Infektionen der Schneiderschen Membran führen tendenziell auch eher zu einer Schleimhautverdickung, während Rauchgewohnheiten eher zu einer Verdünnung der Schleimhaut führen (Hadar, Yaniv, Shvili, Koren, & Shvero, 2009).

Das epitheliale lining fluid, das von den Becherzellen und den seromukösen Drüsen der antralen Mukosa produziert wird, sorgt physiologischerweise für die Elimination kleiner inhalierter Partikel und Mikroorganismen. Das Sekret selbst wird durch koordinierte Zilienschläge der zilientragenden Epithelzellen in Richtung des ostiomeatalen Komplexes bewegt, die Drainage zur Nasenhöhle erfolgt dann über das Ostium naturale.

Eine adäquate Ventilation der Kieferhöhle ist eine conditio sine qua non für die Funktion der Epithelzellen selbst, da die Sauerstoffmenge, die über das Blut an die Zellen herangeführt wird, nicht ausreichend ist. Jene Sauerstoffmenge, die für eine physiologische Zilienbewegung notwendig ist, kann nur gewährleistet werden, wenn zusätzlicher Sauerstoff aus der im Sinus vorhandenen Luft resorbiert wird (Drettner, 1980a, 1980b).

Deshalb ist jede Erkrankung, beziehungsweise jedes Symptom, das entweder die Clearance beeinflusst oder die Ernährung der Kieferhöhle respektive ihrer Zellen, als relative oder absolute Kontraindikation für Sinusliftmaßnahmen in Erwägung zu zie-

hen. Gleichermaßen bedeutsam ist es, dass der natürliche Ausführungsgang im Kontext von Sinusliftmaßnahmen nicht verlegt oder verschlossen wird, da dieses zu einer verminderten oder nicht mehr stattfindenden Clearance, zur Stase des Sekretes, von Partikeln und Mikroorganismen und somit zur Ventilationsstörung führen kann, die das Risiko einer Sinusitis oder sinusitisartigen Komplikationen erhöht.
Die Ernährung des maxillären Knochens und der Sinusmembran (Schneidersche Membran) wird größtenteils von Ästen der Arteria maxillaris gewährleistet. Die Infraorbitalarterie und die Arteria alveolaris superior posterior, beides Äste der Arteria maxillaris, etablieren über enossäre und extraossäre Anastomosen eine doppelte arterielle Arkade. Die intraossären Anastomosen ernähren hauptsächlich den bukkalen Teil der Maxilla und der Schneiderschen Membran, wogegen die extraossären Anastomosen vornehmlich die orale Mukosa versorgen. Die zentralen und medialen Anteile des Sinus maxillaris werden von der Arteria sphenopalatina versorgt, die in die Kieferhöhle via den Hiatus semilunaris Einzug findet (Kumlien, Schiratzki, & Drettner, 1985).
Augmentierter Knochen oder Knochenersatzmaterialien profitieren von den intra- und extraossären Anastomosen und auch von der Gefäßversorgung der Schneiderschen Membran, die funktionell für das Augmentat in der Kieferhöhle eine vergleichbare Funktion wie ein Periost übernimmt (Traxler et al., 1999).
Mit zunehmendem Alter oder bei stark zunehmenden resorptiven Prozessen kommt es zu einem Rückgang der Anzahl der Blutgefäße, einhergehend mit einer Reduzierung des zirkulierenden Blutvolumens durch gleichzeitige Abnahme der Gefäßkaliber (Staudt, Breustedt, Kunz, & Wilcke, 1977). In Fällen mit dünnem, kortikalem Restknochen, besonders bei älteren zahnlosen Patienten, können keine intraossären Gefäße mehr erwartet werden, so dass die Ernährung der Augmentate hauptsächlich durch die Schneidersche Membran gewährleistet werden muss (Solar & Gahleitner, 1999).

Soweit eine Sinusliftmaßnahme durch ein laterales Fenster durchgeführt werden soll, ist die Beachtung der intraossären Anastomosen und Verläufe der Arteria alveolaris superior posterior von großer Bedeutung. Die Distanz der Arterie im Knochenkanal zum krestalen Kieferkamm beträgt für gewöhnlich 16-19 mm (Elian, Wallace, Cho, Jalbout, & Froum, 2005). Eine Verletzung oder Ruptur dieser Gefäße kann stärkste Blutungen und Komplikationen nach sich ziehen (Chanavaz, 1990).
Die sensible Innervation der Kieferhöhlenschleimhaut erfolgt durch den Nervus eth-

moidalis anterior, einem Ast des Nervus ophthalmicus und den Nervi alveolares superiores, die aus dem Nervus maxillaris entspringen (Chanavaz, 1990).
Die venöse und lymphatische Versorgung des Sinus maxillaris erfolgt hauptsächlich durch einen Gefäßplexus, der sich im Hiatus semilunaris befindet. Entzündliche Veränderungen können venöse oder lymphatische Stauungen respektive Kongestionen bewirken, die eine Okklusion des Ostium naturale zur Folge haben können. Diese wiederum kann zu einer gestörten Ventilation, gestörten Clearance und Sinusitis führen.

Die Funktion der Kieferhöhlen ist auch heute noch ein Objekt der Debatte. Wie bereits Ende der 60´er Jahre von Blanton und Biggs gezeigt werden konnte, spielt die Gewichtsreduktion des knöchernen Gesichtsschädels eine wichtige Rolle, aber auch die Verstärkung der Stimmresonanz, die Lufterwärmung und -befeuchtung sowie eine Verbesserung der olfaktorischen Wahrnehmung (Blanton & Biggs, 1969). Wie von Timmenga et al. in zwei Untersuchungen dargestellt wurde, beeinflussen Sinusliftmaßnahmen mit komplikationsfreiem Heilungsverlauf die Kieferhöhlenphysiologie des präoperativ gesunden Patienten nicht (Timmenga, Raghoebar, Liem, et al., 2003; Timmenga, Raghoebar, van Weissenbruch, & Vissink, 2003), ebenso gibt es Hinweise darauf, dass eine verdickte Kieferhöhlenschleimhaut keinen negativen Effekt auf die Erfolgsquote einer sinusbodenelevierenden Maßnahme zu haben scheint (Q. Fan, Chen, Xu, Han, & Liu, 2015).

1.2 Sinuslifttechniken im Vergleich

1.2.1 Der direkte Sinuslift (synonym: externer Sinuslift, laterale Antrostomie, Sinuslift nach Tatum)

Die Augmentation der Kieferhöhle im Rahmen von sinusbodenelevierenden Maßnahmen, auch Sinuslifts genannt, stellt eine seit mittlerweile 4 Jahrzehnten bekannte und etablierte Methode im Rahmen präimplantologischer oder implantationsbegleitender Maßnahmen dar.

Die Technik der Sinusbodenelevation wurde erstmals von Dr. Oscar Hilt Tatum Jr. im Lee County Hospital in Opelika, Alabama, 1974 im Sinne einer modifizierten Caldwell-Luc-Operation durchgeführt, nachdem er bereits zu Beginn der 70er Jahre Erfahrungen mit Augmentationen der Maxilla unter Zuhilfenahme autologer Rippentransplantate gesammelt hatte.
Bereits im darauffolgenden Jahr wurde der Sinuslift erstmalig von ihm mit einer Augmentation verbunden und wiederum ein Jahr später stellte er 1976 diese Technik erstmals einem breiteren Plenum beim Jahrestreffen der Academy of Implant Dentistry vor.
Die erste wissenschaftliche Publikation dieser Technik erschien im Jahre 1980 im Journal of Oral Surgery und wurde veröffentlich von Boyne und James (Boyne & James,1980).
Heutzutage gilt die Sinusbodenelevation als sehr vorhersagbare Technik mit starker Evidenz sowohl in Kombination mit einzeitiger als auch zweizeitiger Implantation (S. T. Chen, Beagle, Jensen, Chiapasco, & Darby, 2009; Jensen & Terheyden, 2009)

Trotz der als guten Prognose des Behandlungserfolges, ist die Lebensqualität der Patienten doch sehr beeinträchtigt. Die zu erwartende Rekonvaleszenz beträgt annähernd eine Woche und ist gekennzeichnet durch postoperativen Schmerz, Schwellungen und Mundöffnungseinschränkungen. Die meisten Patienten gehen frühestens am 4. postoperativen Tag ihrer beruflichen Tätigkeit nach, wobei junge Frauen die Patientengruppe zu sein scheint, die am meisten postoperative Zuwendung benötigt (Mardinger, Poliakov, Beitlitum, Nissan, & Chaushu, 2009).
Betrachtet man die Entwicklung der letzten 40 Jahre des klassischen Sinuslifts mit lateralem Fenster, sind folgende Modifikationen augenfällig:

Einführung neuer piezochirurgischer Instrumente statt rotierender Instrumente zur Präparation des lateralen Fensters (Lambrecht, 2004) oder auch die Anwendung von Scrapern (Stacchi et al., 2017a) und Hartgewebslasern; unterschiedliche Modifikationen des Umgangs mit dem Knochen des lateralen Fensters wurden beschrieben: Einklappen in den Sinus, Entnahme und Aufbereitung als Knochenaugmentat oder Entnahme und Reposition nach Sinusmanipulation; Modifikationen mit verkleinertem lateralem Fenster (Baldini et al., 2017; Pariente, Dada, & Daas, 2014);

Etablierung unterschiedlichster Augmentationsmaterialien: Knochenblöcke (und als Sonderform des Knochenblocks der Knochenring (Omara, Abdelwahed, Ahmed, & Hindy, 2016)), autolog als Block entnommen (Khoury, 1999) oder in der Zellkultur (Brunelli et al., 2013; Schimming, Hoffmann, & Schmelzeisen, 2003) produziert, allogene Blöcke (Xavier et al., 2016), xenogene und alloplastische Knochenblöcke; unterschiedliche Träger, die mit BMPs angereichert wurden, jedoch bei der Anwendung im Sinus maxillaris den autologen und allogenen Transplantaten signifikant unterlegen erscheinen (Kelly, Vaughn, & Anderson, 2016), Eigenblut (T. W. Chen, Chang, Leung, Lai, & Kao, 2007; Dikicier, Dikicier, & Karacayli, 2012; Lambert et al., 2011), sowie partikuläre autologe (De Santis et al., 2017), allogene (Kolerman et al., 2017), xenogene (Ramirez Fernandez, Mazon, Gehrke, Calvo-Guirado, & De Aza, 2017), phytogene (Scarano, Degidi, Perrotti, Piattelli, & Iezzi, 2012) und alloplastische Biomaterialen (Danesh-Sani, Engebretson, & Janal, 2017) sowie Mischungen aus jenen mit autologen Partikeln (C. M. Schmitt, Moest, Lutz, Neukam, & Schlegel, 2015) oder mit Zusätzen von PGRF (Khouly, Pardinas Lopez, Aliaga, & Froum, 2017) oder Hyaluronsäure (Butz, Bachle, Ofer, Marquardt, & Kohal, 2011; Dogan et al., 2017). Ebenso wird die Anwendung von alloplastischen Polymergelen als möglich beschrieben (Cossellu, Farronato, Farronato, Ceschel, & Angiero, 2017), sowie auch die Anwendung von porösen Titangranula (Lyngstadaas et al., 2015). Das Augmentationsmaterial scheint keinen signifikanten Einfluss auf die Implantatüberlebensrate zu nehmen (Al-Nawas & Schiegnitz, 2014). Ist eine geringere Resorption erwünscht, zeichnet es sich bei der Verwendung von rein autologen Transplantaten jedoch sinnvoll ab, ein gesintertes xenogenes Material (de Vicente, Hernandez-Vallejo, Brana-Abascal, & Pena, 2010) oder ein alloplastisches Material hinzuzumischen (OniSor-Gligor et al., 2015).
Der apparative Aufwand zur Etablierung dieser Technik ist in einer implantologisch tätigen Praxis oder Klinik als gering einzustufen, da primär nur die Anschaffung von

Sinuselevatoren (Abb. 1, Abb. 2) zu betrachten sein sollte. Unter Umständen kann sich der apparative Aufwand erhöhen, wenn ein piezochirurgisches Gerät zur Präparation des lateralen Fensters angeschafft werden muss.
Eine Lernkurve des Anwenders ist anzunehmen, die Schwierigkeit dieser Technik ist als gehoben einzustufen.

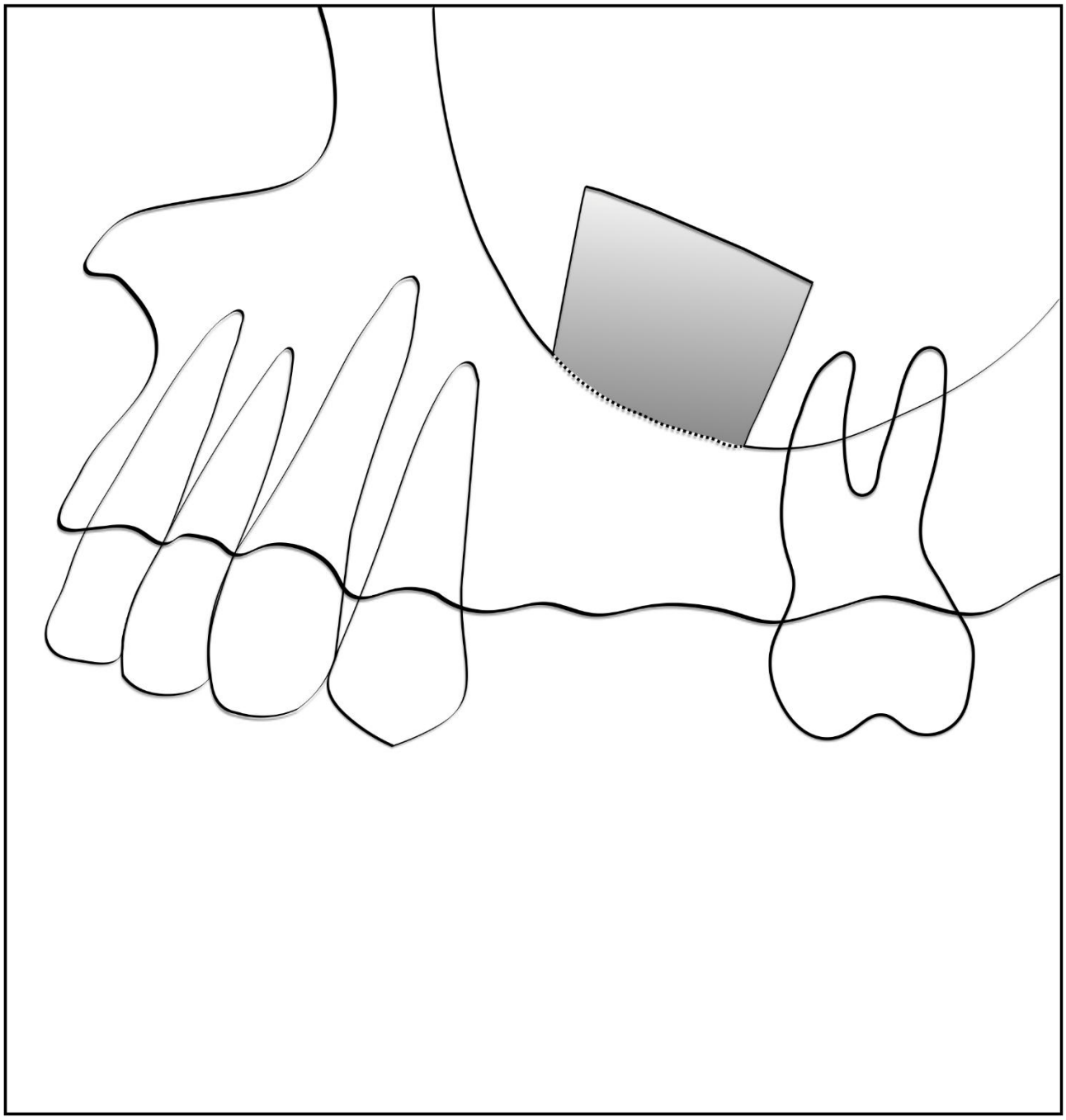


Abb. 1

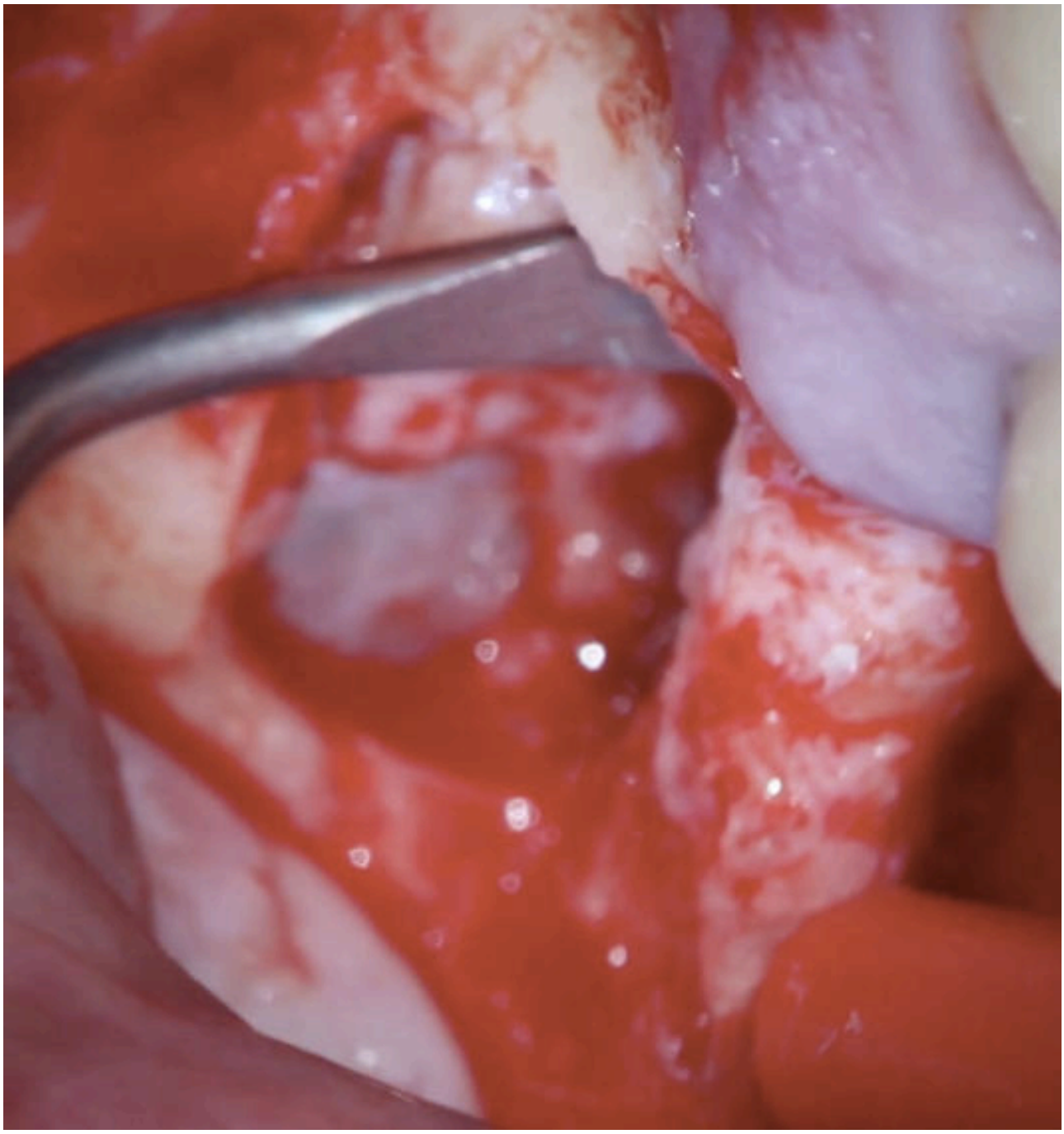


Abb. 2

1.2.2 Die Osteotomtechnik (synonym: indirekter Sinuslift, indirekter Sinuslift, Sinuslift nach Summers)

Im Jahre 1994 wurde erstmalig eine Technik, die den Zugang zur Kieferhöhle von krestal aufsuchte und die Sinusbodenelevation unter Zuhilfenahme von Osteotomen durchführte, von Summers beschrieben (Summers, 1994). Summers benutzte Osteotome oder in diesem Falle auch als Sinutome bezeichnet, um vom Bohrstollen aus, möglichst ohne weitere Zugänge, ein vertikal unzureichendes Knochenangebot minimalinvasiv adäquat aufzubereiten. Nach Präparation eines Bohrstollens etwa 1-2 mm unterhalb des Kieferhöhlenbodens wird ein Osteotom eingeführt, dessen Querschnitt an der Instrumentenstirnseite klassischerweise konkav gewölbt gewesen ist. Heutzutage sind darüberhinaus Osteome erhältlich, die eine konvexe Oberflächenwölbung an der Stirnseite aufweisen. Die Konfiguration des Schaftes ist ebenfalls klassischerweise konisch zulaufend. Es wurden vielfältig jedoch auch parallelwandige Instrumente beschrieben und vertrieben. Ein Großteil der Sinutome weist eine konisch zulaufende Konfiguration auf, um nicht nur simultan zur Sinusbodenelevation eine Knochenkondensation durchführen zu können, sondern auch, um eine Formkongruenz des aufbereiteten knöchernen Implantatbettes, zu heutzutage häufig gefundenen konisch geformten Implantaten, zu gewährleisten.
Durch Schläge mit einem Hammer auf das Osteotom (Abb. 3, Abb. 4) wird dieses nach kranial getrieben.

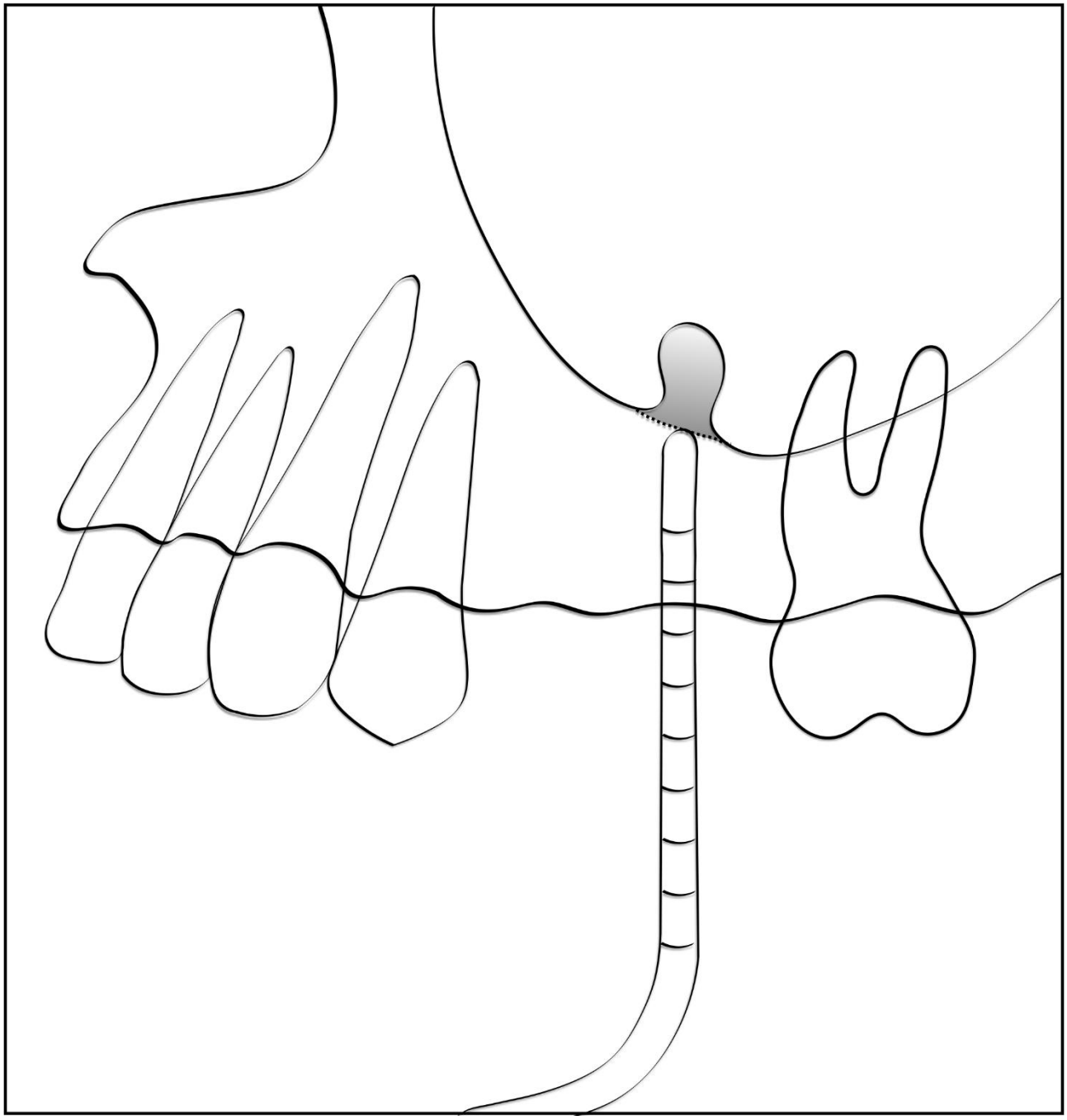


Abb. 3



Abb. 4

Nach einer ausreichenden Zahl von Hammerschlägen frakturiert der Kieferhöhlenboden im Sinne einer Grünholzfraktur. Die Osteotome weisen in den meisten Fällen Kerben, Farb- oder Lasermarkierungen auf, die dem Behandler die räumliche Zuordnung des Osteotoms zum Kieferhöhlenboden ermöglichen. Die Osteotomspitze sollte nicht tiefer als an die ehemalige Position des dann zu diesem Zeitpunkt frakturierten Kieferhöhlenbodens getrieben werden, um Perforationen der Schneiderschen Membran zu vermeiden. Im Allgemeinen ist es heute so, dass zur Anwendung dieser Technik eine Restknochenhöhe von mindestens 6 mm gefordert wird und ein sicher vorhersagbarer vertikaler Gewinn von maximal 2 bis 3 mm postuliert wird (Pjetursson, Ignjatovic, et al., 2009). Die Augmentation kann sowohl mit Knochenersatzmaterialien, als auch autologem Knochen oder einer Mischung aus beidem erfolgen, sowie wahrscheinlich allen Modifikationen, die auch für den direkten Sinuslift zutreffend sind. Ebenso besteht die Möglichkeit, vor allem bei einer abgerundeten Implantatspitzenkonfiguration, die eine Perforation der Schneiderschen Membran durch zu punktuelle Belastung vermeidet, gänzlich auf Knochen oder Knochenersatzmaterialien zu verzichten, und statt dessen den nach dem Sinuslift entstandenen Hohlraum (zwischen der Schneiderschern

Membran und dem Kieferhöhlenboden) sich mit Blut füllen zu lassen, dessen Umwandlung in Knochen sich bei intakter Schneiderscher Membran erwarten lässt (Gabbert, Koob, Schmitter, & Rammelsberg, 2009; Pjetursson, Ignjatovic, et al., 2009; Zill et al., 2016). Es erscheint wahrscheinlich, dass der zu erwartende apikale Knochengewinn bei Augmentation mit Knochen oder Knochenersatzmaterialien höher ist als ohne Augmentation respektive die radiologisch darstellbare vertikale Knochenzunahme (Pjetursson, Ignjatovic, et al., 2009).

Beide zuvor genannten Vorgehensweisen wurden bereits von Summers beschrieben. Er selbst ergänzt diese noch durch eine dritte Modifikation, die sogenannte „Future site development“, bei der unter Zuhilfenahme größerer Osteotome weitergehende Areale als prospektive zukünftige Implantatinsertionsorte, mobilisiert wurden.

In einem systematischen Review konnte nachgewiesen werden, dass die Implantatüberlebensrate bei vertikalem Restknochenangebot ≤ 5 mm und Anwendung der Osteotomtechnik drastisch reduziert wird, während sie bei einer vertikalen Restknochenhöhe ≥ 6 mm eine sehr hohe Erfolgsrate aufweist (Tan, Lang, Zwahlen, & Pjetursson, 2008). Demzufolge lässt sich ableiten, dass die Indikationsbreite der Osteotomtechnik deutlich eingeschränkter ist als die sogenannte direkte Sinuslifttechnik mit einem gefensterten Zugang von lateral.

Ein großer Wunsch bei der Entwicklung der Osteotomtechnik gegenüber der Technik des lateralen Fensters stellte die Erwartung einer geringeren Morbidität in Bezug auf Schwellungen und postoperative Schmerzen, die für die Patienten zu erwarten sind, dar. Es gibt Hinweise darauf, dass die Patienten hinsichtlich der zu erwartenden Schmerzsensationen innerhalb der ersten postoperativen Woche bei der Anwendung der Osteotomtechnik gegenüber der Technik des lateralen Fensters zu profitieren scheinen (Pal et al., 2012).

Dennoch ist es eine Fehlannahme, dass die Osteotomtechnik in besonderem Maße für weniger erfahrene Operateure geeignet ist, da bei Perforation der Schneiderschen Membran ein Wechsel zur Technik des lateralen Fensters erfolgen sollte, um einen Abbruch des Eingriffs vermeiden zu können, ebenso sollte das Management von seltenen, aber nicht auszuschließenden schweren Blutungen bei der Osteotomtechnik gewährleistet sein.

Die Inzidenz von Sinusschleimhautperforationen beim internen Sinuslift wird in der Literatur sehr unterschiedlich dargestellt, von einer eher seltenen Komplikation bis zu

einem Auftreten von 10-26 % wird berichtet (Gabbert et al., 2009; Pjetursson, Ignjatovic, et al., 2009).

Für gewöhnlich wird der interne Sinuslift mit Osteotomtechnik einzeitig durchgeführt. Die Datenlage zu zweizeitiger Operationstechnik ist aktuell sehr gering (Stavropoulos, Karring, & Kostopoulos, 2007). Bei der für diese Technik im allgemeinen empfohlenen Restknochenhöhe von ≥ 6 mm ist eine ausreichende Primärstabilität der Implantate zu erwarten (Jensen & Terheyden, 2009).

Eine seltene, aber für den betroffenen Patienten lebensqualitativ stark einschränkende Komplikation, ist der benigne paroxysmale Lagerungsschwindel. Durch die forcierten Hammerschläge mit dem Osteotom kommt es zu Ablösungen von Otolithen, die bei Bewegungen in den Bogengängen zu unphysiologischen Reizungen der Bogengangsrezeptoren führt. Da diese Reize im Widerspruch zu Informationen anderer Sinnesorgane stehen, spricht man vom vestibulo-cochlearem „Mismatch“, welcher in einem Vertigo des Patienten seinen Ausdruck findet. Glücklicherweise erfolgt in den allermeisten Fällen eine Spontanremission (Akcay, Ulu, Kelebek, & Aladag, 2016; Di Girolamo, Napolitano, Arullani, Bruno, & Di Girolamo, 2005; M. S. Kim, Lee, Chang, & Um, 2010; Pjetursson & Lang, 2014; Sammartino, Mariniello, & Scaravilli, 2011; Su, Tai, Su, & Chien, 2008; Vernamonte, Mauro, Vernamonte, & Messina, 2011).

Modifikationen der Technik zur Dämpfung der Hammerschläge wurden beschrieben, wobei diese jedoch in erster Linie der Vermeidung von Perforationen dienen sollten: der Einsatz von Kollagenmembranen als auch das Einbringen von Bindegewebstransplantaten (Pontes, Zuza, & de Toledo, 2010).

Eine weitere Entwicklung zur Modifikation und Standardisierung der einwirkenden Osteotomkräfte wurde mit der Beschreibung des elektrisch betriebenen Hammers in dieser Dekade vorgestellt. Erste Veröffentlichungen implizieren mögliche Vorteile für den Patienten (Crespi, Cappare, & Gherlone, 2012; R. Crespi, P. Cappare, & E. Gherlone, 2013; Crespi, Cappare, & Gherlone, 2014; R. Crespi, P. Cappare, & E. F. Gherlone, 2013).

Eine weitere Anwendung von Summers selbst, der Kombination der Osteotomtechnik mit Bohrkernen unter Zuhilfenahme von Trepanen, wurde zu Beginn des Milleniums in zwei Modifikationen erneut vorgestellt: Fugazzotto et al. und Soltan et al. beschrieben die Osteomtechnik in Verbindung mit Bohrkernen als Alternative zur klassischen Osteotomtechnik mit simultaner Implantation (Fugazzotto, 2001, 2002; Soltan & Smiler,

2004), während Kolerman et al. die Technik als Kombination einer größerflächigen, bohrkernunterstützten sinusbodenelevierenden „future site development“ mit alveolenerhaltenden Techniken im Sinne einer „socket preservation“ mit Augmentation von Knochenersatzmaterialien und Einsatz von resorbierbaren Membranen kombinierten (Kolerman & Barnea, 2008; Kolerman, Moses, Artzi, Barnea, & Tal, 2011). Diese Modifikationen scheinen sowohl Vor- als auch Nachteile in Bezug auf die Behandlungsergebnisse aufzuweisen.
Der finanzielle Aufwand zur Etablierung der Osteotomtechniken ist als sehr gering einzustufen. Die notwendigen Anschaffungen reduzieren sich auf die gewünschten Osteotome und einen Hammer. Die Lernkurve des Anwenders ist als moderat einzustufen.
Bei einigen jüngsten Entwicklungen wird die Osteotomtechnik kombiniert mit hydraulischen Sinusbodenelevationen wie dem iRaise Sinus Lift System. Nach Frakturierung des Kieferhöhlenbodens mit einem speziellen Osteotom wird ein Spezialimplantat eingebracht, das einen inneren Kanal aufweist, durch den ein pastöses Knochenersatzmaterial eingebracht wird. Erste Ergebnisse dieses System sind vielversprechend (Tallarico, Better, De Riu, & Meloni, 2016a; Tallarico, Meloni, Xhanari, Pisano, & Cochran, 2017a), jedoch ist der Anwender in Bezug auf das Implantatsystem in diesen Fällen gebunden und eine Restknochenhöhe von ca. 4 bis 5 mm ist notwendig, um eine sichere Primärstabilität bei einzeitiger Operationsweise zu gewährleisten.

1.2.3 Der Ballonlift (synonym: Transkrestale Antro Membrano Plastie, minimally invasive antral membrane elevation, MIAMBE)

Bereits Tatum benutzte zur Elevation der Sinusschleimhaut in den Jahren 1975-1979 in vielen Fällen zum Ablösen der Kieferhöhlenschleimhaut Ballonkatheter. Einer der Gründe für den Einsatz der Katheter war das noch nicht entwickelte Instrumentarium zum Elevieren und Abpräparieren der Sinusschleimhaut.
Zu Beginn des neuen Milleniums erlebte die Idee des hydraulischen Sinuslifts unter Zuhilfenahme von Ballonkathetern eine Renaissance (Soltan & Smiler, 2005). Unter anderem auch in Deutschland wurden Systeme angeboten, mit deren Hilfe über einen

krestalen, minimal-invasiven Zugang Sinusschleimhautelevationen in einem Maße ermöglicht werden sollten, die die eingeschränkte Indikation der Osteotomtechniken erweitern und die invasivere direkte Technik mit lateralem Fenster in vielen Fällen ersetzen sollte.

In vielen Fällen erfolgte der Ersteintritt in den Sinus maxillaris bei dieser Technik nach einer Vorbohrung unter moderater Kieferkammdarstellung bis etwa 1 mm an den Kieferhöhlenboden heran unter Zuhilfenahme eines Osteotoms, dessen Eindringtiefe durch ein Mandrin in der Führungshülse begrenzt wurde. Anschließend erfolgte die Einbringung des Ballonkatheters ebenfalls durch die Führungshülse und eine fraktionierte Auffüllung des Ballonkatheters mit steriler Kochsalzlösung bis das gewünschte Augmentationsvolumen erreicht wurde (Abb. 5).

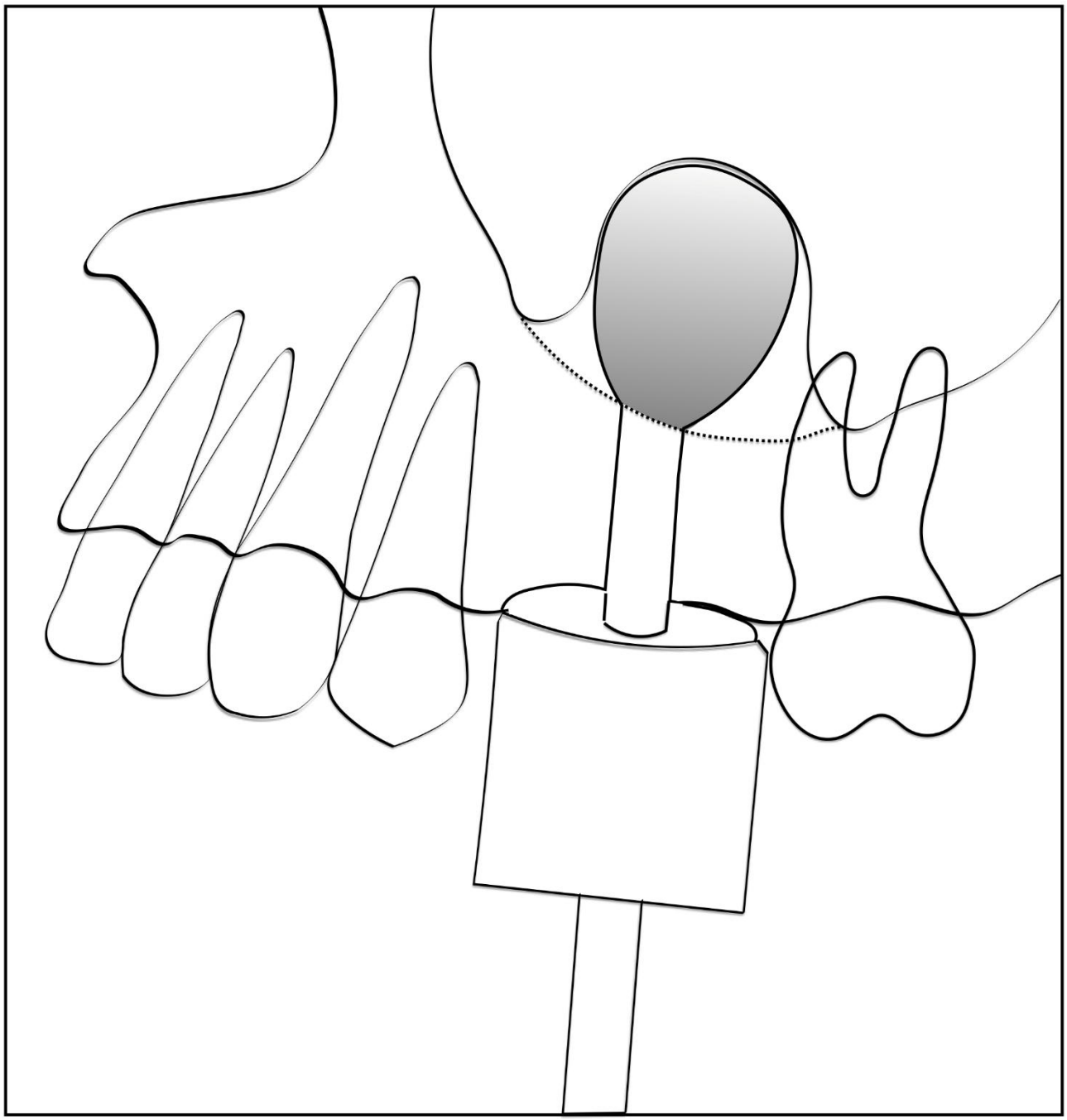


Abb. 5

In manchen Anwendungsdarstellungen wurde ein präaugmentatives Röntgenbild bei eingebrachtem und bis zum gewünschtem Maße gefülltem Ballonkatheter empfohlen, wobei der Ballonfüllung in diesen Fällen dann Bariumsulfat zugesetzt wurde, um die Röntgenopazität der Lösung im Katheter zu erhöhen.

Nach Entfernung des Ballonkatheters und der Führungshülse erfolgte das Einbringen des Augmentats und bei Gewährleistung einer ausreichenden Primärstabilität das Implantat.
Manche Anwender präferierten für den Ersteintritt keine Osteotome, sondern Bohrer mit membranschonenden Modifikationen.
Kritiker der Technik äußerten häufig die Sorge, dass eine Schleimhautperforation schwieriger zu diagnostizieren sei, als bei der direkten Technik, was dazu führte, dass einige Anwender eine endoskopische Inspektion der Sinusmembran empfahlen.
Aktuell ist der Vertrieb der bekanntesten Version des Ballonkatheters in Deutschland, der Balloon-Lift-Control der Firma Meisinger, eingestellt worden.
Dennoch werden auch aktuell Fallserienergebnisse und Ergebnisse multizentrischer Studien mit bemerkenswerten Ergebnissen veröffentlicht (Dhandapani, Baskaran, Arun, & Kumar, 2016; Hu, Lin, Metzmacher, & Zhang, 2009; Kfir et al., 2009; Penarrocha-Diago, Galan-Gil, Carrillo-Garcia, Penarrocha-Diago, & Penarrocha-Diago, 2012).

Der finanzielle Aufwand zur Etablierung dieser Technik in der Praxis oder Klinik ist als moderat zu betrachten, ebenso die Lernkurve des Anwenders.

1.2.4 Techniken mit Ersteintritt unter Verwendung spezieller Bohrergeometrien

Der Wunsch der Implantologen nach einem minimal-invasivem Sinusliftzugang, des Vermeidens von Unannehmlichkeiten für die Patienten durch die Anwendung von Osteotomen führte zur Entwicklung spezieller Bohrergeometrien, deren primäres Merkmal und Gemeinsamkeit einen möglichst membranschonenden Ersteintritt in die Kieferhöhle ohne Perforation der Schleimhaut ermöglichen soll.
Die rotierenden Instrumente ermöglichen für gewöhnlich einen Zugang sowohl von krestal als auch lateral und unterscheiden sich dann nicht substantiell in der Vorgehensweise des Ersteintritts.
Exemplarisch seien hier die von den Firmen Hiossen und Osstem vertrieben CAS-Kit

und LAS-Kit (Crestal Approach Kit und Lateral Approach Kit), das M.I.S.E. Evo Kit der Firma Sweden & Martina, sowie das SCA Kit (Sinus Crestal Approach) und LAS Kit (Sinus Lateral Approach) der Firma Neobiotech genannt (Abb. 6).

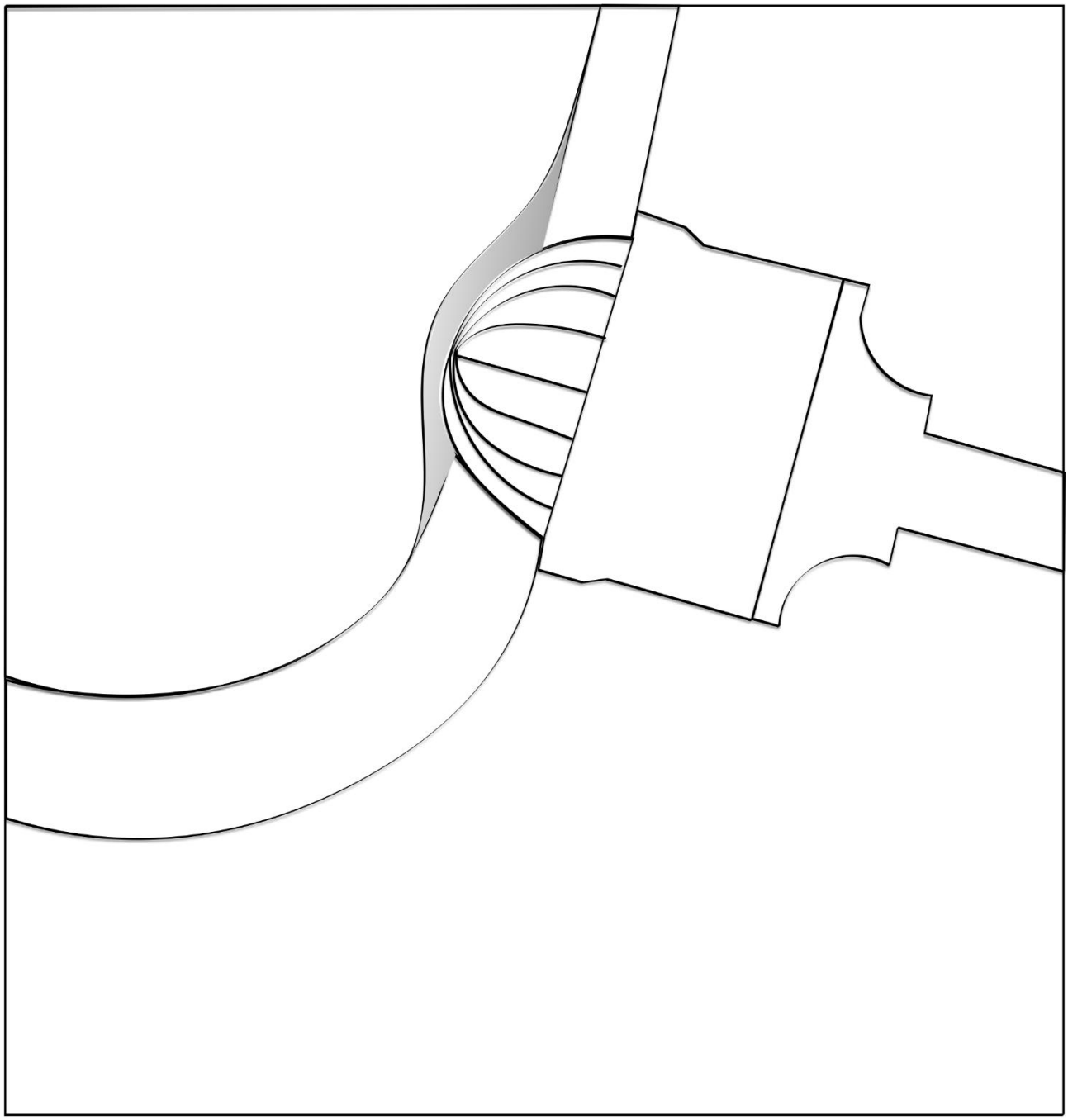


Abb. 6

Im Allgemeinen ist es so, dass zunächst eine oder mehrere Vorbohrungen bis an den Kieferhöhlenboden heran durchgeführt werden und anschließend die Bohrer mit den speziellen Geometrien, teilweise unter Zuhilfenahme von Tiefenstopps, eingesetzt werden. Im Moment des Ersteintritts in den Sinus soll die Membran entweder durch die Schneidengeometrie selbst oder beim CAS- und LAS-Kit durch Knochenmehl, das beim Präparieren gewonnen wird und die Stirnseite des Bohrers bedeckt, geschützt werden. Die Elevation erfolgt im Falle der letztgenannten Technik hydraulisch durch sterile Kochsalzlösung und in den anderen Fällen durch das Einbringen des Knochens oder Knochenersatzmateriales mit Kondensatoren.
Durch Veröffentlichungen von Fallserien zum M.I.S.E. Evo Kit (Cosci & Luccioli, 2000; Y. K. Kim, Lee, Park, Kim, & Oh, 2017; Sisti, Canullo, Mottola, & Iannello, 2011), als auch durch Anwenderbefragungen zum CAS-/LAS-Kit (Y. K. Kim, Cho, & Yun, 2013b) lassen sich Hinweise auf die Praktikabilität und Vorhersagbarkeit dieser Verfahren ableiten.
Der finanzielle Aufwand zur Etablierung dieser Technik in der Praxis oder Klinik ist als moderat zu betrachten, ebenso die Lernkurve des Anwenders.

1.2.5 Techniken mit Ersteintritt unter Verwendung piezochirurgischer Instrumente

Mit der Verbreitung piezochirurgischer Geräte in implantologisch tätigen Praxen und Kliniken haben auch Techniken, die den Einsatz ebensolcher Instrumente zum Ersteintritt in die Kieferhöhle bei sinusbodenelevierenden Eingriffen favorisieren, in den letzten zehn Jahren vermehrt Einzug gehalten.
Primär zu unterscheiden sind in diesem Zusammenhang jeneTechniken, die ausschließlich den Ersteintritt piezochirurgisch unterstützt durchführen, von denen, die sowohl den Ersteintritt in den Sinus piezochirurgisch unterstützt durchführen als auch die Elevation der Schneiderschen Membran durchführen.

Exemplarisch für die beiden Gruppen sollen die Verfahren anhand der Physiolift-Technik (Firma Mectron) und der Intralift-Technik (Firma Acteon Satelec) beschrieben werden.

Der Implantatstollen wird beim Physiolift-Verfahren optional bereits mit piezochirurgischen Instrumenten für die Implantatbettpräparation aufbereitet. Für den Ersteintritt in die Kieferhöhle empfiehlt der Hersteller ein diamantiertes, konisches und innengekühltes Instrument, das einen Durchmesser von 2mm an der Spitze und einen Durchmesser von 3mm am Konusende aufweist. Durch die Innenkühlung ist ein unkontrolliertes Ablösen der Kieferhöhlenmembran bereits möglich, deshalb ist die regelmäßige Kontrolle bei der Präparation wichtig. Alternativ kann der Durchbruch in die Kieferhöhle mit einem kugelförmigen, außengekühltem Instrument erfolgen.

Nach erfolgtem Durchbruch wird ein schraubenartiger, sogenannter krestaler Sinuselevator eingeschraubt, der innen hohl ist und außen an der der Mundhöhle zugewandten Seite einen Schlauchanschluss aufweist (Abb. 7).



Abb. 7

An diesen wird eine mit steriler Kochsalzlösung gefüllte Spritze angeschlossen, mit der die weitere hydraulische Anhebung der Kieferhöhlenschleimhaut erfolgt. Um eine sichere Fixierung des krestalen Sinuselevators zu gewährleisten, wird für gewöhnlich eine Restknochenhöhe von mindestens 3 - 4 mm vorausgesetzt. Der Hersteller empfiehlt ein langsames, luftblasenfreies Einbringen von 2 ml steriler Kochsalzlösung je Implantatinsertionsstelle. Die eingebrachte Lösung soll wieder abgepumpt werden oder durch ein vorsichtiges Valsalvamanöver aus dem Sinus hinausbefördert werden. Im Anschluss erfolgt die Augmentation und wenn möglich, erfolgt ebenfalls die Implantation.

Der Schwierigkeitsgrad dieser Technik ist als moderat einzustufen. Der materielle Aufwand für das Instrumentarium ist stark davon abhängig, ob bereits das passende Piezochirurgiegerät vorhanden ist. Sollte das Gerät bereits vorhanden sein, ist der Aufwand moderat, ansonsten hoch.

Auch beim Intralift-Verfahren wird die an den Sinusboden heranführende Präparation piezochirurgisch durchgeführt. Das finale Präparationsinstrument ist 2,8 mm breit, an der Spitze abgerundet und diamantiert. Anschließend wird ein Kollagenschwämmchen auf die freigelegte Kieferhöhlenschleimhaut gelegt, um eine Ruptur bei der anschließenden Mobilisierung zu vermeiden, und das trompetenförmige Instrument TKW5 zum Lösen der Schneiderschen Membran „press-fit“ eingesetzt und für fünf Sekunden betätigt. Dies soll ein Augmentationsvolumen von 2,5 ml gewährleisten (Abb. 8).

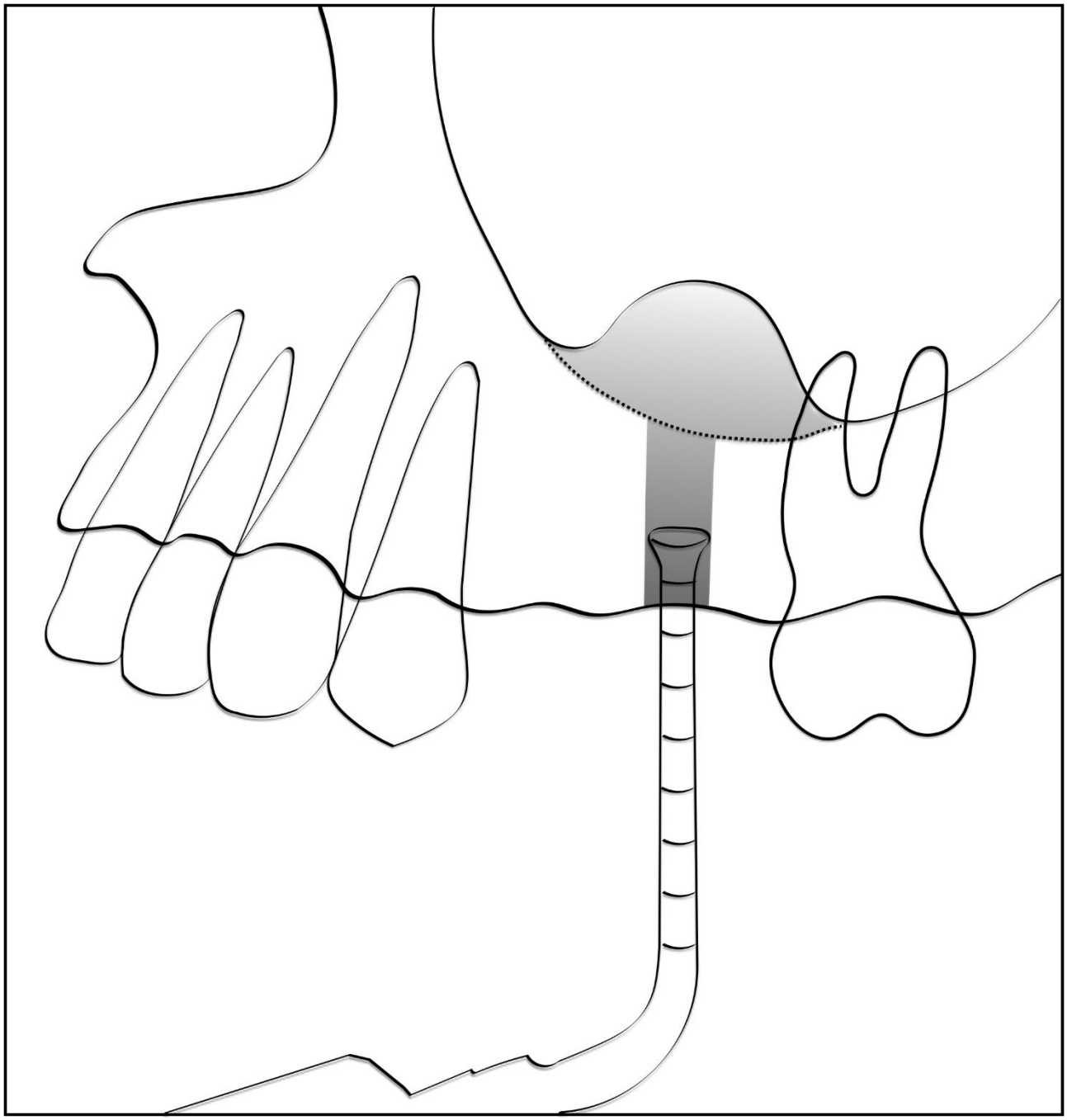


Abb. 8

Die Kontrolle der Integrität der Schleimhaut soll inspizierend oder durch ein einseitiges Valsalvamanöver erfolgen. Bei der darauffolgenden Augmentation kann bei festgepresstem Augmentationsmaterial der Aufsatz TKW5 mit niedriger Wasserzufuhr genutzt werden, um das Material in Richtung Kieferhöhle zu bewegen. Bei zu erwartender ausreichender Primärstabilität wird die einzeitige Implantatinsertion empfohlen. Der Anschaffungsaufwand der Intralifttechnik ist dem Aufwand des Physiolifts bei vorhandenen, passenden Piezochirurgiegeräten vergleichbar und ebenfalls als moderat zu bewerten. Bei gleichzeitig notwendiger Anschaffung des Piezochirurgiegerätes ist der Aufwand als hoch einzuschätzen.
Im Vergleich zu Sinutomtechniken scheinen piezochirurgische Techniken bezüglich des Patientenkomforts überlegen zu sein (Baldi, Menini, Pera, Ravera, & Pera, 2011a).

Der Gefahr der Verschleppung von Knochenersatzmaterialien bei unentdeckter Membranruptur begegnen einzelne Arbeitsgruppen durch Augmentationen mit wachstumsfaktorenangereicherten, autologen Fibrintransplantaten (Abb. 9).

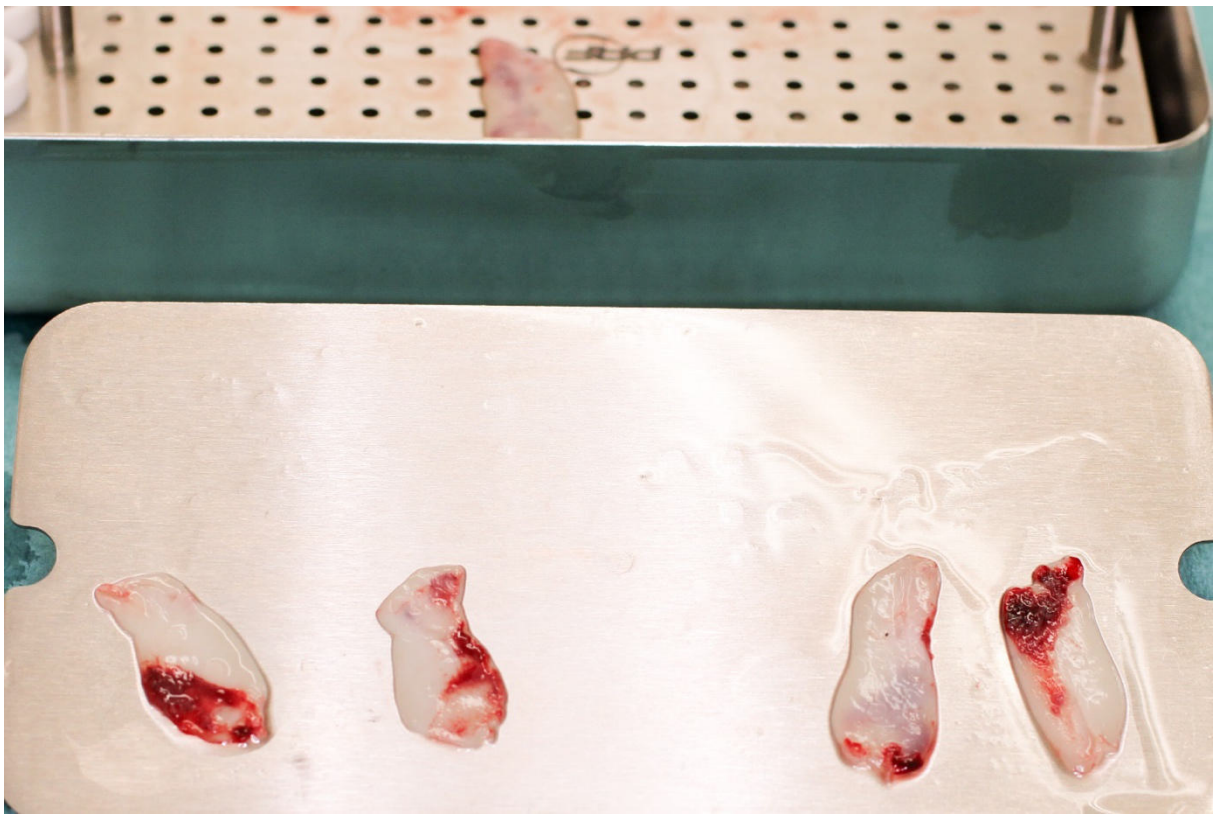


Abb. 9

Erste Veröffentlichungen geben einen Hinweis darauf, dass auch bei dieser Vorgehensweise eine Knochenneubildung sicher zu erwarten sein kann (J. M. Kim, Sohn, et al., 2014a; Tajima, Ohba, Sawase, & Asahina, 2013). Bei unentdeckter Perforation könnte eine Verschleppung von Knochenersatzmaterialien mit möglicherweise konsekutiver Sinusitis ausgeschlossen werden. Diese Vorgehensweise wäre möglicherweise auch eine sinnvolle Alternative für andere minimal-invasive Sinuslifttechniken.

Eine neuere Entwicklung kombiniert den piezochirurgisch unterstützten Sinuslift mit verschraubbaren Applikatoren, die einen inneren Kanal aufweisen, durch den ein pastöses, alloplastisches Knochenersatzmaterial eingebracht wird. Der Applikator wird nach Einbringen des pastösen Materials, mit dem die eigentliche Elevation der Sinusschleimhaut sukzessive durchgeführt wird, wieder entfernt und durch ein beliebiges Implantat ersetzt. Erste Ergebnisse dieses Systems weisen auf eine vorhersagbare und patientenfreundliche Alternative hin (Lopez, Andreasi Bassi, Confalone, & Carinci, 2014). Das System weist mit dieser Applikationstechnik und dem hydraulischen Sinuslift durch ein pastöses Knochenersatzmaterial eine starke Ähnlichkeit zum iRaise Sinus Lift System auf. Die Unterschiede sind der Ersteintritt (piezo-chirurgisch versus Osteotom) und der Applikator (zu entfernen versus als Implantat verbleibend).
Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass der piezochirurgisch unterstützte, krestale Sinuslift eine vorhersagbare, patientenschonende Behandlungsalternative zu klassischen Sinuslifttechniken zu sein scheint (J. M. Kim et al., 2012a; Wainwright et al., 2016b).

1.2.6 Techniken mit Ersteintritt unter Verwendung von Wasserdruck

Im Jahr 1995 entwickelte Dr. Leon Chen in Las Vegas die von ihm patentierte Technik des „Hydraulic Sinus Condensing™“, auch bekannt und geschützt unter dem Kürzel HSC™.

Nach einer Pilotbohrung, die etwa bis einen Millimeter an den Sinusboden heranführt, wird mit einer 2 mm diamantierten Kugel eine weiterführende konisch-geformte Osteotomie unter hohem Wasserdurchfluss mit einem chirurgischen Handstück durchgeführt, wobei mit tippenden Bewegungen nach einer minimalen Eröffnung des Kieferhöhlenbodens versucht wird, eine initiale Lösung der Schneiderschen Membran durch hohen Wasserdruck zu erreichen (Abb. 10).

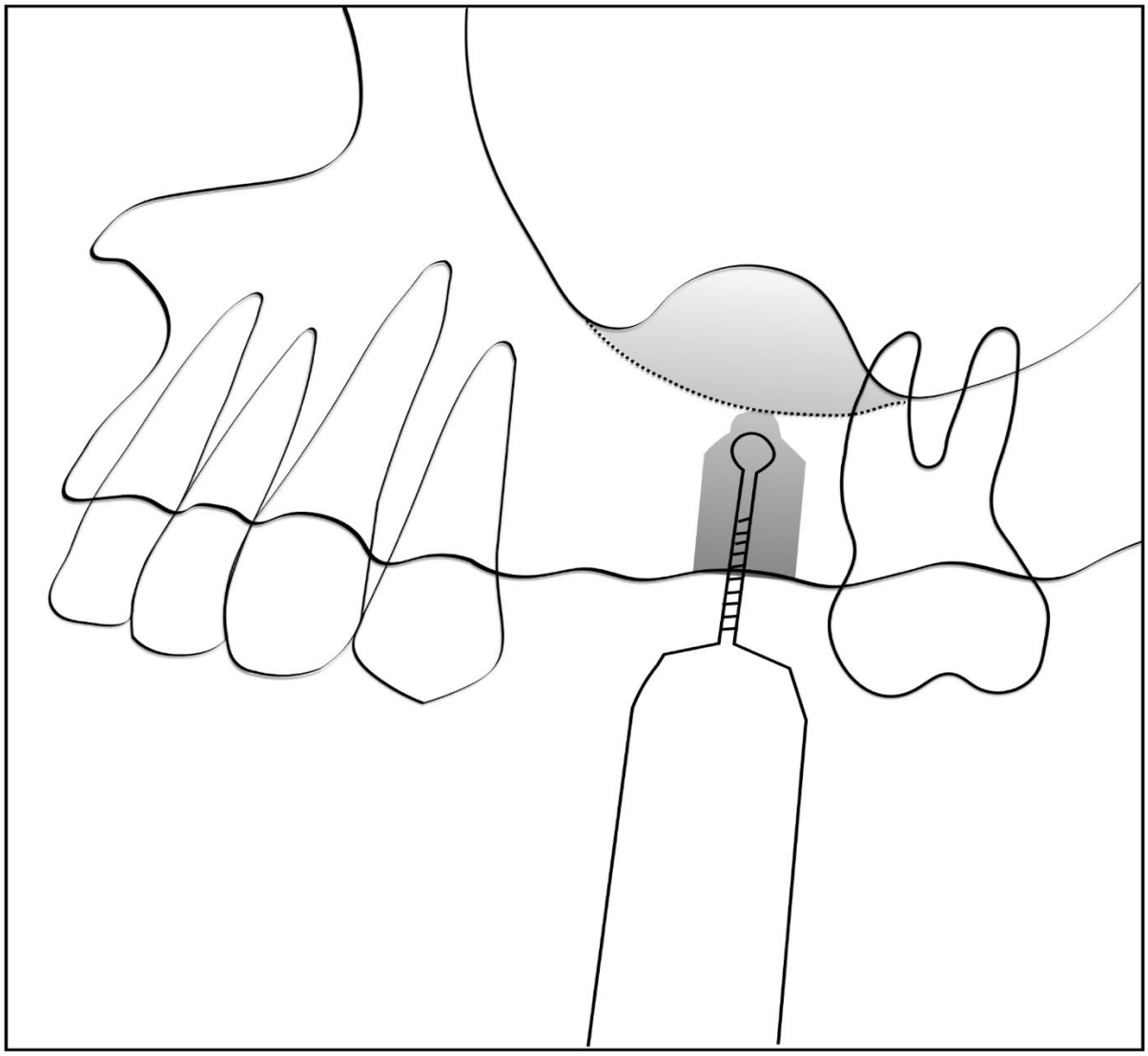


Abb.10

Die weiterführende Ablösung der Schneiderschen Membran erfolgt durch das Einbringen des Knochenersatzmateriales, das mit sinutomähnlichen Kondensatoren durch die nadellochgroße Öffnung getrieben wird. Nach Einbringen der ersten Portionen erfolgt eine implantatformgebende Bohrung, wobei zu diesem Zeitpunkt die Membran durch das bereits eingebrachte Knochenersatzmaterial geschützt wird. Nach Applikation der restlichen gewünschten Menge an Knochenersatzmaterial mit größeren Kondensatoren, erfolgen die letzten formgebenden Bohrungen. Wenn möglich, sollte die Implantation einzeitig erfolgen.

Eine 8-Jahres retrospektive Nachuntersuchung an 1.557 Implantaten bei 1.100 Patienten stellte bei Verlust von insgesamt nur 8 Implantaten eine Implanatüberlebensrate von 99,99 % dar (L. Chen & Cha, 2005a).

Das in Wien entwickelte Jeder-System basiert auf dem Prinzip, den Ersteintritt in die Kieferhöhle in einer geschlossenen Druckkammer durchzuführen. Ein gegen den Bohrstollen oder gegen die Mukosa abdichtendes Silikonkäppchen wird mit einem Haltegriff am OP-Situs platziert. Eine spezielle Fräse wird durch die Druckkammer geführt und unter konstantem Druck bohrend langsam in Richtung des Kieferhöhlenbodens bewegt (Abb. 11, Abb. 12).

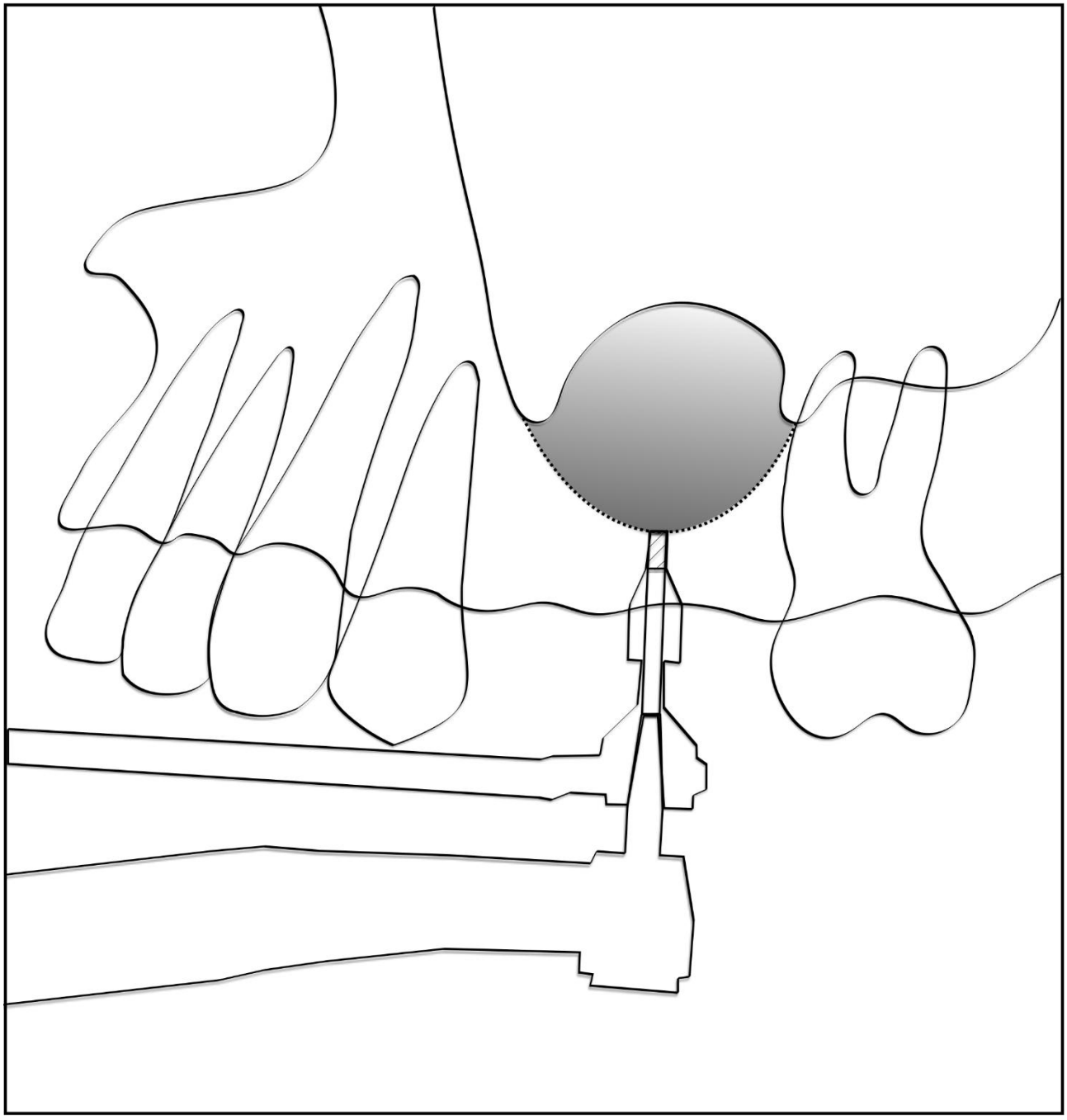


Abb. 11



Abb. 12

Eine Messeinheit stellt visuell den Druckverlauf gegen die Zeit dar. Im Moment des Ersteintritts kommt es zu einem signifikanten Druckabfall, da die Kieferhöhlenschleimhaut dem hohen Wasserdruck von 1,2 bis etwa 1,5 bar weicht. Der Druckabfall wird grafisch und akustisch dargestellt und gespeichert. Die weitere Elevation der Schleimhaut erfolgt durch fraktioniertes Pumpen von steriler Kochsalzlösung unter Applikation einer 40-Hertz-Schwingung in die Kieferhöhle bis das gewünschte Augmentationsvolumen erreicht ist. Bei noch elevierter Kieferhöhlenschleimhaut erfolgt die Erweiterung der Ersteröffnungsstelle mit einer diamantierten Kugel, die noch verbliebene Kochsalzlösung wird abgepumpt, und die Integrität der Kieferhöhlenschleimhaut visuell und mit Hilfe eines Valsalvamanövers überprüft. Bei Ausschluss einer Perforation erfolgt die Augmentation und wenn möglich einzeitig auch die Implantation. Bei Nachweis einer Perforation wird der Wechsel auf die Technik der klassischen direkten Sinusbodenaugmentation empfohlen. Im Jahr 2013 wurde die erste Follow-up-Studie mit vielversprechenden Ergebnissen veröffentlicht (Jesch et al., 2013a).

2 Fragestellung

Diese Arbeit erstellt eine Übersicht in Form eines systematischen Reviews zu minimal-invasiven Sinusbodenelevationstechniken unter Zuhilfenahme von hydraulischen oder hydrodynamischen Kräften im Vergleich zur klassischen externen Fenstertechnik nach Tatum.

Die Fragestellungen für die systematische Literaturrecherche wurden gemäß PICO-Format (Miller & Forest, 2001) folgendermaßen definiert:

Gibt es bei Patienten mit Zahnverlust im posterioren Oberkiefer und nicht ausreichendem Knochenangebot prae implantationem, bei denen ein Sinuslift durchgeführt wird, einen Unterschied zwischen der direkten Technik nach Tatum mit lateralem Fenster und Techniken, die zur Elevation der Kieferhöhlenschleimhaut hydraulische oder hydrodynamische Techniken einsetzen in Bezug auf

[…] die Implantatüberlebensrate nach 5 Jahren?

[…] die Patientenmorbidität?

[…] die geschaffene Knochenhöhe?

[…] die Komplikationsquote?

[…] die Patientenzufriedenheit?

[…] die Patientenpräferenz?

PICO-Definition:

Population: Patienten mit Zahnverlust im posterioren Oberkiefer und nicht ausreichendem Knochenangebot prae implantationem

Intervention: Sinusbodenelevation

Compare: laterale Fenstertechnik nach Tatum vs. Sinusliftverfahren unter Zuhilfenahme hydraulischer oder hydrodynamischer Kräfte

Outcome: Implantatüberlebensraten, Patientenmorbidität, Gewinn an Knochenhöhe, Komplikationsraten, Patientenzufriedenheit, Patientenpräferenz

3 Material und Methode

3.1 Systematisch Literaturrecherche

Für diese Übersichtsarbeit wurden folgende Datenbanken nach relevanten Veröffentlichungen von zwei Autoren (Andreas van Orten, Dr. Dirk Krischik, Zahnärzte Do24, Waltrop) eigenständig und unabhängig durchsucht: PubMed database, Web of Science und Google Scholar.

Unstimmigkeiten zwischen beiden Autoren während der ersten und auch zweiten Phase der Studienselektion wurden durch Diskussion gelöst.

Die zuvor genannten Datenbanken wurden mit folgendem MeSH-Terminus und folgenden freien Suchbegriffen durchsucht, eingeschlossen wurden Veröffentlichungen zwischen dem 01.01.1990 und dem 31.12.2018:

"sinus floor augmentation"[MeSH Terms] OR sinus floor augmentation[Text Word] OR (maxillary sinus augmentation OR sinus lift OR sinuslift) AND (hucsl OR hydrodynamic ultrasonic cavitation sinus lift OR intralift OR physiolift OR piezoelectric OR hydraulic OR hydrodynamic OR high pressure OR water OR jeder system OR jedersystem OR jeder-system OR raise OR hydraulic sinus condensing technique OR chen technique OR hyalift OR cas-kit OR cas kit OR las-kit OR las kit OR heise OR hydrodynamic piezoelectric internal sinus elevation OR L-shaped channel)

Darüberhinaus wurde die elektronische Datenbanksuche um eine manuelle Suche in folgenden Journalen ergänzt: Periodontology 2000, International Journal of Oral Science, Clinical Oral Implants Research, European Journal of Oral Implantology, Journal of Clinical Periodontology, Journal of Periodontology, Clinical Implant Dentistry and Related Research, International Journal of Oral and Maxillofacial Implants, International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Praktische Implantologie und Implantatprothetik, Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie, Digital Dental Magazin, Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie, Dentale Implantologie und Parodontologie, Quintessenz.

3.2 Auswahl und Studienselektion

Die Bearbeitung und Bewertung dieser systematischen Literaturübersicht orientiert sich an den PRISMA-Kriterien nach Moher et al., 2009.
In der Vorauswahlphase erfolgte eine erste Selektion nach Durchsicht der Überschriften und Abstracts.

Alle zu diesem Zeitpunkt noch in der Selektion befindlichen Arbeiten waren in englischer Sprache verfasst, so dass keine sprachabhängige Selektion erfolgen musste.

Als folgendes Einschlusskriterium wurde definiert: prospektive randomisierte kontrollierte klinische Studien (RCTs) oder nicht-randomisierte kontrollierte klinische Studien, in denen als Alternative zum externen Sinuslift mit lateralem Fenster (Tatum-Technik) eine beliebige krestale Sinuslifttechnik unter Zuhilfenahme hydraulischer oder hydrodynamischer Kräfte angewendet wird.

Aufgrund der geringen Restanzahl der verbliebenen Publikationen erfolgte keine weitere Selektion.

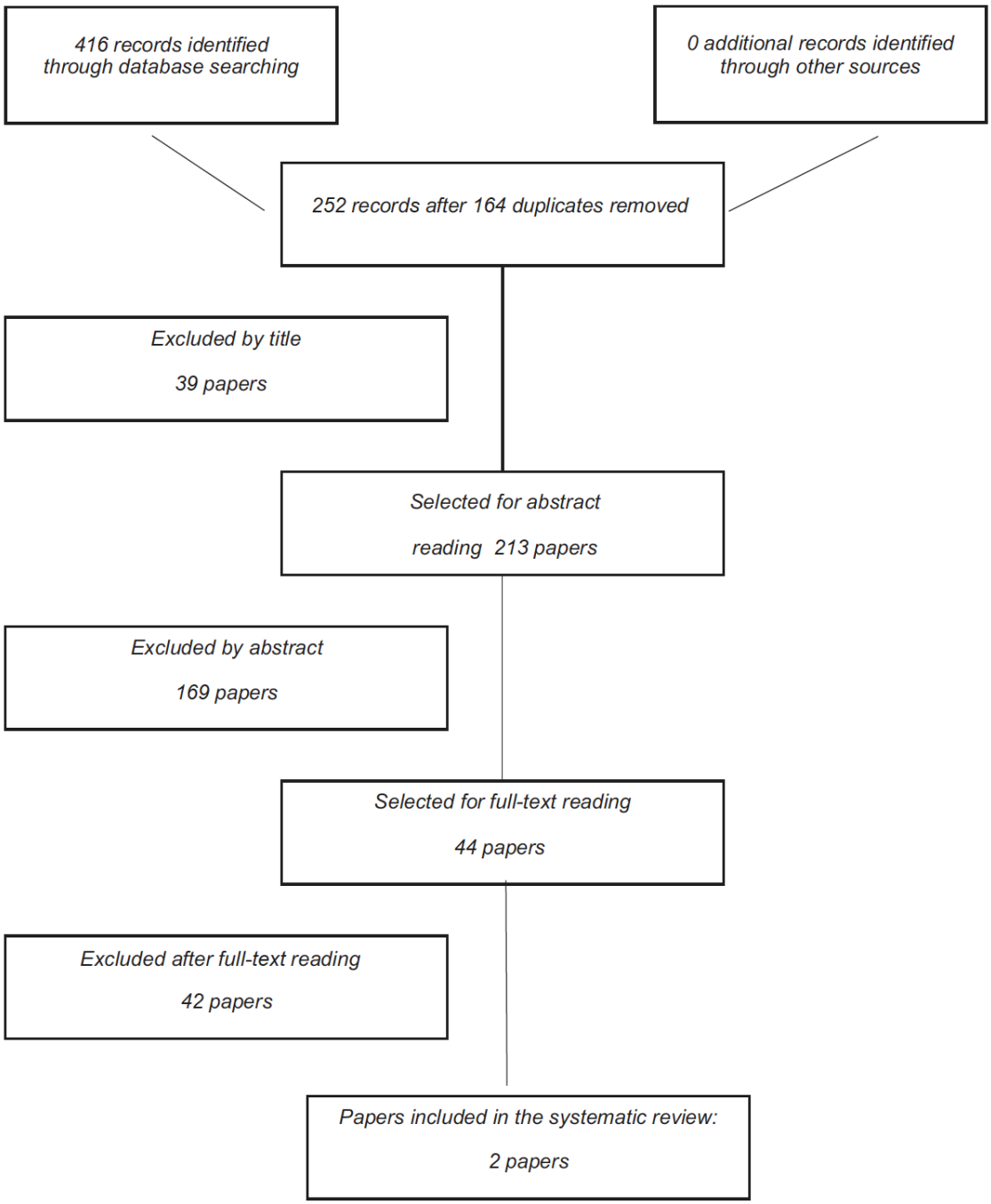


Abb. 13: Flussdiagramm Studienselektion

4 Ergebnisse

4.1 Resultate Datenbankrecherche

Die primäre Datenbankrecherche in den Medien PubMed, Web of Science und Google Scholar ergab folgende Treffer:

PubMed	173
Web of Science	175
Google Scholar	68
Gesamt	**416**

Tab.1: Anzahl der Treffer Datenbankrecherche

Unter Zuhilfenahme des Literaturverwaltungsprogrammes Endnote 9.0 erfolgte eine Identifikation von 164 Duplikaten. Im Anschluss erfolgte der Ausschluss von weiteren 39 Veröffentlichungen nach Bewertung der Titel, so dass 213 Arbeiten verblieben, von denen nach Durchsicht der Abstracts weitere 169 exkludiert wurden. 44 Arbeiten wurden in die Gruppe der Veröffentlichungen zur Volltextsuche aufgenommen, von denen die nun folgenden 42 exkludiert wurden, die Begründung des Ausschlusses erfolgt stichpunktartig in der folgenden Tabelle:

Publikation	Ausschlusskriterium
Alsabbagh et al., 2017	Tierkadaverstudie, Osteotom, Ballon, CAS-Kit
Andreasi Bassi et al., 2016	Fallserie, keine Kontrolle, Hydraulic Sinus Lift (HySi-Lift)
Andreasi Bassi et al., 2015	Fallserie, keine Kontrolle, Hydraulic Sinus Lift (HySi-Lift)
Andreasi Bassi et al., 2017	Fallserie, keine Kontrolle, Hydraulic Sinus Lift (HySi-Lift)
Bensaha, 2012	Retrospektive Fallserie, keine Kontrolle, Hohlschraubensystem mit Konnektor für Spritze
Better et al., 2018	CCT, iRaise-Implantat, Kontrolle nicht externer Lift
Better et al., 2014	Fallserie, keine Kontrolle, iRaise-Implantat
Bruckmoser et al, 2018	Retrospektive Fallserie, Jeder-System
Carreno et al., 2016	Systematisches Review
Catros et al., 2015	Humankadaverstudie, Osteotom, Intralift
Chen & Cha, 2005	Retrospektive Fallserie, Hydraulic Sinus Condensing Technique
Chen et al., 2017	CCT, Membranelevation erfolgte mechanisch mit Elevator
Cho et al., 2017	Tierkadaverstudie, CAS-Kit, Verteilungsmuster des Elevationsvolumens
Gatti et al., 2018	Fallserie, CAS-Kit
Jesch et al., 2013	Fallserie, Jeder-System

Kao & DeHaven, 2011	Methodikvorstellung mit Einzelfallkasuistik, Hydrostatic Sinus Lift
Kher et al., 2014	Retrospektive Fallserie, Ersteintritt Osteotom, Lift mit pastösem KEM
Kim D. et al., 2012	CCT-Fallserie, keine Kontrolle, Water Lift System
Kim JM et al., 2014	Retrospektive Fallserie, HPISE + PRF-Membran
Kim JM et al., 2012	Retrospektive Fallserie, HPISE
Kim YK et al., 2013	Questionnaire (Behandlerzufriedenheit)
Kotsakis & Mazor, 2015	Methodikvorstellung mit Einzelfallkasuistik, pastöses KEM + Osteotom für Ersteintritt, Elevation mit pastösem KEM
Kuhl et al. 2016	Humankadaverstudie, split-mouth, Osteotome vs. Physiolift
Li et al., 2013	Fallserie, keine Kontrolle, Intralift
Llopet et al., 2014	Humankadaverstudie, split-mouth, Osteotome vs. Intralift
Lopez et al., 2014	Fallserie, keine Kontrolle, HySiLift
Nandal et al., 2016	Einzelfallkasuistik, CAS-Kit
Schlichting et al., 2016	Radiographische Untersuchung zur Restknochenhöhe im Bereich des posterioren Oberkiefers
Sohn et al., 2009	Methodikvorstellung, PISE-Technik
Sotirakis & Gonshor	Methodikvorstellung mit Einzelfallkasuistiken, Osteotome für Ersteintritt, Lift mit NaCl-Lsg.
Tallarico et al., 2016	Retrospektive Fallserie, iRaise-Implantat

Tallarico, Cochran et al., 2017	Fallserie, keine Kontrolle, iRaise-Implantat
Tallarico, Meloni et al. 2017	Fallserie, keine Kontrolle, iRaise-Implantat
Troedhan et al., 2012	Radiographische Untersuchungen zur Ossifikation nach Intralift
Troedhan, Kurrek et al., 2014	Humankadaverstudie, Intralift
Troedhan et al. 2013	Fallserie, keine Kontrolle, Intralift
Troedhan, Schlichting et al., 2014	RCT, primäre Implantatstabilität in Abhängigkeit des KEM
Troedhan et al., 2010	Tierkadaverstudie, Intralift
Velazquez-Cayon et al., 2012	Methodikvorstellung mit Einzelfallkasuistik, Intralift
Wainwright et al., 2016	Fallserie mit histologischen Untersuchungen, Intralift + Bego Oss
Yassin Alsabbagh et al., 2017	Tierkadaverstudie, Osteotom vs. Ballon vs. CAS-Kit
Zhen et al., 2012	Fallserie ohne Kontrolle, Ersteintritt piezochirurgisch, Membran-ablösung mechanisch

Tab. 2: ausgeschlossene Studien

4.2 Relevante Publikationen

Folgend werden die Studien angeführt, die annäherungsweise die angeführten PICO-Fragestellungen bearbeiten:

Gibt es bei Patienten mit Zahnverlust im posterioren Oberkiefer und nicht ausreichendem Knochenangebot prae implantationem, bei denen ein Sinuslift durchgeführt wird, einen Unterschied zwischen der direkten Technik nach Tatum mit lateralem Fenster und Techniken, die zur Elevation der Kieferhöhlenschleimhaut hydraulische oder hydrodynamische Techniken einsetzen im Bezug auf

[…] die Implantatüberlebensrate nach 5 Jahren?

[…] im Bezug auf die Patientenmorbidität?

[…] im Bezug auf die geschaffene Knochenhöhe?

[…] im Bezug auf die Komplikationsquote?

[…] im Bezug auf die Patientenzufriedenheit?

[…] im Bezug auf die Patientenpräferenz?

Publikation	
Bensaha, T., 2011	RCT, 50 Patienten, lSFE, tSFE mit hydraulischer Elevation
Temmermann et al., 2017	Klinische Pilotstudie, 18 Patienten, lSFE, tSFE (Osteotom), IL

Tab. 3: eingeschlossene Studien

Ziel der Untersuchung von Bensaha aus dem Jahr 2011 war die Überprüfung der Eignung eines neuen Sinusliftsystems. Je 25 Patienten wurden in die Kontrollgruppe (lateraler Sinuslift mit piezochirurgischer “trap door”- Präparation) und in die Testgruppe randomisiert. Der Zugang zum Kieferhöhlenboden in der Testgruppe erfolgte sowohl lappenlos als auch mit Bildung von Trapezlappen. Die Implantatbettpräparation wurde mit einem trepanförmigen piezochirurgischen Instrument durchgeführt. Für den Ersteintritt in die Kieferhöhle wählte der Autor ein kugelförmiges piezochirurgisches Instrument. Unter Zuhilfenahme von intraossären Hohlschrauben und einem passenden Konnektor mit Schlauchanschluss, die von Bensaha selbst entwickelt worden waren, erfolgte die Ablösung der Schneiderschen Membran von der basalen knöchernen Unterlage durch das Einspritzen einer Metronidazollösung zwischen die Kieferhöhlenschleimhaut und den basalen knöchernen Kieferhöhlenboden. Dieser Vorgang wurde vom Autor als Hydrodissektion bezeichnet, eine Begrifflichkeit, die zuvor in der Neuro- und Kataraktchirurgie beschrieben wurde. Die Überprüfung der Integrität der Schneiderschen Membran erfolgte durch mehrfaches Wiederholen des Valsalva-Manövers. In beiden Gruppen erfolgte die Platzierung von PRF-Membranen, die nach dem Choukroun-Protokoll hergestellt wurden, auf die elevierte Kieferhöhlenschleimhaut, als Knochenersatzmaterial wurde ein biphasisches ß-Tricalciumphosphat (MBCP, Biomatlante Inc., Frankreich) in die Kieferhöhlen eingebracht. In allen Fällen wurden einzeitige konsekutive Implantationsverfahren angeschlossen, bei denen insgesamt 64 Implantate inseriert wurden. Im Folgenden wurden für beide Verfahren diese Komplikationen korreliert: Membranperforationen, Hämatome und Infektionen. Bei der krestalen Infiltrationstechnik traten überhaupt keine Komplikationen auf, während bei der Kontrollgruppe mit der lateralen Fenstertechnik 3 Hämatome (12 %, p=0,11) und 6 Membranperforationen (24 %, p=0,01) auf den Plan traten.

Die klinische Pilotstudie Temmermanns et al. aus dem Jahr 2017 wurde in erster Linie konzipiert, um Volumenveränderungen sowohl der Schneiderschen Membran als auch des Augmentatvolumens nachfolgenden Sinusbodenelevationsverfahren zu untersuchen: laterale Fenstertechnik (“trap door”), osteotombasierte krestale Technik (Summers) und der Intralift-Technik. Insgesamt 18 Patienten mit der Indikation zum beidseitigen Sinuslift wurden randomisiert, wobei Operationsstellen mit einer einer residualen Knochenhöhe von ≥ 4 mm in alle drei Gruppen randomisiert wurden, währenddessen Operationsstellen mit einem Restknochenangebot < 4 mm nur in die

Gruppe der lateralen Fenstertechnik oder des Intralifts randomisiert wurden. Insgesamt wurden somit 36 Sinusbodenelevationen durchgeführt, von denen 13 mit lateraler Fenstertechnik, 8 mit osteotombasierter krestaler Technik nach Summers und 15 nach dem Intraliftverfahren durchgeführt wurden. 21 Implantate wurden einzeitig nach den Sinusbodenelevationen inseriert, 38 weitere Implantate wurden nach einer Einheilphase von 6 Monaten inseriert. Als Augmentationsmaterial wurde ein DBBM (BioOss, Geistlich, Schweiz) und L-PRF-Membranen nach Choukroun verwendet, die miteinander vermischt wurden. Die Mischung betrug 60/40 in den Techniken lSFE und tSFE, sowie 40/60 bei der Intralift-Technik. Bei den Sinusbodenelevationen nach der lateralen Fenstertechnik kam es zu zwei Perforationen (15,4%), die beide mit L-PRF-Membranen versorgt wurden, während es bei der Intralift-Technik zu keinerlei Komplikationen kam. Die Reduktion des Graftvolumens korrelierte nicht mit der Schwellung der Schneiderschen Membran, was als Arbeitshypothese dieser Studie erwartet wurde (die Schrumpfung zwischen Tag 7 und Tag 42 war am größten bei der Intralift-Technik, während die Schwellung der Schneiderschen Membran bei der lSFE am stärksten gewesen ist). Die absoluten Graft-Volumina variierten deutlich, wobei das Volumen nach einer lSFE zum Zeitpunkt 42 Tage post-operativ mit durchschnittlich 2,14 cm^3 am größten, gefolgt von 1,17 cm^3 bei der Intralift-Technik und am geringsten bei der tSFE mit 0,49 cm^3 gewesen ist, wobei der Autor in der Diskussion dem IL-Verfahren die Kapabilität für weitaus größere Volumina zuspricht.
Interessant aus Sicht der Fragestellung dieses Reviews sind die sekundären Ergebnisse dieser Studie, die unter Zuhilfenahme von McGill-Schmerzfragebögen und visuellen Analogskalen die patientenbezogenen Schmerzsensationen in Form eines Tagebuches und subjektiv empfundenen Schwellungszustände in den ersten sieben Tagen dokumentierten. In Bezug auf die subjektiv wahrgenommene Schwellung gab es in den ersten beiden Tagen keinen Unterschied zwischen den drei Techniken, ab dem dritten Tag konnte ein signifikanter Unterschied zu Gunsten der beiden krestalen Techniken dargestellt werden. Bezogen auf die Schmerzsensationen konnte folgender Trend beobachtet werden: in der frühen Wundheilung sind die Schmerzempfindungen nach der tSFE am größten und, über die gesamte Beobachtungszeit betrachtet, sind die Schmerzempfindungen nach Anwendung der Intralift-Technik am geringsten, wie in der folgenden Abbildung 13 (entnommen aus der Veröffentlichung) dargestellt wird:

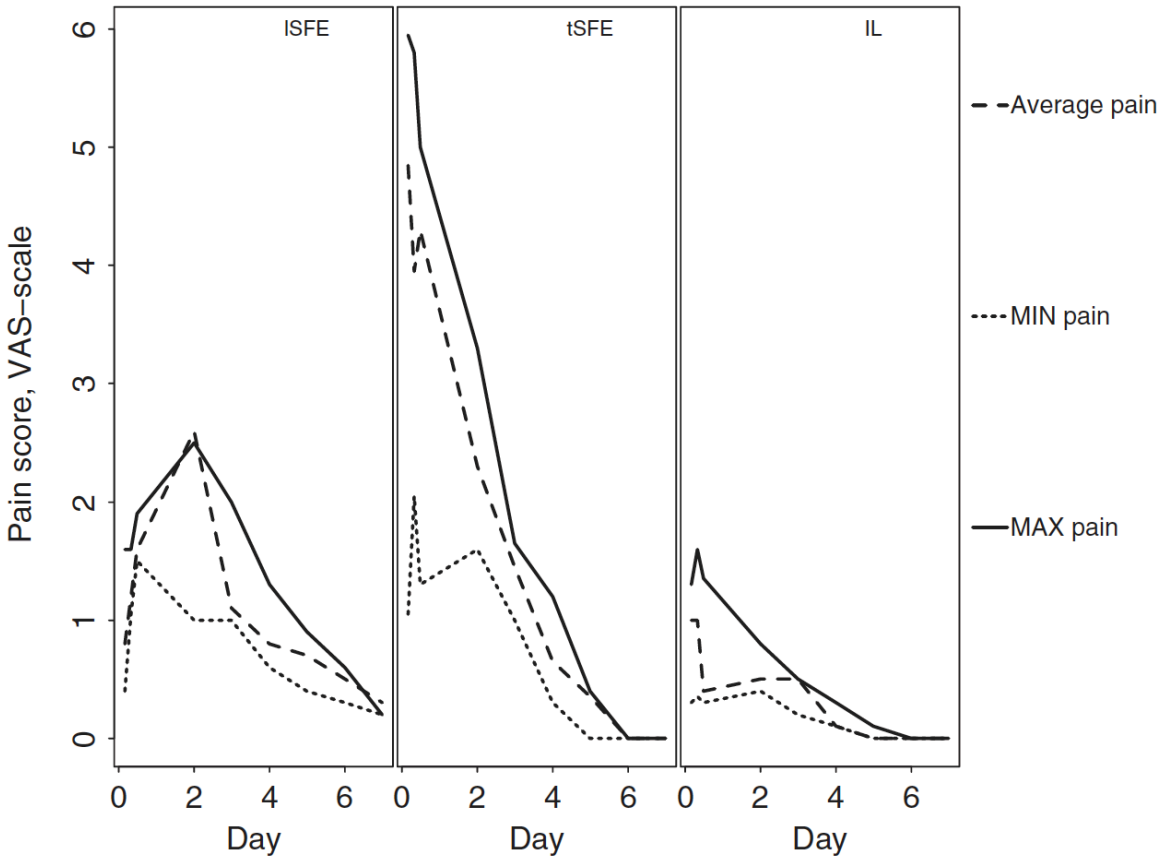

lSFE
tSFE
IL
Pain score, VAS–scale
0
1
2
3
4
5
6
0
2
4
6
Day
Average pain
MIN pain
MAX pain

Abb. 13

5 Diskussion

Die Sinusbodenelevation ist eine weit verbreitete und praktikable chirurgische Technik, um ein primär unzureichendes Knochenangebot für eine klassische Insertion dentaler Implantate im posterioren Oberkiefer zu verbessern, die in ihren klassischen Vorgehensweisen sehr gut dokumentiert und vorhersagbar ist (Pjetursson, Tan, Zwahlen, & Lang, 2008; Tan et al., 2008). Sie steht in Konkurrenz zu anderen prothetischen Lösungen, die keiner chirurgischen Intervention bedürfen und zu andersartigen chirurgischen Techniken wie zum Beispiel Auflagerungsaugmentationen (C. Schmitt et al., 2014), aber auch zu alternativen Implantationskonzepten wie den Zygoma-Implantaten (Esposito et al., 2018) oder auch den „short implants“ (Lorenz, Blume, Korzinskas, Ghanaati, & Sader, 2019) sowie der Angulation von konventionellen Implantaten (Asawa, Bulbule, Kakade, & Shah, 2015).

Die grundsätzliche Vorgehensweise der Sinusbodenelevation besteht in der Schaffung eines Zuganges zur Sinusmukosa, im Folgenden auch „Ersteintritt“ genannt. Diesem folgt die Ablösung der Sinusmukosa, um einen Raum darstellen zu können, der bei nach kranial elevierter Schleimhaut Platz für eine de-novo-Knochenbildung bietet (A. Troedhan, Kurrek, & Wainwright, 2012).

Der chirurgische Zugang kann klassischerweise von lateral mit der Präparation eines Fensters gewählt werden (Boyne & James, 1980). Dieses wird im Wesentlichen entweder mit rotierenden Instrumenten, meistens Rosenbohrern, Lindemann-Fräsen oder diamantierten Kugeln präpariert oder unter Einsatz von piezochirurgischen Instrumenten (Angelo & Mahmoud, 2016) dargestellt, um unter direkter Sicht die Ablösung der Kieferhöhlenschleimhaut vornehmen zu können. Die Langzeitergebnisse und die Vorhersagbarkeit dieses Verfahrens sind sehr gut in der Literatur dokumentiert (Raghoebar, Onclin, Boven, Vissink, & Meijer, 2019). Die Vorteile dieser Technik liegen in der direkten Sicht auf das OP-Feld und in der Möglichkeit, Komplikationen wie Blutungen und Membranperforationen unter Sicht versorgen zu können, aber auch in der Möglichkeit, große Volumina augmentieren zu können. Folgt man den aktuellen Empfehlung der ITI-Gruppe ist das Verfahren der Wahl bei einer residualen Knochenhöhe von ≤ 5 mm die laterale Fenstertechnik (Katsuyama, 2011). Der Zugang durch minimal-invasive Zugänge von lateral ist durch den Einsatz spezieller rotierender Instrumente in den letzten Jahren ebenfalls möglich geworden (Gatti et al., 2018), muss

aber, wenn man diese Technik im Detail betrachtet, bei der Bewertung von Vor- und Nachteilen eher den minimal-invasiven Techniken zugeordnet werden. Bezüglich der chirurgischen Technik ist es erwähnenswert, den Umgang mit dem lateralen Knochenfenster weiter zu differenzieren. Sowohl die Entfernung des Fensters durch Osteotomie als auch die Rotation nach craniomedial im Sinne einer „trap door technique“ als auch die Entnahme nach Präparation mit ultrafeinen piezochirurgischen Instrumenten und das Zurücksetzen nach Augmentation ist möglich (Sohn, Moon, Moon, Cho, & Kang, 2010). Sowohl bei Anwendung der „trap door technique“ als auch bei der Entfernung des knöchernen Fensters scheint der Einsatz von Membranen zur Abdeckung des Fensters deutliche Vorteile in Bezug auf das neugebildete Knochenvolumen als auch auf die Häufigkeit des Auftretens von Komplikationen wie zum Beispiel Dislokation des Augmentates zu bieten (Ohayon, Taschieri, Friedmann, & Del Fabbro, 2018). Als Nachteil der lateralen Fenstertechnik werden die im Vergleich zu anderen Verfahren möglicherweise erhöhte Operationsdauer (aktuell Gegenstand laufender Untersuchungen des Autors), die erhöhte Invasivität (Jesch et al., 2013b; Schiegnitz et al., 2017), die möglicherweise geringere Patientenakzeptanz (Gegenstand aktueller Untersuchungen des Autors) und die Notwendigkeit im Vergleich zu minimal-invasiven krestalen Techniken größere Augmentationsvolumina zur Gewährleistung eines späteren ausreichenden Knochenangebotes einzubringen (ebenfalls aktueller Gegenstand laufender Untersuchungen des Autors) genannt.

Seit vielen Jahren ist auch der Zugang von krestal in der Literatur beschrieben worden, populär wurde er besonders in der Kombination mit der Osteotomtechnik (Summers, 1994). Der Vorteil des Zuganges von krestal liegt in vielen Fällen darin begründet, dass dieser durch den Implantatstollen erfolgt und somit keinen zusätzlichen Zugang benötigt, was für gewöhnlich mit einer geringeren Invasivität, einer höheren Patientenakzeptanz und einer gesteigerten mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität assoziiert wird (Schiegnitz et al., 2017). Nichtdestotrotz sollte der Chirurg ein hohes Maß an Erfahrung mit der Präparation von lateralen Fenstern aufweisen, um mögliche Komplikationen meistern zu können (Becker et al., 2008). Klassischerweise wird die von krestal durchgeführte Sinusbodenelevation einzeitig und simultan mit der Implantation durchgeführt bei einer Mindestrestknochenhöhe von > 5 mm (Misch, 1987). Zu Beginn des Jahrtausend wurden von verschiedenen Gruppen Modifikationen der Technik in Kombination mit der Präparation von ortsständigen Knochenkernen beschrieben (Fugazzotto, 2001; Soltan & Smiler, 2004). In der neueren Literatur werden über die

Konsensusempfehlungen weit hinausgehende Sinusbodenelevationen unter Zuhilfenahme der krestalen Osteotomtechnik bei deutlich geringerem Knochenangebot beschrieben (Nedir, Nurdin, Vazquez, Abi Najm, & Bischof, 2016), wobei der Konsensus dieser Technik im allgemeinen eine Augmentationshöhe von nur bis zu 3 mm zugesteht (Pjetursson, Rast, et al., 2009). Als weiterer Nachteil muss die seltene, aber dann lebensqualitativ doch stark einschränkende Komplikation des benignen paroxysmalen Lagerungsschwindels erwähnt werden, auch wenn dieser Zustand nur temporär besteht (Parnes & McClure, 1990; Reddy, Shivu, & Billimaga, 2015).

Neben der Osteotomtechnik in ihren Modifikationen erfolgten vor allem im Bereich der Techniken, die die Elevation der Schneiderschen Membran unter Zuhilfenahme von pneumatischen (in erster Linie ballon- und katheterassoziierten Techniken) oder hydraulischen Kräften (im Sinne einer Hydrodissektion) abzulösen vermögen, erste Veröffentlichungen nach der Jahrtausendwende. Bei diesen Techniken ist es sinnvoll zu betrachten, mit welcher Vorgehensweise der Ersteintritt in die Kieferhöhle erfolgt und welche Technik zur Lösung und Elevation der Schneiderschen Membran Anwendung findet. Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle die Modifikation einer Osteotomtechnik in Kombination mit einem Ballonlift erwähnt (Balloon Lift Control, Fa. Meisinger). Der Vertrieb der notwendigen Hardware wurde jedoch eingestellt. Nichtdestotrotz gibt es noch Arbeitsgruppen, die mit Kathetern oder ballonartigen Hilfsmitteln Elevationen vornehmen und dabei unterschiedliche Techniken für den Ersteintritt anwenden können (Dhandapani et al., 2016). Diese Techniken haben wahrscheinlich auf Grund der stark eingeschränkten Möglichkeiten zur Kontrolle der Intaktheit der Schneiderschen Membran keine sehr starke Verbreitung erfahren und Anhängerschaft gefunden.

Techniken, die entweder auf hydraulischen oder hydrodynamischen Techniken basierten, erfuhren – gemessen an der Anzahl der Veröffentlichungen der letzten 15 Jahre – eine größere Anhängerschaft (Andreasi Bassi et al., 2016; Andreasi Bassi, Lopez, Confalone, & Carinci, 2015; Andreasi Bassi, Lopez, Confalone, Lauritano, & Candotto, 2017; Better et al., 2018; Bruckmoser et al., 2018; Gellrich et al., 2007; Jesch et al., 2013b; Kher et al., 2014a; J. M. Kim, Sohn, Heo, et al., 2014; Kotsakis & Mazor, 2015; Lopez et al., 2014; Tallarico, Better, De Riu, & Meloni, 2016b; Tallarico, Cochran, et al., 2017; Tallarico, Meloni, Xhanari, Pisano, & Cochran, 2017b; Tan et al., 2008; Tepper et al., 2003; Angelo Troedhan et al., 2013; Wainwright et al., 2016a).

Eine praktikable Einteilung kann auch hier nach der Art des Ersteintritts in die Kieferhöhle erfolgen: rotierend, piezochirurgisch und sonstige Techniken, die in dieser Diskussion jedoch keine weitere Betrachtung erfahren sollen, da sie nahezu in keinerlei weiterführenden Untersuchungen betrachtet wurden.

Die Techniken mit rotierenden Instrumenten nutzen entweder konventionelle, meist runde Schleifkörper oder Fräsen im Sinne von Rosenbohrern. Bereits 2003 stellte Chen die HSC-Technik („hydraulic sinus condensing“) vor und veröffentlichte im Jahr 2005 eine retrospektive 8-Jahresstudie mit 1.100 Patienten, die zusammen 1.557 Implantate erhielten (C. L. Chen, 2003; L. Chen & Cha, 2005b; L. Chen, Cha, & Chen, 2009). Lediglich 8 Implantate gingen verloren, was somit einer Implantatüberlebensrate von 99,99 % entspricht. Chen präpariert mit dem chirurgischen Handstück und diamantierten Kugeln für gewöhnlich einen 3 mm breiten Stollen, den er auf den letzten Millimetern auf 2 mm Breite verjüngt. Durch eine tupfende Bewegung bei gleichzeitig hoher Kochsalzlösungberieselung eröffnet er den Kieferhöhlenboden und übt mit der Kühllösung hydraulischen Druck auf die Kieferhöhlenschleimhaut aus, um diese zu lösen. Im Anschluss bringt Chen ein xenogenes Knochenersatzmaterial ein, um die Schleimhaut etwas zu elevieren, bevor er die finale Osteotomie für das Implantat durchführt und weiteres Knochenersatzmaterial einbringt. Die Vorteile dieser Technik liegen in einem hohen Maß an der Minimalinvasivität und der fehlenden Erfordernis, spezielles Instrumentarium bereitzuhalten, da lediglich ein Kondenser zum Einbringen des Knochenersatzmateriales benötigt wird. Die Nachteile dieser Technik liegen wahrscheinlich in der Notwendigkeit, dass ein sehr hohes Maß an Behandlerfertigkeiten und -talenten vorhanden sein muss, um auch nur näherungsweise einen vergleichbaren Behandlungserfolg aufweisen zu können, da sowohl der Ersteintritt, als auch die Elevation und Augmentation „blind“ erfolgen und jeder dieser Arbeitsschritte ein nicht unerhebliches Maß an Komplikationen aufweisen kann.

Als Weiterentwicklung und Vereinfachung dieser grundsätzlichen Arbeitsweise können Verfahren betrachtet werden, die auf der Nutzung speziell entwickelter Fräsen und Schleifer für den Ersteintritt beruhen. Teilweise werden diese mit Stoppern kombiniert, die die Penetrationstiefe limitieren können. Häufig können Schneidgeometrien, die nicht-schneidende oder wenig-schneidende Spitzen sowie invertierte Schneidenkonfigurationen, die bei der Präparation den knöchernen Abrieb als Schutzschicht zwischen den Fräsern und der Kieferhöhlenmembran transportieren, erkannt werden. Als Beispiele seien an dieser Stelle die kommerziell erwerblichen Kits der Firma Sweden &

Martina, Due Carrare, Italien, oder das CAS- und LAS-Kit der Firma Osstem Implant Co., Seoul, Korea, genannt, die den Anwender bei der Herausforderung, einen sicheren Ersteintritt durch einen Bohrstollen zur Kieferhöhlenschleimhaut zu gewährleisten, ohne diese zu verletzen. Eine Anwenderbefragung des letzteren Systems bescheinigt eine hohe Zufriedenheit im Umgang mit dieser Technik (Y. K. Kim, Cho, & Yun, 2013a). Als Vorteile dieser Technik können die Unkompliziertheit und leichte Erlernbarkeit der Anwendung und die geringe Rüstzeit des Systems betrachtet werden, als Nachteil die Beschaffungskosten und die eingeschränkte Verifizierbarkeit der Unversehrtheit der Schneiderschen Membran nach der Penetration.

Als Besonderheit in der Betrachtung der Techniken, die den Einsatz von rotierenden Instrumenten vorsehen, kann das Jeder-System (Jeder GmbH, Wien, Österreich) betrachtet werden. Es kombiniert den Einsatz einer speziellen Bohrergeometrie mit der Anwendung einer miniaturisierten Druckkammer, aus der bei Perforation des knöchernen Kieferhöhlenbodens mit einem Druck von etwa 1-1,5 bar eine sterile, isotone Kochsalzlösung in Richtung Kieferhöhle gepumpt wird, die die Schneidersche Membran nach kranial von der Fräserspitze fortbewegen soll und diese vor iatrogenen Verletzungen schützen soll. Zu dieser Technik existieren Pilot- und retrospektive Fallserienstudien (Bruckmoser et al., 2018; Jesch et al., 2013b), die auf ein hohes Maß an Zuverlässigkeit des Systems hinweisen dürften, jedoch fehlen aktuell noch randomisierte klinische Studien (aktueller Untersuchungsgegenstand des Autors). Als Nachteile des Systems können die hohen Anschaffungskosten, die hohen Kosten der Einwegmaterialien und die Rüstzeit des Systems betrachtet werden. Als Vorteile sind die Verifizierbarkeit der Integrität der Schneiderschen Membran während und nach dem Ersteintritt durch Druckmessungen und die relative Einfachheit der Erlernung der Technik zu nennen.

Die Techniken, die den Einsatz von piezochirurgischen Instrumenten für den Ersteintritt in die Kieferhöhle favorisieren, erfreuen sich einer zunehmenden Beliebtheit, auf die aus der Anzahl der zu diesem Thema veröffentlichten Studien geschlossen werden könnte (Al-Dajani, 2016a, 2016b; Angelo & Mahmoud, 2016; Atieh, Alsabeeha, Tawse-Smith, Faggion, & Duncan, 2015; Baldi, Menini, Pera, Ravera, & Pera, 2011b; Barone et al., 2008; Bensaha, 2011, 2012; Bianchi, Badiali, Piersanti, & Marchetti, 2015; Bruckmoser et al., 2018; Camargo Filho et al., 2010; Canargiu, Mattu, Piras, & Monni, 2013; Carini, Saggese, Porcaro, & Baldoni, 2014; Cassetta et al., 2012; Cortes, Correa, & Arita, 2012; Cortes, Cortes, & Arita, 2012; Danesh-Sani, Movahed, ElChaar,

Chong Chan, & Amintavakoli, 2017; de Camargo et al., 2010; J. D. Fan et al., 2017; Z. Fan, Wang, Sun, & Wang, 2012; Franciosi, 2013; Fu, 2010; Geminiani et al., 2015; Hwang, Choi, Kim, Doh, & Park, 2012; Hwang, Jung, Lim, Cha, & Park, 2011; Jordi, Mukaddam, Lambrecht, & Kuhl, 2018; Kao & DeHaven, 2011; J. M. Kim, Sohn, et al., 2014b; J. M. Kim, Sohn, Heo, et al., 2014; J. M. Kim et al., 2012b; Kuhl et al., 2016; J. Li, K. Lee, H. Chen, & G. Ou, 2013; J. J. Li, K. Lee, H. H. Chen, & G. M. Ou, 2013; Llopet, Montaudon, Guillaud, & Ella, 2014; Magrin, Sigua-Rodriguez, Goulart, & Asprino, 2015; Mancini, Buonaccorsi, Reale, & Tedaldi, 2012; Moon et al., 2014; Pavlikova et al., 2011; Peivandi, Bugnet, Debize, Gleizal, & Dohan, 2007; Pereira, Gealh, Meorin-Nogueira, Garcia-Junior, & Okamoto, 2014; Petruzzi, Ceccarelli, Testori, & Grassi, 2012; Seoane et al., 2013; Siervo, Ruggli-Milic, Radici, Siervo, & Jager, 2004; Sohn, Kim, et al., 2010; Sohn, Lee, Ahn, & Shin, 2008; Sohn, Lee, An, & Choi, 2009; Sohn, Moon, Lee, Choi, & Shin, 2010; Sohn et al., 2011; Sohn, Moon, Moon, et al., 2010; Stacchi et al., 2017b; Stacchi et al., 2015; Stelzle, Nkenke, Neukam, & Schlegel, 2009; Stubinger, Saldamli, Landes, & Sader, 2010; Tarquini, 2015; Toscano, Holtzclaw, & Rosen, 2010; Angelo Troedhan & Mahmoud, 2016; A. C. Troedhan, Kurrek, Wainwright, & Jank, 2010; Tu, Wang, & Yu, 2015; Ulm et al., 2017; Velazquez-Cayon et al., 2012; Vercellotti, De Paoli, & Nevins, 2001; Vercellotti & Pollack, 2006; von Arx, Fodich, Bornstein, & Jensen, 2014; Wallace & Froum, 2007; Xu, Sohn, Kim, Lee, & Moon, 2018; Zhen, Fang, Jing, & Zuolin, 2012). Ein nicht unerheblicher Teil dieser Untersuchungen befasst sich explizit mit der Thematik des minimal-invasiven krestalen Ersteintritts durch den Implantatstollen respektive den Pilotstollen (Andreasi Bassi et al., 2016; Andreasi Bassi et al., 2015; Andreasi Bassi et al., 2017; Bassi et al., 2016; Bassi, Lopez, Confalone, & Carinci, 2015; Bensaha, 2012; Better et al., 2018; Better, Slavescu, Barbu, Cochran, & Chaushu, 2014; Carreno et al., 2016; Cho, Chong, Yang, & Kang, 2017; Kao & DeHaven, 2011; Kher et al., 2014a; D. Y. Kim, Itoh, & Kang, 2012; J. M. Kim, Sohn, et al., 2014b; J. M. Kim et al., 2012b; Kuhl et al., 2016; J. Li et al., 2013; Li, Chen, & Ou, 2011; Lin et al., 2012; Lopez et al., 2014; Nandal, Ghalaut, & Nandal, 2016; Oh, An, Jeong, & Choi, 2017; Sotirakis & Gonshor, 2005; Tallarico et al., 2016b; Tallarico, Cochran, et al., 2017; Tallarico, Meloni, et al., 2017b; A. C. Troedhan et al., 2010; Tu et al., 2015; Wang, Zhao, Lin, Liu, & Wang, 2018). Als Vorteile dieser Vorgehensweise dürften die leicht erlernbare Technik, das Ausbleiben zusätzlicher Investitionen bei bereits vorhandenen Piezochi-

rurgiegeräten und die relative Sicherheit beim Ersteintritt durch die weichgewebsschonenden Eigenschaften dieser Technik gelten (Carreno et al., 2016). Die Nachteile können in der Notwendigkeit der Anschaffung hochwertiger Technik bei nicht vorhandenen Piezochirurgiegeräten, der schwerlich verifizierbaren Unversehrtheit der Kieferhöhlenschleimhaut und der nichtvorhandenen Möglichkeiten, mit Tiefenstoppern zu arbeiten, gesehen werden. In beiden ausgewählten Untersuchungen wird das Piezochirurgiegerät angewendet, um den krestalen Ersteintritt oder das laterale Fenster zu präparieren, aber auch in der zweiten Untersuchung, um die Elevation der Schleimhaut durchzuführen. Auf die unterschiedlichen Möglichkeiten, die Elevation bei den minimal-invasiven Zugängen durchzuführen, soll im folgenden näher eingegangen werden.

Die oftmals geringen Ausmaße der krestalen respektive in Ausnahmen lateralen minimal-invasiven Zugänge erschweren den Einsatz konventioneller Sinutome sehr, so dass verschiedene Strategien zur Lösung dieses Problems praktiziert werden. In Anlehnung an die klassischen Fenstertechniken wurden miniaturisierte Ausführungen klassischer Sinusschleimhautelevatoren entwickelt, die von manchen Anwendern favorisiert werden. Für den pazifischen Raum sei beispielhaft das DASK-Kit der Firma Dentium (Gyeonggi-do, Korea) genannt. Als Nachteil dieser Technik muss die eingeschränkte Beurteilungsfähigkeit der Kieferhöhlenschleimhaut im Vergleich zur klassischen lateralen Fenstertechnik in Betracht gezogen werden. Vergleichende Studien zu dieser Thematik konnten vom Autor nicht gefunden werden. Eine – gemessen an der Anzahl der Veröffentlichungen – deutlich größere Anhängerschaft hat der Einsatz hydraulischer und hydrodynamischer Kräfte gefunden, die im folgenden näher differenziert werden sollen. Es kommen zum Einsatz das sterile Kühlspray von chirurgischen Winkel- und Handstücken (C. L. Chen, 2003; L. Chen & Cha, 2005b; L. Chen et al., 2009), mit steriler Kochsalzlösung gefüllte Spritzen, teilweise mit druckkraftbegrenzenden Komponenten (Physiolift-System, Mectron, Köln) und intraossären Abdichtungselementen (ebenfalls Physiolift-System) im Sinne von temporär verbleibenden Hohlimplantaten mit Wasseranschluss (ebenfalls Physiolift-System), aber auch Abdichtungselementen gegen die Schleimhaut im Sinne von konischen Stopfenkonstruktionen mit Wasseranschluss (zum Beispiel „Hydraulic Lifter“-Element des CAS-Kits, Osstem, Seoul, Korea). Manche Anwender favorisieren den Einsatz pastöser Augmentationsmaterialien für die eigentliche Elevation, dann auch teilweise klassisch mit Osteotomen (Kher et al., 2014b) oder auch in Verbindung mit speziellen temporären

Hohlschrauben (Andreasi Bassi et al., 2016; Andreasi Bassi et al., 2015; Andreasi Bassi et al., 2017; Lopez et al., 2014) oder dauerhaft verbleibenden Spezialimplantaten, an die ein Applikationssystem angeschlossen wird (Better et al., 2018; Better et al., 2014). Das Jeder-System ergänzt die Anwendung von hydraulischer Kraftanwendung durch ein motorisches Spritzenvorschubsystem im Sinne eines Perfusors um eine mechanische Komponente, die die sterile Kochsalzlösung in eine starke Schwingung versetzt (Bruckmoser et al., 2018; Jesch et al., 2013b). Ebenfalls als hydrodynamische Schleimhautelevationstechnik kann die Intralift-Technik benannt werden, die ein spezielles trompetenförmiges piezochirurgisches Instrument druckdicht in den Präparationsstollen einbringt und die Elevation unter Zuhilfenahme der Schwingungs- und Auswurfenergie des Kühlmediums eleviert, dabei wird die Schleimhaut durch ein eingelegtes Kollagenvlies vor Spannungsspitzen geschützt (Kurrek, Wainwright, Troedhan, & Dieras, 2008; Angelo Troedhan, Kurrek, Wainwright, & Jank, 2014; Angelo Troedhan et al., 2013; Angelo Troedhan, Schlichting, Kurrek, & Wainwright, 2014; A. C. Troedhan et al., 2010; Wainwright et al., 2016a).

Die in diesem Review nach Selektion verbliebenen Veröffentlichungen untersuchen eine hydraulische Sinusschleimhautelevationstechnik, die nach Ersteintritt unter Zuhilfenahme eines piezochirurgischen Instrumentes und dann eingebrachten temporären intraossären Schrauben mit Schlauchanschlusskonnektoren verglichen wird mit der Kontrollgruppe des klassischen lateralen Lifts (Bensaha, 2011), und die Intralifttechnik, die mit der klassischen Osteotomtechnik und ebenfalls der klassischen lateralen Fenstertechnik verglichen wird (Temmerman et al., 2017).

Die erstgenannte Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die minimal-invasive Technik eine sichere und komplikationsarme Technik darstellt. Die Untersuchung unterliegt jedoch der Gefahr einer nicht unerheblichen Bias, da der Autor gleichzeitig der Entwickler der Systemkomponenten ist. Die Nachbeobachtungszeit ist kurz und die Anzahl der Patienten relativ niedrig.

Die zweitgenannte Untersuchung hat ebenfalls den Nachteil einer sehr kurzen Nachbeobachtungszeit und einer sehr geringen Fallzahl, kommt jedoch ebenfalls zu dem Ergebnis, dass eine minimal-invasive Sinusbodenelevationstechnik (Intralift) möglicherweise eine sehr komplikationsarme und unter Betrachtung der zu erwartenden Schmerzsensationen günstige Operationstechnikalternative darstellen könnte.

Im Allgemeinen muss zum aktuellen Zeitpunkt noch festgestellt werden, dass die Stu-

dienübersicht in Bezug auf hydraulische oder hydrodynamische Kräfte basierende Sinusbodenelevationstechniken vor allem in Bezug auf randomisierte, klinisch kontrollierte Studien sehr wenig untersucht worden ist. Aktuell befinden sich jedoch Studien, die diese Lücken schrittweise füllen könnten, in der Vorbereitungs- aber auch bereits in der klinischen Phase.
Die aktuell im klinischen Alltag anzutreffenden Verfahrensweisen sind heterogen, jedoch erscheint es, dass unterschiedliche Techniken den unterschiedlichen Behandlerpräferenzen und Klinik- und Praxisausstattungsmerkmalen gerecht werden könnten, ohne dass eine spezifische Technik in allen relevanten Aspekten den konkurrierenden Techniken überlegen zu sein scheint.

In Bezug auf die Fragestellung des Ersteintritts imponieren die folgenden Techniken:
a) spezielle Schleif- und Fräskörper, oftmals tiefenkontrolliert,
b) piezochirurgischer Ersteintritt,
c) Ersteintritt unter Zuhilfenahme einer Druckkammer.

Zu a) Seit der Veröffentlichung von Chen 2005, in der er retrospektiv 1.100 Patienten, die mit der von ihm vorgestellten HSC-Technik versorgt worden waren und eine über den Untersuchungszeitraum extraordinäre Implantatüberlebensrate von 99,99 % aufwiesen, ist anzunehmen, dass unter Zuhilfenahme von rotierenden Instrumenten und hydraulischen Kräften minimal-invasive krestale Sinusbodenelevationstechniken zum Erfolg führen können. Ob diese hohen Erfolgsergebnisse generell auf andere Behandlungszentren übertragbar ist, muss jedoch angezweifelt werden (Raghoebar et al., 2019), nicht nur unter Betrachtung der Kieferhöhlenchirurgie, sondern auch allein schon aufgrund der meta-analytisch zu erwartenden Implantatüberlebensraten (Howe, 2019). Aktuell hat sich unter den implantologisch tätigen Zahnärzten und Chirurgen ein globaler Markt für spezielle Bohrer- und Fräsersets etablieren können, der die Technik des Ersteintritts mit rotierenden Instrumenten unterstützt. Vorteil dieser Technik – vor allem, wenn sie durch etablierte Instrumentenkits unterstützt wird – ist die einfache Erlernbarkeit und in Kombination mit fein abgestuften Stoppern und weichgewebsschonenenden rotierenden Instrumenten, wahrscheinlich geringe Perforationsquote der Kieferhöhlenschleimhaut. Als Nachteil können die oftmals hohen Erstanschaffungskosten und die in vielen Fällen nur eingeschränkte Verifizierbarkeit der Integrität der Schneiderschen Membran betrachtet werden.

Zu b) 1997 wurde durch die Firma Mectron die Piezosurgery-Methode vorgestellt, die heutzutage einen großen Einfluss im Bereich der Knochenchirurgie nimmt. Auch im Bereich der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie gibt es mittlerweile zahlreiche etablierte Anwendungen, zu denen auch die Kieferhöhlenchirurgie gehört. In diesem Arbeitsbereich wurden klassische gängige Arbeitstechniken piezochirurgisch adaptiert, als auch neue Techniken etabliert. In dieser Arbeit soll im Speziellen auf die minimalinvasiven krestalen Sinusbodenelevationelevationstechniken hingewiesen werden. Dabei können zwei Aspekte berücksichtigt werden: der Ersteintritt und die Schleimhautelevation, die an einer später folgenden Stelle diskutiert werden soll. Durch die besonders emulierten Ultraschallvibrationen der piezochirurgischen Einheiten ist eine außergewöhnliche Schonung der Weichgewebe bei dennoch guter Knochenschneidleistung möglich. Dies hat dazu geführt, dass von vielfältigen Arbeitsgruppen der piezochirurgisch unterstützte Ersteintritt in die Kieferhöhle praktiziert wird. Exemplarisch sei an dieser Stelle auf die beiden in diesem Review schlussendlich verbliebenen Untersuchungen verwiesen. Der Vorteil des Ersteintritts unter Zuhilfenahme piezochirurgischer Techniken ist mit hoher Sicherheit den weichgewebsschonenden Eigenschaften zuzuordnen. Jedoch sollte der Anwender bei innengekühlten Instrumentenaufsätzen Vorsicht walten lassen, um keine akzidentelle und unkontrollierte vorzeitige Elevation der Schleimhaut auftreten zu lassen, wenn nach unbemerkter Eröffnung des Kieferhöhlenbodens, was vor allem beim Einsatz diamantierter konischer Instrumentenkonfigurationen auch erfahrenen Anwendern widerfahren kann, sehr schnell eine große Menge an Kühllösung in die Kieferhöhle gepumpt werden. Aus Sicht des Autors könnte ein kugelförmiges, diamantiertes Instrument das Instrument der ersten Wahl für die Präparation des letzten Millimeters sein, da mit diesem ein hohes Maß an Taktilität erhalten bleibt und eine gute Kühlung ermöglicht wird. Als Nachteile der Technik können auch an diesem Fall die oftmals nur eingeschränkte Kontrolle auf Unversehrtheit der Kieferhöhlenschleimhaut als auch die möglicherweise hohen Anschaffungskosten bei noch nicht vorhandener Geräteausstattung betrachtet werden.

Zu c) Unter allen technischen Ausstattungen, mit denen ein minimal-invasiver Ersteintritt in die Kieferhöhle dargestellt werden kann, nimmt das Jeder-System eine Sonderstellung ein, da es das einzige ist, das den Ersteintritt in Bezug auf die Unversehrtheit der Kieferhöhlenmembran sicher und reproduzierbar durch ein Monitoring in Echtzeit

darstellt. In den knöchernen Präparationsstollen oder den Weichgewebstunnel bei lappenloser Präparation wird eine Druckkammer mit konischer Abdichtungshilfe eingeführt, die bei Gewährleistung einer druckdichten Adaptation aller beteiligten Komponenten zwei Aufgaben zu erfüllen vermag: einerseits das Echtzeit-Druck-Monitoring und andererseits, dass bei kleinster Perforation des knöchernen Kieferhöhlenbodens eine sofortige Lösung der Schleimhaut stattfindet und diese durch die pulsierende Flüssigkeitssäule sofort nach kranial eleviert und bei adäquatem und langsamen Fräservorschub eine Berührung der Schleimhaut durch den Fräser sicher vermieden wird (Bruckmoser et al., 2018; Jesch et al., 2013b). Die Nachteile dieser Technik liegen in den vergleichsweise hohen Anschaffungs- und Materialkosten sowie der Rüstzeit des Systems.

Die Technik der Schleimhautelevation:

a) hydraulisch,
b) hydrodynamisch,
c) hydraulisch, vibrationsunterstützt.

Zu a) Die am häufigsten anzutreffende Technik der Elevation im Bereich der minimalinvasiven, nicht osteom-basierten Techniken ist die hydraulische Anhebung. Das Pascalsche Gesetz beschreibt, dass ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck, sich gleichmäßig im System zu jeder Seite hin verteilt. Dieses Prinzip sorgt in der Automobilindustrie dafür, dass bei Betätigung des Bremspedales bei rein hydraulischer Steuerung alle Bremsen eines Fahrzeuges gleichmäßig betätigt werden. Unter den Anwendern findet man sowohl solche, die den Einsatz von sterilen Kochsalzlösungen respektive Antibiotikalösungen oder entmineralisierten Lösungen präferieren als auch die, die bereits das Knochenersatzmaterial oder den „Spacemaker“ als Druckübermittler nutzen. Der Vorteil der ersten Gruppe liegt darin, dass bei Perforationen ein unproblematisches Material, das leicht resorbierbar, absaug- und abschnupfbar ist, akzidentell in die Kieferhöhle verschleppt wird, was bei zweiter Gruppe in den meisten Fällen nicht gewährleistet ist. Ein weiterer Vorteil bei zweizeitigem Vorgehen ist die Möglichkeit, die eingebrachte Lösung wieder hinaus zu pumpen und dabei eine Volumenkontrolle und eine Kontrolle bezüglich enthaltener Luftmengen, die auf eine Perforation hindeuten, durchführen zu können. Der Vorteil der zweiten Gruppe liegt in der verkürzten Operationszeit.

Zu b) Die Intralift-Technik verwendet zur Elevation der Kieferhöhlenschleimhaut einen trompetenförmigen piezochirurgischen Aufsatz, der einen distalen zentralen Kühlmittelausfluss aufweist. Durch Übertragung der Ultraschallwellen des piezochirurgischen Aufsatzes und der zusätzlichen Kraft, die durch die Pumpe erbracht wird, erfolgt im Idealfall eine schnelle Ablation und Elevation der Kieferhöhlenschleimhaut. Um die Schleimhaut vor Perforation zu schützen, wird das vorherige Einbringen einer Kollagenmembran vorgesehen. Das gewünschte Elevationsvolumen wird anhand der Zeitspanne des Auslösens des Piezosystems bestimmt. Die Vorteile dieser Technik liegen in der kurzen Zeitspanne, die dieses Verfahren benötigt, während die Nachteile hochwahrscheinlich darin zu sehen sind, dass eine Verifizierung der Schleimhautintegrität nicht sicher gewährleistet werden kann, sowie dass das eingebrachte Volumen in die Kieferhöhle nur arbiträr zu schätzen ist.

Zu c) Bei Nutzung des Jeder-Systems kann der Anwender das gewünschte Augmentationsvolumen in 0,2 ml Schritten mit dem Fußpedal steuern. Zusätzlich wird die Flüssigkeitssäule durch eine Mechanik in Vibration versetzt. Möglicherweise erfüllt die Vibration einen Zusatznutzen, da kleinere Vernarbungen oder Schleimhautverwachsungen gelöst werden können, jedoch reicht die aktuelle Studienlage nicht zu einer Aussage, ob diese einen Mehrnutzen bietet, aus.

In der Fragestellung bezüglich der zu bevorzugenden Knochenersatzmaterialien bzw. der Einbringung von Platzhaltern besteht in Bezug auf besonders für den minimalinvasiven Sinuslift geeigneten Materialien noch kein Konsens. Im Punkto der Anwenderfreundlichkeit und -praktikabilität sind in den letzten Jahren sehr interessante Produktentwicklungen erfolgt. In Bezug auf die kleinformatigen Zugänge haben sich einerseits pastöse, einspritzbare Augmentationsmaterialien und Platzhalter für den Anwender empfohlen: pastöse biphasische ß-Tricalciumphosphate, hochkollagenhaltige xenogene Materialien, pastöse Allografts und puttyförmige Knochenersatzmaterialien. Auch der Verzicht auf jedwedes Material oder der alleinige Einsatz von Venenblut mit und ohne Kombination mit Gelatineschwämmchen oder Kollagenkegeln wird ebenso beschrieben wie der Einsatz von PRF-Präparaten (van Orten, 2018a) oder kreuzvernetzten Hyaluronsäuren (van Orten, 2018b). Die Frage, ob eine simultane Implantation

erfolgt, spielt dabei eine große Rolle, da diese Materialien für gewöhnlich einen wesentlich höherem Volumenverlust erleiden als die dem Konsens entsprechenden, etablierten Materialien (Al-Nawas & Schiegnitz, 2014).

6 Schlussbemerkung

Häufig ist im Rahmen implantologischer Planungen im posterioren Oberkiefer ein vertikales defizitäres Knochenangebot festzustellen. Diesem kann auf unterschiedlichen Wegen begegnet werden: grundsätzlich können die Verwendung von kurzen Implantaten oder auch Zygoma-Implantaten, eine Auflagerungsplastik oder die thematisch in diesem Review behandelten verschiedenen Sinusbodenelevationstechniken eine Option darstellen. Obwohl die Verwendung kurzer Implantate zumindest mittelfristig keine nachteiligen Effekte zu haben scheint (Lorenz et al., 2019), die Anwendung von Zygoma-Implantaten sich etabliert (Esposito et al., 2018) und auch die Anwendung von aufgelagerten Transplantaten in Fällen von starker Atrophie eine Alternative darstellt (Schwartz-Arad, Ofec, Eliyahu, Ruban, & Sterer, 2016), stellt die Sinusbodenelevationstechnik in Bezug auf ihre Vorhersagbarkeit und Praktikabilität eine Standardtechnik in der dentalen Implantologie dar (Aludden, Mordenfeld, Hallman, Christensen, & Starch-Jensen, 2018; M. H. Chen & Shi, 2018; Raghoebar et al., 2019). Klassischerweise werden folgende Procedere favorisiert: ab 4-5 mm vertikaler Restknochenhöhe osteotombasierte Techniken mit Zugang von krestal und bei geringerem Knochenangebot die laterale Fenstertechnik. Beide klassischen Techniken wurden vielfältig modifiziert. Bei den krestalen Techniken erfolgten unter anderem Modifikationen des Ersteintritts in die Kieferhöhle, der unter anderem mit speziellen Bohrergeometrien oder piezochirurgisch erfolgte, sowie der Elevation der Schneiderschen Membran, die statt in der klassischen Technik knochengestielt nach einer Grünholzfraktur des Kieferhöhlenbodens neben anderen Modifikationen auch hydraulisch durchgeführt wurden (van Orten, 2018b).

Ziel dieser Arbeit ist es gewesen, eine systematische Literaturübersicht zu folgender PICO-Fragestellung zu geben: „*Gibt es bei Patienten mit Zahnverlust im posterioren Oberkiefer und nicht ausreichendem Knochenangebot prae implantationem, bei denen ein Sinuslift durchgeführt wird, einen Unterschied zwischen der direkten Technik nach Tatum mit lateralem Fenster und Techniken, die zur Elevation der Kieferhöhlenschleimhaut hydraulische oder hydrodynamische Techniken einsetzen*?“, wobei als Outcome folgende Parameter untersucht werden sollten: Implantatüberlebensraten, Patientenmorbidität, Gewinn an Knochenhöhe, Komplikationsraten, Patientenzufriedenheit und die Patientenpräferenz. Nach einer systematischen Literatursuche in drei

digitalen Datenbanken (Pubmed, Web of Science und Google Scholar) sowie einer zusätzlichen Handsuche verbliebenen nach den PRISMA-Kriterien schlussendlich zwei Publikationen, mit deren Hilfe die PICO-Fragestellungen im Ansatz bearbeitet werden sollten.

Sowohl in der Arbeit von Bensaha aus dem Jahr 2011 als auch in der Arbeit von Temmermann et al. 2017 waren die minimalinvasiven hydraulischen Sinuslifts den klassischen Verfahren in den Punkten Membranperforationen und subjektiv vom Patienten empfundene Beschwerden signifikant überlegen, jedoch waren sowohl in beiden Fällen die Probandenzahlen als auch die Nachbeobachtungsdauer zu gering, um eine allgemeingültige Aussage treffen zu können.

Aktuell gibt es darüber hinaus zwar erste retrospektive Untersuchungen und auch Fallserien, die tendenziell ebenfalls dahingehend interpretiert werden könnten, dass minimalinvasive Sinuslifttechniken den klassischen Techniken in puncto Sicherheit gleichwertig und in puncto Morbidität diesen überlegen sein könnten.

Um Evidenz bezüglich dieser Fragestellungen darstellen zu können, sind jedoch weitere klinisch randomisierte klinische Studien mit einer höheren Patientenanzahl und längeren Nachbeobachtungszeiten erforderlich. Ebenso erscheint es sinnvoll, weitere Untersuchungen zu initiieren, die sich dezidiert mit der Fragestellung besonders geeigneter Materialien bei der Sinusbodenelevation in Verbindung mit der Anwendung minimalinvasiver Zugänge auseinandersetzen.

7 Literaturverzeichnis

Aimetti, M., Massei, G., Morra, M., Cardesi, E., & Romano, F. (2008). Correlation between gingival phenotype and Schneiderian membrane thickness. *Int J Oral Maxillofac Implants, 23*(6), 1128-1132.

Akcay, H., Ulu, M., Kelebek, S., & Aladag, I. (2016). Benign Paroxysmal Positional Vertigo Following Sinus Floor Elevation in Patient with Antecedents of Vertigo. *J Maxillofac Oral Surg, 15*(Suppl 2), 351-354. doi:10.1007/s12663-016-0891-9

Al-Dajani, M. (2016a). Incidence, Risk Factors, and Complications of Schneiderian Membrane Perforation in Sinus Lift Surgery: A Meta-Analysis. *Implant Dentistry, 25*(3), 409-415. doi:10.1097/ID.0000000000000411

Al-Dajani, M. (2016b). Recent Trends in Sinus Lift Surgery and Their Clinical Implications. *Clinical Implant Dentistry and Related Research, 18*(1), 204-212. doi:10.1111/cid.12275

Al-Nawas, B., & Schiegnitz, E. (2014). Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis. *Eur J Oral Implantol, 7 Suppl 2*, S219-234.

Aludden, H., Mordenfeld, A., Hallman, M., Christensen, A. E., & Starch-Jensen, T. (2018). Osteotome-Mediated Sinus Floor Elevation With or Without a Grafting Material: A Systematic Review and Meta-analysis of Long-term Studies (>/=5-Years). *Implant Dent, 27*(4), 488-497. doi:10.1097/ID.0000000000000798

Andreasi Bassi, M., Andrisani, C., Lopez, M. A., Gaudio, R. M., Lombardo, L., & Lauritano, D. (2016). Endoscopically controlled hydraulic sinus lift in combination with rotary instruments: one-year follow-up of a case series. *J Biol Regul Homeost Agents, 30*(2 Suppl 1), 21-28.

Andreasi Bassi, M., Lopez, M. A., Confalone, L., & Carinci, F. (2015). Hydraulic sinus lift technique in future site development: clinical and histomorphometric analysis of human biopsies. *Implant Dent, 24*(1), 117-124. doi:10.1097/id.0000000000000200

Andreasi Bassi, M., Lopez, M. A., Confalone, L., Lauritano, D., & Candotto, V. (2017). Clinical and histomorphometric outcome in future site development performed with a nano-hydroxyapatite through hydraulic sinus lift technique. *Oral Implantol (Rome), 10*(4), 468-476. doi:10.11138/orl/2017.10.4.468

Angelo, T., & Mahmoud, Z. T. (2016). Is Piezoelectric Surgery the New Gold-Standard in Oral Surgery and Implantology? *Smile Dental Journal, 11*(4).

Ariji, Y., Kuroki, T., Moriguchi, S., Ariji, E., & Kanda, S. (1994). Age changes in the volume of the human maxillary sinus: a study using computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol, 23*(3), 163-168. doi:10.1259/dmfr.23.3.7835518

Asawa, N., Bulbule, N., Kakade, D., & Shah, R. (2015). Angulated implants: an alternative to bone augmentation and sinus lift procedure: systematic review. *J Clin Diagn Res, 9*(3), ZE10-13. doi:10.7860/JCDR/2015/11368.5655

Assuncao, W. G., Barao, V. A., Delben, J. A., Gomes, E. A., & Tabata, L. F. (2010). A comparison of patient satisfaction between treatment with conventional complete dentures and overdentures in the elderly: a literature review. *Gerodontology, 27*(2), 154-162. doi:10.1111/j.1741-2358.2009.00299.x

Atieh, M. A., Alsabeeha, N. H., Tawse-Smith, A., Faggion, C. M., Jr., & Duncan, W. J. (2015). Piezoelectric surgery vs rotary instruments for lateral maxillary sinus floor elevation: a systematic review and meta-analysis of intra- and postoperative complications. *Int J Oral Maxillofac Implants, 30*(6), 1262-1271. doi:10.11607/jomi.3895

Baldi, D., Menini, M., Pera, F., Ravera, G., & Pera, P. (2011a). Sinus floor elevation using osteotomes or piezoelectric surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg, 40*(5), 497-503. doi:10.1016/j.ijom.2011.01.006

Baldi, D., Menini, M., Pera, F., Ravera, G., & Pera, P. (2011b). Sinus floor elevation using osteotomes or piezoelectric surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 40*(5), 497-503. doi:10.1016/j.ijom.2011.01.006

Baldini, N., D'Elia, C., Bianco, A., Goracci, C., de Sanctis, M., & Ferrari, M. (2017). Lateral approach for sinus floor elevation: large versus small bone window - a split-mouth randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res, 28*(8), 974-981. doi:10.1111/clr.12908

Barone, A., Santini, S., Marconcini, S., Giacomelli, L., Gherlone, E., & Covani, U. (2008). Osteotomy and membrane elevation during the maxillary sinus augmentation procedure. A comparative study: piezoelectric device vs. conventional rotative instruments. *Clin Oral Implants Res, 19*(5), 511-515. doi:10.1111/j.1600-0501.2007.01498.x

Bassi, M. A., Andrisani, C., Lopez, M. A., Gaudio, R. M., Lombardo, L., & Lauritano, D. (2016). Endoscopically Controlled Hydraulic Sinus Lift in Combination with Rotary Instruments: One Year Follow-up of a Case Series. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents, 30*(2), 21-28.

Bassi, M. A., Lopez, M. A., Confalone, L., & Carinci, F. (2015). Hydraulic Sinus Lift Technique in Future Site Development: Clinical and Histomorphometric Analysis of Human Biopsies. *Implant Dentistry, 24*(1), 117-124. doi:10.1097/ID.0000000000000200

Becker, S. T., Terheyden, H., Steinriede, A., Behrens, E., Springer, I., & Wiltfang, J. (2008). Prospective observation of 41 perforations of the Schneiderian membrane during sinus floor elevation. *Clin Oral Implants Res, 19*(12), 1285-1289. doi:10.1111/j.1600-0501.2008.01612.x

Bensaha, T. (2011). Evaluation of the capability of a new water lift system to reduce the risk of Schneiderian membrane perforation during sinus elevation. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 40*(8), 815-820. doi:10.1016/j.ijom.2011.04.005

Bensaha, T. (2012). Outcomes of flapless crestal maxillary sinus elevation under hydraulic pressure. *Int J Oral Maxillofac Implants, 27*(5), 1223-1229.

Better, H., Chaushu, L., Nissan, J., Xavier, S., Tallarico, M., & Chaushu, G. (2018). The Feasibility of Flapless Approach to Sinus Augmentation Using an Implant Device Designed According to Residual Alveolar Ridge Height. *Int J Periodontics Restorative Dent, 38*(4), 601-606. doi:10.11607/prd.2950

Better, H., Slavescu, D., Barbu, H., Cochran, D. L., & Chaushu, G. (2014). Minimally Invasive Sinus Lift Implant Device: A Multicenter Safety and Efficacy Trial Preliminary Results. *Clinical Implant Dentistry and Related Research, 16*(4), 520-526. doi:10.1111/cid.12021

Bianchi, A., Badiali, G., Piersanti, L., & Marchetti, C. (2015). Computer-Assisted Piezoelectric Surgery: A Navigated Approach Toward Performance of Craniomaxillofacial Osteotomies. *Journal of Craniofacial Surgery, 26*(3), 867-872. doi:10.1097/SCS.0000000000001360

Blanton, P. L., & Biggs, N. L. (1969). Eighteen hundred years of controversy: the paranasal sinuses. *Am J Anat, 124*(2), 135-147. doi:10.1002/aja.1001240202

Boyne, P. J., & James, R. A. (1980). Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg, 38*(8), 613-616.

Bruckmoser, E., Gruber, R., Steinmassl, O., Eder, K., Watzinger, F., Bayerle-Eder, M., & Jesch, P. (2018). Crestal Sinus Floor Augmentation Using Hydraulic Pressure and Vibrations: A Retrospective Single Cohort Study. *Int J Oral Maxillofac Implants, 33*(5), 1149-1154. doi:10.11607/jomi.6478

Brunelli, G., Motroni, A., Graziano, A., D'Aquino, R., Zollino, I., & Carinci, F. (2013). Sinus lift tissue engineering using autologous pulp micro-grafts: A case report of bone density evaluation. *J Indian Soc Periodontol, 17*(5), 644-647. doi:10.4103/0972-124X.119284

Buser, D., Sennerby, L., & De Bruyn, H. (2017). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol 2000, 73*(1), 7-21. doi:10.1111/prd.12185

Butz, F., Bachle, M., Ofer, M., Marquardt, K., & Kohal, R. J. (2011). Sinus augmentation with bovine hydroxyapatite/synthetic peptide in a sodium hyaluronate carrier (PepGen P-15 Putty): a clinical investigation of different healing times. *Int J Oral Maxillofac Implants, 26*(6), 1317-1323.

Camargo Filho, G. P., Correa, L., Costa, C., Pannuti, C. M., Schmelzeisen, R., & Luz, J. G. (2010). Comparative study of two autogenous graft techniques using piezosurgery for sinus lifting. *Acta Cir Bras, 25*(6), 485-489.

Canargiu, F., Mattu, P., Piras, A., & Monni, A. (2013). Piezoelectric surgery in implantology. *Dental Cadmos, 81*(2), 102-106. doi:10.1016/S0011-8524(13)70021-7

Carini, F., Saggese, V., Porcaro, G., & Baldoni, M. (2014). Piezolelectric surgery in dentistry: a review. *Minerva Stomatol, 63*(1-2), 7-34.

Carreno, J. C., Aguilar-Salvatierra, A., Gomez-Moreno, G., Carreno, E. M. G., Lopez-Mateos, M. L. M., Perrotti, V., . . . Menendez-Nunez, M. (2016). Update of Surgical Techniques for Maxillary Sinus Augmentation: A Systematic Literature Review. *Implant Dentistry, 25*(6), 839-844. doi:10.1097/ID.0000000000000467

Cassetta, M., Ricci, L., Iezzi, G., Calasso, S., Piattelli, A., & Perrotti, V. (2012). Use of piezosurgery during maxillary sinus elevation: clinical results of 40 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent, 32*(6), e182-188.

Chanavaz, M. (1990). Maxillary sinus: anatomy, physiology, surgery, and bone grafting related to implantology--eleven years of surgical experience (1979-1990). *J Oral Implantol, 16*(3), 199-209.

Chen, C. L. (2003). Hydraulic sinus lift with sinus condensers. Interview. *Dent Implantol Update, 14*(3), 17-23.

Chen, L., & Cha, J. (2005a). An 8-year retrospective study: 1,100 patients receiving 1,557 implants using the minimally invasive hydraulic sinus condensing technique. *J Periodontol, 76*(3), 482-491. doi:10.1902/jop.2005.76.3.482

Chen, L., & Cha, J. (2005b). An 8-year retrospective study: 1,100 patients receiving 1,557 implants using the minimally invasive hydraulic sinus condensing technique. *Journal of Periodontology, 76*(3), 482-491. doi:10.1902/jop.2005.76.3.482

Chen, L., Cha, J., & Chen, H. C. (2009). Two different clinical indications using hydraulic sinus condensing (HSC) technique: ten years follow-up. *Dent Implantol Update, 20*(5), 33-38.

Chen, M. H., & Shi, J. Y. (2018). Clinical and Radiological Outcomes of Implants in Osteotome Sinus Floor Elevation with and without Grafting: A Systematic Review and a Meta-Analysis. *J Prosthodont, 27*(5), 394-401. doi:10.1111/jopr.12576

Chen, S. T., Beagle, J., Jensen, S. S., Chiapasco, M., & Darby, I. (2009). Consensus statements and recommended clinical procedures regarding surgical techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants, 24 Suppl*, 272-278.

Chen, T. W., Chang, H. S., Leung, K. W., Lai, Y. L., & Kao, S. Y. (2007). Implant placement immediately after the lateral approach of the trap door window procedure to create a maxillary sinus lift without bone grafting: a 2-year retrospective evaluation of 47 implants in 33 patients. *J Oral Maxillofac Surg, 65*(11), 2324-2328. doi:10.1016/j.joms.2007.06.649

Cho, Y. S., Chong, D., Yang, S. M., & Kang, B. (2017). Hydraulic Transcrestal Sinus Lift: Different Patterns of Elevation in Pig Sinuses. *Implant Dentistry, 26*(5), 706-710. doi:10.1097/ID.0000000000000608

Cortes, A. R., Correa, L., & Arita, E. S. (2012). Evaluation of a maxillary sinus floor augmentation in the presence of a large antral pseudocyst. *J Craniofac Surg, 23*(6), e535-537. doi:10.1097/SCS.0b013e31825aaff8

Cortes, A. R., Cortes, D. N., & Arita, E. S. (2012). Effectiveness of piezoelectric surgery in preparing the lateral window for maxillary sinus augmentation in patients with sinus anatomical variations: a case series. *Int J Oral Maxillofac Implants, 27*(5), 1211-1215.

Cosci, F., & Luccioli, M. (2000). A new sinus lift technique in conjunction with placement of 265 implants: a 6-year retrospective study. *Implant Dent, 9*(4), 363-368.

Cossellu, G., Farronato, G., Farronato, D., Ceschel, G., & Angiero, F. (2017). Space-maintaining management in maxillary sinus lifting: a novel technique using a resorbable polymeric thermo-reversible gel. *Int J Oral Maxillofac Surg, 46*(5), 648-654. doi:10.1016/j.ijom.2017.01.013

Crespi, R., Cappare, P., & Gherlone, E. (2012). Sinus floor elevation by osteotome: hand mallet versus electric mallet. A prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants, 27*(5), 1144-1150.

Crespi, R., Cappare, P., & Gherlone, E. (2013). Electrical mallet provides essential advantages in maxillary bone condensing. A prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res, 15*(6), 874-882. doi:10.1111/j.1708-8208.2011.00432.x

Crespi, R., Cappare, P., & Gherlone, E. (2014). A comparison of manual and electrical mallet in maxillary bone condensing for immediately loaded implants: a randomized study. *Clin Implant Dent Relat Res, 16*(3), 374-382. doi:10.1111/j.1708-8208.2012.00485.x

Crespi, R., Cappare, P., & Gherlone, E. F. (2013). Electrical mallet in implants placed in fresh extraction sockets with simultaneous osteotome sinus floor elevation. *Int J Oral Maxillofac Implants, 28*(3), 869-874. doi:10.11607/jomi.2679

Danesh-Sani, S. A., Engebretson, S. P., & Janal, M. N. (2017). Histomorphometric results of different grafting materials and effect of healing time on bone maturation after sinus floor augmentation: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontal Res, 52*(3), 301-312. doi:10.1111/jre.12402

Danesh-Sani, S. A., Movahed, A., ElChaar, E. S., Chong Chan, K., & Amintavakoli, N. (2017). Radiographic Evaluation of Maxillary Sinus Lateral Wall and Posterior Superior Alveolar Artery Anatomy: A Cone-Beam Computed Tomographic Study. *Clin Implant Dent Relat Res, 19*(1), 151-160. doi:10.1111/cid.12426

de Camargo, G. P., Correa, L., Costa, C., Pannuti, C. M., Schmelzeisen, R., & Luz, J. G. D. (2010). Comparative study of two autogenous graft techniques using piezosurgery for sinus lifting. *Acta Cir Bras, 25*(6), 485-489. doi:10.1590/S0102-86502010000600005

De Santis, E., Lang, N. P., Ferreira, S., Rangel Garcia, I., Jr., Caneva, M., & Botticelli, D. (2017). Healing at implants installed concurrently to maxillary sinus floor elevation with Bio-Oss(R) or autologous bone grafts. A histo-morphometric study in rabbits. *Clin Oral Implants Res, 28*(5), 503-511. doi:10.1111/clr.12825

de Vicente, J. C., Hernandez-Vallejo, G., Brana-Abascal, P., & Pena, I. (2010). Maxillary sinus augmentation with autologous bone harvested from the lateral maxillary wall combined with bovine-derived hydroxyapatite: clinical and histologic observations. *Clin Oral Implants Res, 21*(4), 430-438. doi:10.1111/j.1600-0501.2009.01877.x

Dhandapani, R. B., Baskaran, S., Arun, K. V., & Kumar, T. S. (2016). Minimally invasive maxillary sinus elevation using balloon system: A case series. *J Indian Soc Periodontol, 20*(4), 468-471. doi:10.4103/0972-124X.194265

Di Girolamo, M., Napolitano, B., Arullani, C. A., Bruno, E., & Di Girolamo, S. (2005). Paroxysmal positional vertigo as a complication of osteotome sinus floor elevation. *Eur Arch Otorhinolaryngol, 262*(8), 631-633. doi:10.1007/s00405-004-0879-9

Dikicier, S., Dikicier, E., & Karacayli, U. (2012). Maxillary Sinus Augmentation and Implant Placement Using Venous Blood without Graft Material: A Case Letter. *J Oral Implantol*. doi:10.1563/AAID-JOI-D-12-00125.1

Dogan, E., Dursun, E., Tosun, E., Bilgic, E., Akman, A. C., Orhan, K., . . . Caglayan, F. (2017). Evaluation of hyaluronic matrix efficacy in sinus augmentation: a randomized-controlled histomorphometric and micro-computed tomography analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. doi:10.1016/j.ijom.2017.03.003

Drettner, B. (1980a). Pathophysiology of paranasal sinuses with clinical implications. *Clin Otolaryngol Allied Sci, 5*(4), 277-284.

Drettner, B. (1980b). The role of the nose in the functional unit of the respiratory system. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord), 101*(9-10), 447-453.

Edelmayer, M., Woletz, K., Ulm, C., Zechner, W., & Tepper, G. (2016). Patient information on treatment alternatives for missing single teeth - Systematic review. *Eur J Oral Implantol, 9 Suppl 1*, S45-57.

Elian, N., Wallace, S., Cho, S. C., Jalbout, Z. N., & Froum, S. (2005). Distribution of the maxillary artery as it relates to sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Implants, 20*(5), 784-787.

Esposito, M., Davo, R., Marti-Pages, C., Ferrer-Fuertes, A., Barausse, C., Pistilli, R., . . . Felice, P. (2018). Immediately loaded zygomatic implants vs conventional dental implants in augmented atrophic maxillae: 4 months post-loading results from a multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol, 11*(1), 11-28.

Fan, J. D., Hu, P., Li, Y. F., Wang, F. L., Dong, X. M., Liu, B., . . . Gu, X. M. (2017). Goat Model for Direct Visualizing the Effectiveness of Detaching Sinus Mucosa in Real Time During Crestal Maxillary Sinus Floor Elevation. *Journal of Oral Implantology, 43*(4), 247-253. doi:10.1563/aaid-joi-D-16-00102

Fan, Q., Chen, L., Xu, S., Han, X., & Liu, Z. (2015). [The changes of maxillary sinus membrane thickeness after maxillary sinus floor elevation surgery]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 50*(9), 531-535.

Fan, Z., Wang, F., Sun, J., & Wang, Z. L. (2012). The Use of a Piezoelectric Ultrasonic Osteotome for Internal Sinus Elevation: A Retrospective Analysis of Clinical Results. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 27*(4), 920-926.

Franciosi, F. (2013). Large caliber alveolar antral artery. Case report. *Dental Cadmos, 81*(8), 532-537.

Fu, P. Y. (2010). Piezoelectric-Assisted Osteotome-Mediated Sinus Floor Elevation: An Innovative Approach. *Implant Dentistry, 19*(4), 299-306. doi:10.1097/ID.0b013e3181e417c1

Fugazzotto, P. A. (2001). The modified trephine/osteotome sinus augmentation technique: technical considerations and discussion of indications. *Implant Dent, 10*(4), 259-264.

Fugazzotto, P. A. (2002). Immediate implant placement following a modified trephine/osteotome approach: success rates of 116 implants to 4 years in function. *Int J Oral Maxillofac Implants, 17*(1), 113-120.

Gabbert, O., Koob, A., Schmitter, M., & Rammelsberg, P. (2009). Implants placed in combination with an internal sinus lift without graft material: an analysis of short-term failure. *J Clin Periodontol, 36*(2), 177-183. doi:10.1111/j.1600-051X.2008.01357.x

Gatti, F., Gatti, C., Tallarico, M., Tommasato, G., Meloni, S. M., & Chiapasco, M. (2018). Maxillary Sinus Membrane Elevation Using a Special Drilling System and Hydraulic Pressure: A 2-Year Prospective Cohort Study. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry, 38*(4), 593-599. doi:10.11607/prd.3403

Gellrich, N. C., Held, U., Schoen, R., Pailing, T., Schramm, A., & Bormann, K. H. (2007). Alveolar zygomatic buttress: A new donor site for limited preimplant augmentation procedures. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 65*(2), 275-280. doi:10.1016/j.joms.2005.11.081

Geminiani, A., Weitz, D. S., Ercoli, C., Feng, C., Caton, J. G., & Papadimitriou, D. E. (2015). A comparative study of the incidence of Schneiderian membrane perforations during maxillary sinus augmentation with a sonic oscillating handpiece versus a conventional turbine handpiece. *Clin Implant Dent Relat Res, 17*(2), 327-334. doi:10.1111/cid.12110

Hadar, T., Yaniv, E., Shvili, Y., Koren, R., & Shvero, J. (2009). Histopathological changes of the nasal mucosa induced by smoking. *Inhal Toxicol, 21*(13), 1119-1122. doi:10.3109/08958370902767070

Haile-Selassie, Y., Latimer, B. M., Alene, M., Deino, A. L., Gibert, L., Melillo, S. M., . . . Lovejoy, C. O. (2010). An early Australopithecus afarensis postcranium from Woranso-Mille,

Ethiopia. *Proc Natl Acad Sci U S A, 107*(27), 12121-12126. doi:10.1073/pnas.1004527107

Howe, M. S. (2019). Long-term (10-year) Dental Implant Survival: A Systematic Review and Sensitivity Meta-analysis. *J Dent*. doi:10.1016/j.jdent.2019.03.008

Hu, X., Lin, Y., Metzmacher, A. R., & Zhang, Y. (2009). Sinus membrane lift using a water balloon followed by bone grafting and implant placement: a 28-case report. *Int J Prosthodont, 22*(3), 243-247.

Hwang, J. H., Choi, H. S., Kim, K. D., Doh, R. M., & Park, W. (2012). A lateral approach to the maxillary sinus for simultaneous extraction of an ankylosed maxillary molar and sinus graft: a case report. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, 38*(2), 110-115. doi:10.5125/jkaom.2011.37.2.110

Hwang, J. H., Jung, B. Y., Lim, C. S., Cha, I. H., & Park, W. (2011). Posterior Maxillary Segmental Osteotomy Concomitant With Sinus Lift Using a Piezoelectric Device. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 69*(9), 2339-2344. doi:10.1016/j.joms.2011.04.023

Jensen, S. S., & Terheyden, H. (2009). Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants, 24 Suppl*, 218-236.

Jesch, P., Bruckmoser, E., Bayerle, A., Eder, K., Bayerle-Eder, M., & Watzinger, F. (2013a). A pilot-study of a minimally invasive technique to elevate the sinus floor membrane and place graft for augmentation using high hydraulic pressure: 18-month follow-up of 20 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol, 116*(3), 293-300. doi:10.1016/j.oooo.2013.05.014

Jesch, P., Bruckmoser, E., Bayerle, A., Eder, K., Bayerle-Eder, M., & Watzinger, F. (2013b). A pilot-study of a minimally invasive technique to elevate the sinus floor membrane and place graft for augmentation using high hydraulic pressure: 18-month follow-up of 20 cases. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology, 116*(3), 293-300. doi:10.1016/j.oooo.2013.05.014

Jordi, C., Mukaddam, K., Lambrecht, J. T., & Kuhl, S. (2018). Membrane perforation rate in lateral maxillary sinus floor augmentation using conventional rotating instruments and piezoelectric device-a meta-analysis. *Int J Implant Dent, 4*. doi:10.1186/s40729-017-0114-2

Kao, D. W., & DeHaven, H. A., Jr. (2011). Controlled hydrostatic sinus elevation: a novel method of elevating the sinus membrane. *Implant Dent, 20*(6), 425-429. doi:10.1097/ID.0b013e3182365307

Katsuyama, H., Jensen SS. (2011). Sinus Floor Elevation Procedures. *Quintessence Publishing Co, Ltd*, 214 p.

Kelly, M. P., Vaughn, O. L., & Anderson, P. A. (2016). Systematic Review and Meta-Analysis of Recombinant Human Bone Morphogenetic Protein-2 in Localized Alveolar Ridge and Maxillary Sinus Augmentation. *J Oral Maxillofac Surg, 74*(5), 928-939. doi:10.1016/j.joms.2015.11.027

Kfir, E., Goldstein, M., Yerushalmi, I., Rafaelov, R., Mazor, Z., Kfir, V., & Kaluski, E. (2009). Minimally invasive antral membrane balloon elevation - results of a multicenter registry. *Clin Implant Dent Relat Res, 11 Suppl 1*, e83-91. doi:10.1111/j.1708-8208.2009.00213.x

Kher, U., Ioannou, A. L., Kumar, T., Siormpas, K., Mitsias, M. E., Mazor, Z., & Kotsakis, G. A. (2014a). A clinical and radiographic case series of implants placed with the simplified minimally invasive antral membrane elevation technique in the posterior maxilla. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 42*(8), 1942-1947. doi:10.1016/j.jcms.2014.08.005

Kher, U., Ioannou, A. L., Kumar, T., Siormpas, K., Mitsias, M. E., Mazor, Z., & Kotsakis, G. A. (2014b). A clinical and radiographic case series of implants placed with the simplified

minimally invasive antral membrane elevation technique in the posterior maxilla. *J Craniomaxillofac Surg, 42*(8), 1942-1947. doi:10.1016/j.jcms.2014.08.005

Khouly, I., Pardinas Lopez, S., Aliaga, I., & Froum, S. J. (2017). Long-Term Implant Survival After 100 Maxillary Sinus Augmentations Using Plasma Rich in Growth Factors. *Implant Dent, 26*(2), 199-208. doi:10.1097/ID.0000000000000561

Khoury, F. (1999). Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6-year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants, 14*(4), 557-564.

Kim, D. Y., Itoh, Y., & Kang, T. H. (2012). Evaluation of the Effectiveness of a Water Lift System in the Sinus Membrane-Lifting Operation as a Sinus Surgical Instrument. *Clinical Implant Dentistry and Related Research, 14*(4), 585-594. doi:10.1111/j.1708-8208.2010.00292.x

Kim, J. M., Sohn, D. S., Bae, M. S., Moon, J. W., Lee, J. H., & Park, I. S. (2014a). Flapless transcrestal sinus augmentation using hydrodynamic piezoelectric internal sinus elevation with autologous concentrated growth factors alone. *Implant Dent, 23*(2), 168-174. doi:10.1097/ID.0000000000000053

Kim, J. M., Sohn, D. S., Bae, M. S., Moon, J. W., Lee, J. H., & Park, I. S. (2014b). Flapless Transcrestal Sinus Augmentation Using Hydrodynamic Piezoelectric Internal Sinus Elevation With Autologous Concentrated Growth Factors Alone. *Implant Dentistry, 23*(2), 168-174. doi:10.1097/ID.0000000000000053

Kim, J. M., Sohn, D. S., Heo, J. U., Moon, J. W., Lee, J. H., & Park, I. S. (2014). Benefit of the Replaceable Bony Window in Lateral Maxillary Sinus Augmentation: Clinical and Histologic Study. *Implant Dentistry, 23*(3), 277-282. doi:10.1097/ID.0000000000000070

Kim, J. M., Sohn, D. S., Heo, J. U., Park, J. S., Jung, H. S., Moon, J. W., . . . Park, I. S. (2012a). Minimally invasive sinus augmentation using ultrasonic piezoelectric vibration and hydraulic pressure: a multicenter retrospective study. *Implant Dent, 21*(6), 536-542. doi:10.1097/ID.0b013e3182746c3d

Kim, J. M., Sohn, D. S., Heo, J. U., Park, J. S., Jung, H. S., Moon, J. W., . . . Park, I. S. (2012b). Minimally Invasive Sinus Augmentation Using Ultrasonic Piezoelectric Vibration and Hydraulic Pressure: A Multicenter Retrospective Study. *Implant Dentistry, 21*(6), 536-542. doi:10.1097/ID.0b013e3182746c3d

Kim, M. S., Lee, J. K., Chang, B. S., & Um, H. S. (2010). Benign paroxysmal positional vertigo as a complication of sinus floor elevation. *J Periodontal Implant Sci, 40*(2), 86-89. doi:10.5051/jpis.2010.40.2.86

Kim, Y. K., Cho, Y. S., & Yun, P. Y. (2013a). Assessment of dentists' subjective satisfaction with a newly developed device for maxillary sinus membrane elevation by the crestal approach. *Journal of Periodontal and Implant Science, 43*(6), 308-314. doi:10.5051/jpis.2013.43.6.308

Kim, Y. K., Cho, Y. S., & Yun, P. Y. (2013b). Assessment of dentists' subjective satisfaction with a newly developed device for maxillary sinus membrane elevation by the crestal approach. *J Periodontal Implant Sci, 43*(6), 308-314. doi:10.5051/jpis.2013.43.6.308

Kim, Y. K., Lee, J. Y., Park, J. W., Kim, S. G., & Oh, J. S. (2017). Sinus Membrane Elevation by the Crestal Approach Using a Novel Drilling System. *Implant Dent, 26*(3), 351-356. doi:10.1097/ID.0000000000000570

Kolerman, R., & Barnea, E. (2008). [Crestal core elevation technique--case series and literature review]. *Refuat Hapeh Vehashinayim (1993), 25*(2), 27-35, 74.

Kolerman, R., Moses, O., Artzi, Z., Barnea, E., & Tal, H. (2011). Maxillary sinus augmentation by the crestal core elevation technique. *J Periodontol, 82*(1), 41-51. doi:10.1902/jop.2010.090682

Kolerman, R., Nissan, J., Rahmanov, M., Vered, H., Cohen, O., & Tal, H. (2017). Comparison between mineralized cancellous bone allograft and an alloplast material for sinus

augmentation: A split mouth histomorphometric study. *Clin Implant Dent Relat Res*. doi:10.1111/cid.12518

Kotsakis, G. A., & Mazor, Z. (2015). A simplified approach to the minimally invasive antral membrane elevation technique utilizing a viscoelastic medium for hydraulic sinus floor elevation. *Oral and Maxillofacial Surgery-Heidelberg, 19*(1), 97-101. doi:10.1007/s10006-014-0473-2

Koymen, R., Gocmen-Mas, N., Karacayli, U., Ortakoglu, K., Ozen, T., & Yazici, A. C. (2009). Anatomic evaluation of maxillary sinus septa: surgery and radiology. *Clin Anat, 22*(5), 563-570. doi:10.1002/ca.20813

Kramer, F. J., Schliephake, H., & Wichmann, M. (1999). [Endosseous implants for functional masticatory rehabilitation in the extremely atrophied edentulous maxilla]. *Mund Kiefer Gesichtschir, 3 Suppl 1*, S19-23. doi:10.1007/PL00014509

Kuhl, S., Kirmeier, R., Platzer, S., Bianco, N., Jakse, N., & Payer, M. (2016). Transcrestal maxillary sinus augmentation: Summers' versus a piezoelectric technique--an experimental cadaver study. *Clin Oral Implants Res, 27*(1), 126-129. doi:10.1111/clr.12546

Kumlien, J. A., Schiratzki, H., & Drettner, B. (1985). Blood flow in the rabbit maxillary sinus mucosa. Measurement with a diffusible and a non-diffusible tracer. *Acta Otolaryngol, 99*(1-2), 144-153.

Kurrek, A., Wainwright, M. A., Troedhan, A., & Dieras, F. (2008). Ultrasonic tip for sinus membrane elevation. In: Google Patents.

Lambert, F., Leonard, A., Drion, P., Sourice, S., Layrolle, P., & Rompen, E. (2011). Influence of space-filling materials in subantral bone augmentation: blood clot vs. autogenous bone chips vs. bovine hydroxyapatite. *Clin Oral Implants Res, 22*(5), 538-545. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.02069.x

Lambrecht, J. T. (2004). [Intraoral piezo-surgery]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed, 114*(1), 28-36.

Li, J., Lee, K., Chen, H., & Ou, G. (2013). Piezoelectric surgery in maxillary sinus floor elevation with hydraulic pressure for xenograft and simultaneous implant placement. *J Prosthet Dent, 110*(5), 344-348. doi:10.1016/j.prosdent.2013.04.002

Li, J. J., Chen, C., & Ou, G. M. (2011). [Piezoelectric surgery in maxillary sinus floor elevation with hydraulic pressure]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 46*(5), 304-305.

Li, J. J., Lee, K., Chen, H. H., & Ou, G. M. (2013). Piezoelectric Surgery in Maxillary Sinus Floor Elevation with Hydraulic Pressure for Xenograft and Simultaneous Implant Placement. *Journal of Prosthetic Dentistry, 110*(5), 344-348.

Lin, T. H., Chen, L., Cha, J., Jeffcoat, M., Kao, D. W., Nevins, M., & Fiorellini, J. P. (2012). The effect of cigarette smoking and native bone height on dental implants placed immediately in sinuses grafted by hydraulic condensation. *Int J Periodontics Restorative Dent, 32*(3), 255-261.

Llopet, J., Montaudon, M., Guillaud, E., & Ella, B. (2014). Comparison of 2 crestal sinus floor lift techniques performed on human cadavers. *Implant Dent, 23*(5), 626-632. doi:10.1097/id.0000000000000143

Lopez, M. A., Andreasi Bassi, M., Confalone, L., & Carinci, F. (2014). Maxillary sinus floor elevation via crestal approach: the evolution of the hydraulic pressure technique. *J Craniofac Surg, 25*(2), e127-132. doi:10.1097/SCS.0000000000000457

Lorenz, J., Blume, M., Korzinskas, T., Ghanaati, S., & Sader, R. A. (2019). Short implants in the posterior maxilla to avoid sinus augmentation procedure: 5-year results from a retrospective cohort study. *Int J Implant Dent, 5*(1), 3. doi:10.1186/s40729-018-0155-1

Lyngstadaas, S. P., Verket, A., Pinholt, E. M., Mertens, C., Haanaes, H. R., Wall, G., . . . Rasmusson, L. (2015). Titanium Granules for Augmentation of the Maxillary Sinus - A Multicenter Study. *Clin Implant Dent Relat Res, 17 Suppl 2*, e594-600. doi:10.1111/cid.12291

Magrin, G. L., Sigua-Rodriguez, E. A., Goulart, D. R., & Asprino, L. (2015). Piezosurgery in bone augmentation procedures previous to dental implant surgery: a review of the literature. *The open dentistry journal, 9*, 426.

Mancini, G., Buonaccorsi, S., Reale, G., & Tedaldi, M. (2012). Application of Piezoelectric Device in Endoscopic Sinus Surgery. *Journal of Craniofacial Surgery, 23*(6), 1736-1740. doi:10.1097/SCS.0b013e318270fa16

Mardinger, O., Poliakov, H., Beitlitum, I., Nissan, J., & Chaushu, G. (2009). The patient's perception of recovery after maxillary sinus augmentation: a prospective study. *J Periodontol, 80*(4), 572-576. doi:10.1902/jop.2009.080536

Misch, C. E. (1987). Maxillary sinus augmentation for endosteal implants: organized alternative treatment plans. *Int J Oral Implantol, 4*(2), 49-58.

Moon, Y. S., Sohn, D. S., Moon, J. W., Lee, J. H., Park, I. S., & Lee, J. K. (2014). Comparative Histomorphometric Analysis of Maxillary Sinus Augmentation With Absorbable Collagen Membrane and Osteoinductive Replaceable Bony Window in Rabbits. *Implant Dentistry, 23*(1), 29-36. doi:10.1097/ID.0000000000000031

Nandal, S., Ghalaut, P., & Nandal, D. (2016). Inadequate vertical bone dimension managed by indirect sinus grafting technique and simultaneous implant placement. *Natl J Maxillofac Surg, 7*(2), 213-216. doi:10.4103/0975-5950.201355

Nedir, R., Nurdin, N., Vazquez, L., Abi Najm, S., & Bischof, M. (2016). Osteotome Sinus Floor Elevation without Grafting: A 10-Year Prospective Study. *Clin Implant Dent Relat Res, 18*(3), 609-617. doi:10.1111/cid.12331

Neiva, R. F., Gapski, R., & Wang, H. L. (2004). Morphometric analysis of implant-related anatomy in Caucasian skulls. *J Periodontol, 75*(8), 1061-1067. doi:10.1902/jop.2004.75.8.1061

Oh, J. H., An, X., Jeong, S. M., & Choi, B. H. (2017). Crestal Sinus Augmentation in the Presence of an Antral Pseudocyst. *Implant Dentistry, 26*(6), 951-955. doi:10.1097/ID.0000000000000691

Ohayon, L., Taschieri, S., Friedmann, A., & Del Fabbro, M. (2018). Bone Graft Displacement After Maxillary Sinus Floor Augmentation With or Without Covering Barrier Membrane: A Retrospective Computed Tomographic Image Evaluation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. doi:10.11607/jomi.6940

Omara, M., Abdelwahed, N., Ahmed, M., & Hindy, M. (2016). Simultaneous implant placement with ridge augmentation using an autogenous bone ring transplant. *Int J Oral Maxillofac Surg, 45*(4), 535-544. doi:10.1016/j.ijom.2015.11.001

OniSor-Gligor, F., Juncar, M., Baciu, T. G., Bran, S., Juncar, R. I., DumitraScu, D. I., & Baciu, T. M. (2015). Subantral Augmentation with a 1/1 Alloplastic and Autologous Material Mixture. Histological Characteristics and Dimensional Stability of the Newly Formed Bone. *Clujul Med, 88*(1), 69-72. doi:10.15386/cjmed-400

Pal, U. S., Sharma, N. K., Singh, R. K., Mahammad, S., Mehrotra, D., Singh, N., & Mandhyan, D. (2012). Direct vs. indirect sinus lift procedure: A comparison. *Natl J Maxillofac Surg, 3*(1), 31-37. doi:10.4103/0975-5950.102148

Pariente, L., Dada, K., & Daas, M. (2014). Mini-lateral windows for minimally invasive maxillary sinus augmentation: case series of a new technique. *Implant Dent, 23*(4), 371-377. doi:10.1097/ID.0000000000000119

Parnes, L. S., & McClure, J. A. (1990). Posterior semicircular canal occlusion for intractable benign paroxysmal positional vertigo. *Ann Otol Rhinol Laryngol, 99*(5 Pt 1), 330-334. doi:10.1177/000348949009900502

Pavlikova, G., Foltan, R., Horka, M., Hanzelka, T., Borunska, H., & Sedy, J. (2011). Piezosurgery in oral and maxillofacial surgery. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 40*(5), 451-457. doi:10.1016/j.ijom.2010.11.013

Peivandi, A., Bugnet, R., Debize, E., Gleizal, A., & Dohan, D. M. (2007). Piezoelectric osteotomy: applications in periodontal and implant surgery. *Rev Stomatol Chir Maxillofac, 108*(5), 431-440.

Penarrocha-Diago, M., Galan-Gil, S., Carrillo-Garcia, C., Penarrocha-Diago, D., & Penarrocha-Diago, M. (2012). Transcrestal sinus lift and implant placement using the sinus balloon technique. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 17*(1), e122-128.

Pereira, C. C., Gealh, W. C., Meorin-Nogueira, L., Garcia-Junior, I. R., & Okamoto, R. (2014). Piezosurgery applied to implant dentistry: clinical and biological aspects. *J Oral Implantol, 40 Spec No*, 401-408. doi:10.1563/aaid-joi-d-11-00196

Petruzzi, M., Ceccarelli, R., Testori, T., & Grassi, F. R. (2012). Sinus floor augmentation with a hydropneumatic technique: a retrospective study in 40 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent, 32*(2), 205-210.

Pjetursson, B. E., Ignjatovic, D., Matuliene, G., Bragger, U., Schmidlin, K., & Lang, N. P. (2009). Transalveolar maxillary sinus floor elevation using osteotomes with or without grafting material. Part II: Radiographic tissue remodeling. *Clin Oral Implants Res, 20*(7), 677-683. doi:10.1111/j.1600-0501.2009.01721.x

Pjetursson, B. E., & Lang, N. P. (2014). Sinus floor elevation utilizing the transalveolar approach. *Periodontol 2000, 66*(1), 59-71. doi:10.1111/prd.12043

Pjetursson, B. E., Rast, C., Bragger, U., Schmidlin, K., Zwahlen, M., & Lang, N. P. (2009). Maxillary sinus floor elevation using the (transalveolar) osteotome technique with or without grafting material. Part I: Implant survival and patients' perception. *Clin Oral Implants Res, 20*(7), 667-676. doi:10.1111/j.1600-0501.2009.01704.x

Pjetursson, B. E., Tan, W. C., Zwahlen, M., & Lang, N. P. (2008). A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. *J Clin Periodontol, 35*(8 Suppl), 216-240. doi:10.1111/j.1600-051X.2008.01272.x

Pommer, B., Zechner, W., Watzak, G., Ulm, C., Watzek, G., & Tepper, G. (2011). Progress and trends in patients' mindset on dental implants. II: implant acceptance, patient-perceived costs and patient satisfaction. *Clin Oral Implants Res, 22*(1), 106-112. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.01969.x

Pontes, F. S., Zuza, E. P., & de Toledo, B. E. (2010). Summers' technique modification for sinus floor elevation using a connective tissue graft. A case report. *J Int Acad Periodontol, 12*(1), 27-30.

Raghoebar, G. M., Brouwer, T. J., Reintsema, H., & Van Oort, R. P. (1993). Augmentation of the maxillary sinus floor with autogenous bone for the placement of endosseous implants: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg, 51*(11), 1198-1203; discussion 1203-1195.

Raghoebar, G. M., Meijer, H. J., Stegenga, B., van't Hof, M. A., van Oort, R. P., & Vissink, A. (2000). Effectiveness of three treatment modalities for the edentulous mandible. A five-year randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res, 11*(3), 195-201.

Raghoebar, G. M., Onclin, P., Boven, G. C., Vissink, A., & Meijer, H. J. A. (2019). Long-term effectiveness of maxillary sinus floor augmentation A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. doi:10.1111/jcpe.13055

Raghoebar, G. M., Timmenga, N. M., Reintsema, H., Stegenga, B., & Vissink, A. (2001). Maxillary bone grafting for insertion of endosseous implants: results after 12-124 months. *Clin Oral Implants Res, 12*(3), 279-286.

Ramirez Fernandez, M. P., Mazon, P., Gehrke, S. A., Calvo-Guirado, J. L., & De Aza, P. N. (2017). Comparison of Two Xenograft Materials Used in Sinus Lift Procedures: Material Characterization and In Vivo Behavior. *Materials (Basel), 10*(6). doi:10.3390/ma10060623

Reddy, K. S., Shivu, M. E., & Billimaga, A. (2015). Benign paroxysmal positional vertigo during lateral window sinus lift procedure: a case report and review. *Implant Dent, 24*(1), 106-109. doi:10.1097/ID.0000000000000188

Sammartino, G., Mariniello, M., & Scaravilli, M. S. (2011). Benign paroxysmal positional vertigo following closed sinus floor elevation procedure: mallet osteotomes vs. screwable

osteotomes. A triple blind randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res, 22*(6), 669-672. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.01998.x

Scarano, A., Degidi, M., Perrotti, V., Piattelli, A., & Iezzi, G. (2012). Sinus augmentation with phycogene hydroxyapatite: histological and histomorphometrical results after 6 months in humans. A case series. *Oral Maxillofac Surg, 16*(1), 41-45. doi:10.1007/s10006-011-0296-3

Schiegnitz, E., Kammerer, P. W., Sagheb, K., Wendt, A. J., Pabst, A., Al-Nawas, B., & Klein, M. O. (2017). Impact of maxillary sinus augmentation on oral health-related quality of life. *Int J Implant Dent, 3*(1), 10. doi:10.1186/s40729-017-0072-8

Schimming, R., Hoffmann, M., & Schmelzeisen, R. (2003). [Tissue engineering of autologous bone transplants. Possible indications and clinical use in implantology]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed, 113*(12), 1292-1305.

Schmitt, C., Karasholi, T., Lutz, R., Wiltfang, J., Neukam, F. W., & Schlegel, K. A. (2014). Long-term changes in graft height after maxillary sinus augmentation, onlay bone grafting, and combination of both techniques: a long-term retrospective cohort study. *Clin Oral Implants Res, 25*(2), e38-46. doi:10.1111/clr.12045

Schmitt, C. M., Moest, T., Lutz, R., Neukam, F. W., & Schlegel, K. A. (2015). Anorganic bovine bone (ABB) vs. autologous bone (AB) plus ABB in maxillary sinus grafting. A prospective non-randomized clinical and histomorphometrical trial. *Clin Oral Implants Res, 26*(9), 1043-1050. doi:10.1111/clr.12396

Schwartz-Arad, D., Ofec, R., Eliyahu, G., Ruban, A., & Sterer, N. (2016). Long Term Follow-Up of Dental Implants Placed in Autologous Onlay Bone Graft. *Clin Implant Dent Relat Res, 18*(3), 449-461. doi:10.1111/cid.12288

Seoane, J., Lopez-Nino, J., Garcia-Caballero, L., Seoane-Romero, J. M., Tomas, I., & Varela-Centelles, P. (2013). Membrane perforation in sinus floor elevation - piezoelectric device versus conventional rotary instruments for osteotomy: an experimental study. *Clin Implant Dent Relat Res, 15*(6), 867-873. doi:10.1111/j.1708-8208.2012.00447.x

Siervo, S., Ruggli-Milic, S., Radici, M., Siervo, P., & Jager, K. (2004). [Piezoelectric surgery. An alternative method of minimally invasive surgery]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed, 114*(4), 365-377.

Sisti, A., Canullo, L., Mottola, M. P., & Iannello, G. (2011). A case series on crestal sinus elevation with rotary instruments. *Eur J Oral Implantol, 4*(2), 145-152.

Sohn, D. S., Kim, W. S., An, K. M., Song, K. J., Lee, J. M., & Mun, Y. S. (2010). Comparative Histomorphometric Analysis of Maxillary Sinus Augmentation With and Without Bone Grafting in Rabbit. *Implant Dentistry, 19*(3), 259-270. doi:10.1097/ID.0b013e3181df1406

Sohn, D. S., Lee, J., Ahn, M., & Shin, H. (2008). New bone formation in the maxillary sinus without bone grafts. *Implant Dentistry, 17*(3), 321-326. doi:10.1097/ID.0b013e318182f01b

Sohn, D. S., Lee, J. S., An, K. M., & Choi, B. J. (2009). Piezoelectric internal sinus elevation (PISE) technique: a new method for internal sinus elevation. *Implant Dent, 18*(6), 458-463. doi:10.1097/ID.0b013e3181b8e17f

Sohn, D. S., Moon, J. W., Lee, H. W., Choi, B. J., & Shin, I. H. (2010). Comparison of Two Piezoelectric Cutting Inserts for Lateral Bony Window Osteotomy: A Retrospective Study of 127 Consecutive Sites. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 25*(3), 571-576.

Sohn, D. S., Moon, J. W., Lee, W. H., Kim, S. S., Kim, C. W., Kim, K. T., & Moon, Y. S. (2011). Comparison of New Bone Formation in the Maxillary Sinus With and Without Bone Grafts: Immunochemical Rabbit Study. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 26*(5), 1033-1042.

Sohn, D. S., Moon, J. W., Moon, K. N., Cho, S. C., & Kang, P. S. (2010). New Bone Formation in the Maxillary Sinus Using Only Absorbable Gelatin Sponge. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 68*(6), 1327-1333. doi:10.1016/j.joms.2010.02.014

Solar, P., & Gahleitner, A. (1999). [Dental CT in the planning of surgical procedures. Its significance in the oro-maxillofacial region from the viewpoint of the dentist]. *Radiologe, 39*(12), 1051-1063.

Soltan, M., & Smiler, D. G. (2004). Trephine bone core sinus elevation graft. *Implant Dent, 13*(2), 148-152.

Soltan, M., & Smiler, D. G. (2005). Antral membrane balloon elevation. *J Oral Implantol, 31*(2), 85-90. doi:10.1563/0-773.1

Sotirakis, E. G., & Gonshor, A. (2005). Elevation of the maxillary sinus floor with hydraulic pressure. *J Oral Implantol, 31*(4), 197-204. doi:10.1563/1548-1336(2005)31[197:Eotmsf]2.0.Co;2

Stacchi, C., Lombardi, T., Cusimano, P., Berton, F., Lauritano, F., Cervino, G., . . . Cicciu, M. (2017a). Bone Scrapers Versus Piezoelectric Surgery in the Lateral Antrostomy for Sinus Floor Elevation. *J Craniofac Surg, 28*(5), 1191-1196. doi:10.1097/SCS.0000000000003636

Stacchi, C., Lombardi, T., Cusimano, P., Berton, F., Lauritano, F., Cervino, G., . . . Cicciu, M. (2017b). Bone Scrapers Versus Piezoelectric Surgery in the Lateral Antrostomy for Sinus Floor Elevation. *Journal of Craniofacial Surgery, 28*(5), 1191-1196. doi:10.1097/SCS.0000000000003636

Stacchi, C., Vercellotti, T., Toschetti, A., Speroni, S., Salgarello, S., & Di Lenarda, R. (2015). Intraoperative Complications during Sinus Floor Elevation Using Two Different Ultrasonic Approaches: A Two-Center, Randomized, Controlled Clinical Trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research, 17*, E117-E125. doi:10.1111/cid.12136

Staudt, J., Breustedt, A., Kunz, G., & Wilcke, G. (1977). [Special features of the arterial supply in the head region of the elderly]. *Verh Anat Ges*(71 Pt 1), 725-729.

Stavropoulos, A., Karring, T., & Kostopoulos, L. (2007). Fully vs. partially rough implants in maxillary sinus floor augmentation: a randomized-controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res, 18*(1), 95-102. doi:10.1111/j.1600-0501.2006.01289.x

Stelzle, F., Nkenke, E., Neukam, F. W., & Schlegel, K. A. (2009). Piezoelectric Surgery - Applications and Limitations A Review of Literature. *Implantologie, 17*(2), 155-163.

Stubinger, S., Saldamli, B., Landes, C. A., & Sader, R. (2010). Palatal piezosurgical window osteotomy for maxillary sinus augmentation. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 39*(6), 606-609. doi:10.1016/j.ijom.2010.03.001

Su, G. N., Tai, P. W., Su, P. T., & Chien, H. H. (2008). Protracted benign paroxysmal positional vertigo following osteotome sinus floor elevation: a case report. *Int J Oral Maxillofac Implants, 23*(5), 955-959.

Summers, R. B. (1994). A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compendium, 15*(2), 152, 154-156, 158 passim; quiz 162.

Tajima, N., Ohba, S., Sawase, T., & Asahina, I. (2013). Evaluation of sinus floor augmentation with simultaneous implant placement using platelet-rich fibrin as sole grafting material. *Int J Oral Maxillofac Implants, 28*(1), 77-83. doi:10.11607/jomi.2613

Tallarico, M., Better, H., De Riu, G., & Meloni, S. M. (2016a). A novel implant system dedicate to hydraulic Schneiderian membrane elevation and simultaneously bone graft augmentation: An up-to 45 months retrospective clinical study. *J Craniomaxillofac Surg, 44*(8), 1089-1094. doi:10.1016/j.jcms.2016.05.016

Tallarico, M., Better, H., De Riu, G., & Meloni, S. M. (2016b). A novel implant system dedicate to hydraulic Schneiderian membrane elevation and simultaneously bone graft augmentation: An up-to 45 months retrospective clinical study. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 44*(8), 1089-1094. doi:10.1016/j.jcms.2016.05.016

Tallarico, M., Cochran, D. L., Xhanari, E., Dellavia, C., Canciani, E., Mijiritsky, E., & Meloni, S. M. (2017). Crestal sinus lift using an implant with an internal L-shaped channel: 1-year after loading results from a prospective cohort study. *European Journal of Oral Implantology, 10*(3), 325-336.

Tallarico, M., Meloni, S. M., Xhanari, E., Pisano, M., & Cochran, D. L. (2017a). Minimally Invasive Sinus Augmentation Procedure Using a Dedicated Hydraulic Sinus Lift Implant Device: A Prospective Case Series Study on Clinical, Radiologic, and Patient-Centered Outcomes. *Int J Periodontics Restorative Dent, 37*(1), 125-135. doi:10.11607/prd.2914

Tallarico, M., Meloni, S. M., Xhanari, E., Pisano, M., & Cochran, D. L. (2017b). Minimally Invasive Sinus Augmentation Procedure Using a Dedicated Hydraulic Sinus Lift Implant Device: A Prospective Case Series Study on Clinical, Radiologic, and Patient-Centered Outcomes. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry, 37*(1), 125-135. doi:10.11607/prd.2914

Tan, W. C., Lang, N. P., Zwahlen, M., & Pjetursson, B. E. (2008). A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation. Part II: transalveolar technique. *J Clin Periodontol, 35*(8 Suppl), 241-254. doi:10.1111/j.1600-051X.2008.01273.x

Tarquini, G. (2015). Maxillary sinus lifting procedure in the presence of an antral pseudocyst: a case report. *Dental Cadmos, 83*(9), 630-639. doi:10.1016/S0011-8524(15)30095-7

Temmerman, A., Van Dessel, J., Cortellini, S., Jacobs, R., Teughels, W., & Quirynen, M. (2017). Volumetric changes of grafted volumes and the Schneiderian membrane after transcrestal and lateral sinus floor elevation procedures: A clinical, pilot study. *J Clin Periodontol, 44*(6), 660-671. doi:10.1111/jcpe.12728

Tepper, G., Haas, R., Schneider, B., Watzak, G., Mailath, G., Jovanovic, S. A., . . . Watzek, G. (2003). Effects of sinus lifting on voice quality. A prospective study and risk assessment. *Clin Oral Implants Res, 14*(6), 767-774.

Thalji, G., McGraw, K., & Cooper, L. F. (2016). Maxillary Complete Denture Outcomes: A Systematic Review of Patient-Based Outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants, 31 Suppl*, s169-181. doi:10.11607/jomi.16suppl.g5.1

Timmenga, N. M., Raghoebar, G. M., Liem, R. S., van Weissenbruch, R., Manson, W. L., & Vissink, A. (2003). Effects of maxillary sinus floor elevation surgery on maxillary sinus physiology. *Eur J Oral Sci, 111*(3), 189-197.

Timmenga, N. M., Raghoebar, G. M., van Weissenbruch, R., & Vissink, A. (2003). Maxillary sinus floor elevation surgery. A clinical, radiographic and endoscopic evaluation. *Clin Oral Implants Res, 14*(3), 322-328.

Toscano, N. J., Holtzclaw, D., & Rosen, P. S. (2010). The Effect of Piezoelectric Use on Open Sinus Lift Perforation: A Retrospective Evaluation of 56 Consecutively Treated Cases From Private Practices. *Journal of Periodontology, 81*(1), 167-171. doi:10.1902/jop.2009.090190

Traxler, H., Windisch, A., Geyerhofer, U., Surd, R., Solar, P., & Firbas, W. (1999). Arterial blood supply of the maxillary sinus. *Clin Anat, 12*(6), 417-421. doi:10.1002/(SICI)1098-2353(1999)12:6<417::AID-CA3>3.0.CO;2-W

Triplett, R. G., & Schow, S. R. (1994). Surgical advances in implant dentistry. *Tex Dent J, 111*(10), 12-13, 15-17, 19.

Troedhan, A., Kurrek, A., & Wainwright, M. (2012). Biological Principles and Physiology of Bone Regeneration under the Schneiderian Membrane after Sinus Lift Surgery: A Radiological Study in 14 Patients Treated with the Transcrestal Hydrodynamic Ultrasonic Cavitational Sinus Lift (Intralift). *International Journal of Dentistry*. doi:10.1155/2012/576238

Troedhan, A., Kurrek, A., Wainwright, M., & Jank, S. (2014). Schneiderian membrane detachment using transcrestal hydrodynamic ultrasonic cavitational sinus lift: A human cadaver head study and histologic analysis. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 72*(8), 1503. e1501-1503. e1510.

Troedhan, A., Kurrek, A., Wainwright, M., Schlichting, I., Fischak-Treitl, B., & Ladentrog, M. (2013). The transcrestal hydrodynamic ultrasonic cavitational sinuslift: results of a 2-

year prospective multicentre study on 404 patients, 446 sinuslift sites and 637 inserted implants. *Open Journal of Stomatology, 3*(09), 471.

Troedhan, A., & Mahmoud, Z. T. (2016). Is Piezoelectric Surgery the New Gold-Standard in Oral Surgery and Implantology?: A Scientific Literature Review. *Smile Dental Journal, 110*(4085), 1-9.

Troedhan, A., Schlichting, I., Kurrek, A., & Wainwright, M. (2014). Primary implant stability in augmented sinuslift-sites after completed bone regeneration: a randomized controlled clinical study comparing four subantrally inserted biomaterials. *Scientific reports, 4*, 5877.

Troedhan, A. C., Kurrek, A., Wainwright, M., & Jank, S. (2010). Hydrodynamic ultrasonic sinus floor elevation--an experimental study in sheep. *J Oral Maxillofac Surg, 68*(5), 1125-1130. doi:10.1016/j.joms.2009.12.014

Tu, Y., Wang, Q., & Yu, Y. (2015). [Application of piezotome and hydraulic pressure in crestal approach high inclination sinus floor elevation and simultaneous implant placement]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 50*(12), 755-756.

Ulm, C., Bertl, K., Strbac, G. D., Esfandeyari, A., Stavropoulos, A., & Zechner, W. (2017). Multiple Perforations of the Sinus Floor During Maxillary Sinus Floor Augmentation to Provide Access to the Bone Marrow Space: A Technical Report. *Implant Dentistry, 26*(6), 956-960. doi:10.1097/ID.0000000000000682

Underwood, A. S. (1910). An Inquiry into the Anatomy and Pathology of the Maxillary Sinus. *J Anat Physiol, 44*(Pt 4), 354-369.

van Orten, A. (2018a). Die Anwendung von A- und i-PRF in der zahnärztlichen Praxis - eine Standortbestimmung. *Dentale Implantologie und Parodontologie*(06), 362-373.

van Orten, A. (2018b). Minimalinvasive Sinuslift-Techniken. *Dentale Implantologie und Parodontologie, 3*, 174-179.

Velasquez-Plata, D., Hovey, L. R., Peach, C. C., & Alder, M. E. (2002). Maxillary sinus septa: a 3-dimensional computerized tomographic scan analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants, 17*(6), 854-860.

Velazquez-Cayon, R., Romero-Ruiz, M. M., Torres-Lagares, D., Perez-Dorao, B., Wainwright, M., Abalos-Labruzzi, C., & Gutierrez-Perez, J. L. (2012). Hydrodynamic ultrasonic maxillary sinus lift: Review of a new technique and presentation of a clinical case. *Medicina Oral Patologia Oral Y Cirugia Bucal, 17*(2), E271-E275. doi:10.4317/medoral.17430

Vercellotti, T., De Paoli, S., & Nevins, M. (2001). The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: Introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry, 21*(6), 561-567.

Vercellotti, T., & Pollack, A. S. (2006). A new bone surgery device: sinus grafting and periodontal surgery. *Compend Contin Educ Dent, 27*(5), 319-325.

Vernamonte, S., Mauro, V., Vernamonte, S., & Messina, A. M. (2011). An unusual complication of osteotome sinus floor elevation: benign paroxysmal positional vertigo. *Int J Oral Maxillofac Surg, 40*(2), 216-218. doi:10.1016/j.ijom.2010.07.010

von Arx, T., Fodich, I., Bornstein, M. M., & Jensen, S. S. (2014). Perforation of the Sinus Membrane During Sinus Floor Elevation: A Retrospective Study of Frequency and Possible Risk Factors. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 29*(3), 718-726.

Wainwright, M., Torres-Lagares, D., Perez-Dorao, B., Serrera-Figallo, M. A., Gutierrez-Perez, J. L., Troedhan, A., & Kurrek, A. (2016a). Histological and histomorphometric study using an ultrasonic crestal sinus grafting procedure. A multicenter case study. *Medicina Oral Patologia Oral Y Cirugia Bucal, 21*(3), E367-E373. doi:10.4317/medoral.20994

Wainwright, M., Torres-Lagares, D., Perez-Dorao, B., Serrera-Figallo, M. A., Gutierrez-Perez, J. L., Troedhan, A., & Kurrek, A. (2016b). Histological and histomorphometric study

using an ultrasonic crestal sinus grafting procedure. A multicenter case study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 21*(3), e367-373.

Wallace, S. S., & Froum, S. J. (2007). Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery: Clinical results of 100 consecutive cases. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry, 27*(5), 413-420.

Wang, R. F., Zhao, D., Lin, H. Y., Liu, M., & Wang, W. Q. (2018). [Clinical evaluation of two transalveolar methods for sinus augmentation with placing 1 204 implants immediately]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 53*(12), 821-825. doi:10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2018.12.006

Xavier, S. P., Santos Tde, S., Sehn, F. P., Silva, E. R., Garcez-Filho Jde, A., & Martins-Filho, P. R. (2016). Maxillary sinus grafting with fresh frozen allograft versus bovine bone mineral: A tomographic and histological study. *J Craniomaxillofac Surg, 44*(6), 708-714. doi:10.1016/j.jcms.2016.03.005

Xu, X., Sohn, D. S., Kim, H. G., Lee, S. J., & Moon, Y. S. (2018). Comparative Histomorphometric Analysis of Maxillary Sinus Augmentation With Deproteinized Bovine Bone and Demineralized Particulate Human Tooth Graft: An Experimental Study in Rabbits. *Implant Dentistry, 27*(3), 324-331. doi:10.1097/ID.0000000000000755

Yang, H. M., Bae, H. E., Won, S. Y., Hu, K. S., Song, W. C., Paik, D. J., & Kim, H. J. (2009). The buccofacial wall of maxillary sinus: an anatomical consideration for sinus augmentation. *Clin Implant Dent Relat Res, 11 Suppl 1*, e2-6. doi:10.1111/j.1708-8208.2009.00138.x

Zhen, F., Fang, W., Jing, S., & Zuolin, W. (2012). The use of a piezoelectric ultrasonic osteotome for internal sinus elevation: a retrospective analysis of clinical results. *Int J Oral Maxillofac Implants, 27*(4), 920-926.

Zill, A., Precht, C., Beck-Broichsitter, B., Sehner, S., Smeets, R., Heiland, M., . . . Henningsen, A. (2016). Implants inserted with graftless osteotome sinus floor elevation - A 5-year post-loading retrospective study. *Eur J Oral Implantol, 9*(3), 277-289.

8 Lebenslauf

Name:	Andreas van Orten
Geburtsdatum:	12.02.1974
Geburtsort:	Paderborn
Staatsangehörigkeit:	deutsch

Schulbildung:

1980 - 1982	Stephanus-Grundschule, Paderborn
1982 - 1984	Bonifatius-Grundschule, Paderborn
1984 - 1993	Reismann-Gymnasium, Paderborn

Universitäre Bildung und beruflicher Werdegang:

1993 - 1998	Westfälische Wilhelms-Universität, Münster
1998 - 2001	Assistenzzahnarzt & angestellter Zahnarzt, Castrop-R.
2002 - 2005	Niederlassung in Gemeinschaftspraxis in Castrop-Rauxel
2005 - 2015	Niederlassung in Einzelpraxis in Waltrop
2013 - 2016	Postgraduales Studium an der Danube Private University, Krems, Österreich Master of Science Orale Chirurgie / Implantologie
2017 - 2019	Postgraduales Studium an der Dresden International University in Kooperation mit der DG PARO Master of Science Parodontologie und Implantattherapie
2016 - heute	Niederlassung gemeinsam mit Dr. Dirk Krischik in Waltrop

Eidesstattliche Erklärung
Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

…… ……

Name Datum