

# Die biomechanische Stabilität des augmentierten Alveolarkammes im Vergleich zum nativen Kieferknochen (Teil 1)

Dieser Fachbeitrag stellt in einer zweiteiligen Serie Ergebnisse einer randomisierten klinischen Studie mit der neuen Klasse der selbsthärtenden Biomaterialien vor. Von Dr. med. univ. et med. dent. Angelo Christian Trödhän, Dr. med. dent. Izabela Schlichting, Prof. inv. (Sevilla) Dr. med. dent. Marcel A. Wainwright und Dr. med. dent. Andreas Kurrek.

Es kann mittlerweile als gesichertes Wissen betrachtet werden, dass Langzeiterfolge in der dentalen Implantologie direkt proportional von der Primärstabilität der inserierten Implantate abhängen und vergleichbare Erfolge bei Sofortbelastung nur erzielt werden können, wenn ein bestimmtes Mass an biomechanischer Primärstabilität gewährleistet ist.<sup>1</sup> Die Messung der Primärstabilität kann mittels Resonanzfrequenzanalyse (RFA) als umfassend durchführbarer, fiktiver, rein empirischer und fehleranfälliger Implant Stability Quotient (ISQ) ohne Massreferenz bestimmt werden, weniger gebräuchlich über einen Implantatperiost oder über das Implantateindrehmoment (Insertion Torque Value), das sich mittlerweile international als zuverlässigstes Messverfahren für die primäre Implantatstabilität durchgesetzt hat und für den niedergelassenen Praktiker das zuverlässigste Messinstrument für die Langzeitprognose des inserierten Implantates darstellt.<sup>2-6</sup> Ein Grenzwert von mindestens 45 Ncm für die Sofortbelastung hat sich mittlerweile etabliert, jedoch sind höhere ITV's bis zu 100 Ncm durchaus wünschenswert, um die Mikrobewegungen des frisch inserierten Implantates, die eine Osseointegration verhindern, zu minimieren.<sup>7,8</sup>

Dem Aberglauben, Implantateindrehmomente jenseits der 60 Ncm würden zu Knochennekrosen führen, muss entschieden auf Wissensbasis entgegengetreten werden. Die biomechanische Kieferknochenqualität kann einerseits iatrogen höchst erfolgreich durch das Bone Condensing (Osteotome, Bone Condenser) verbessert werden (hier werden je nach Instrumententyp Spitzenwerte von mehreren Newton erzielt) und ein Implantat, das mit hohen Drehmomentwerten inseriert wird, letztendlich als sein eigener Bone Condenser agieren. Andererseits bricht Kompaktknochen bei Überschreitung der ortsspezifischen individuellen Grenzwerte stets und wird somit einem unspezifischen Crest Splitting unterzogen und spongioser Knochen wird aufgrund des intertrabekulären Leerraumes durch Trabekelfrakturen kompaktiert.<sup>8</sup>

Auf biologischer Ebene gelten für den Kieferknochen die gleichen biolo-

gischen Gesetzmässigkeiten wie für jeden Knochen im Säugetierkörper, der in Jahrmillionen der Evolution nutzungsspezifisch seiner Aufgabe angepasst wurde: Röhrenknochen vermögen hohe statische Drücke aufzunehmen, dürfen jedoch nur geringgradig elastisch sein (sonst wäre Gehen und Lasten heben unmöglich), Rippen und Gesichtsschädelknochen als evolutionär ursprünglichere Geflechtknochen dagegen bedürfen einer höheren Elastizität (um die Atmung nicht zu behindern bzw. beim Zerkauen harter Nahrung nicht zu brechen).

Wie jede einfache oder komplexe Gewebeformation (Organ) des Säugetierkörpers (darunter auch der Mensch) unterliegt diese einer biologischen Nutzungsbreite: Werden die evolutionsbestimmten Betriebsgrenzen über- oder unterschritten, kommt es zur irreversiblen Schädigung oder wegen Nichtnutzung zur Atrophie. Für das skeletomuskuläre System – zu dem auch das stomatognathe System gehört – sind die Auswirkungen allgemein bekannt (universell gültiges Wolff's Law der Knochenphysiologie): Eine traumatische, akute Überbelastung führt zu Knochenbrüchen, eine chronische akute Überbelastung zu den gefürchteten Grünholzfrakturen der Fussknochen (auch Marschfrakturen genannt, da beim Militär oft untrainierte Wehrdiener mit 30kg Rückengepäck lange Märsche absolvieren müssen) und Übergewicht zu Gelenkerkrankungen infolge chronischer Überlastung (im Falle des Kiefergelenks bei Kaugummikauen und/oder Bruxismus).<sup>11</sup> Ein Unterschreiten der Betriebsgrenzen des skeletomuskulären Systems dagegen führt zu rascher Demineralisation und Atrophie – seit langer Zeit allgemein bekannt und restlos geklärt in der Raumfahrtmedizin – und gilt selbstverständlich in gleicher Weise als Ursache der Alveolarkammatrophy nach Zahntfernung.<sup>12,13</sup>

Da der praktisch tätige Implantologe immer häufiger mit den Folgen des Wolffschen Gesetzes der Knochen – der Kieferkammatrophy – konfrontiert ist und kurze Implantate zur Vermeidung von komplizierten augmentationschirurgischen Eingrif-



Abb. 1: Koronarer DVT-Schnitt durch den Gesichtsschädel mit eingezeichneten Periost-Schichten (rot) und Augmentation (gelb). – Abb. 2: Horizontaler DVT-Schnitt durch den Gesichtsschädel mit eingezeichneten Periost-Schichten (rot) und Augmentation (gelb).

fen zwar aus Sicht des Wissenschaftsmarketings die Lösung versprechen (sie aber nicht langfristig halten werden können, da sie die evolutionären biologischen Gesetze nicht umstossen können), kommt der Implantologe nicht umhin, sich mit der Augmentationschirurgie tiefgreifend auseinanderzusetzen.

Ein wesentlicher Faktor für das Verständnis von Erfolg und Misserfolg in der Implantologie und Augmentationschirurgie bei selbstkritischer Reflexion besteht im Wissen um die grundsätzliche Bedeutung des Begriffs „Osseointegration“.

Osseointegration ist das grundsätzliche biologische Entgegenkommen des Knochens, biologisch kompatibles Material nach einer natürlichen oder iatrogenen Verletzung der Knochenstruktur im Rahmen des universell gültigen Knochenheilungsvorganges reaktionslos zu integrieren. Dabei kümmert es die Biologie nicht, aus welcher Art das biokompatible Material besteht. Titan, Titanschäume (z.B. Tigran), ZiO, PEEK, Biogläser, Korallen (z.B. Alqipore), zermahlener Kuh-, Schweine-, Pferde-, Ziegen-, Schafs-, Antilopen-, Känguruhknochen,  $\beta$ -Tricalciumphosphat, Hydroxylapatit (das eigentlich eine autologe Substanz ist, da der Säugetierröhrenknochen hauptsächlich mit HA mineralisiert ist) werden gleichermaßen osseointegrieren, wenn die Kardinalvoraussetzung der Knochenheilung vom implantologisch tätigen Zahnarzt verinnerlicht und auch chirurgisch umgesetzt wird: Die grundlegende und alles entschei-

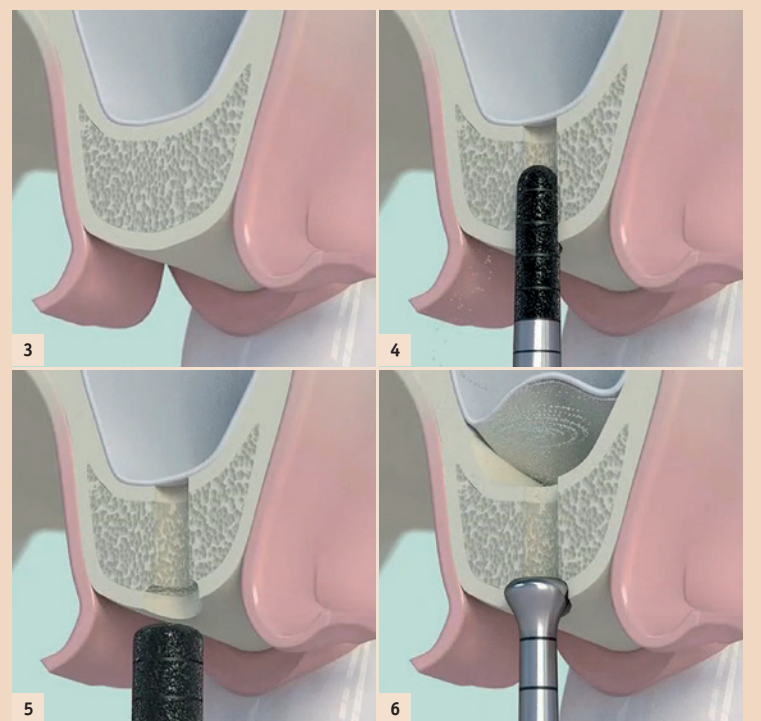


Abb. 3–6: Transkrestales Piezotome-INTRALIFT-Verfahren. – Abb. 3: Krestale Aufklappung eines ca. 5x5mm messenden Mukoperiostlappens („Booklet-Flap“). – Abb. 4: Präparation des Zuganges zum Kieferhöhlenboden mit der diamantierten Arbeitsspitze TKW 2. – Abb. 5: Präparation des „Ventilsitzes“ mit TKW 4. – Abb. 6: Atraumatisches hydrodynamisches Ablösen des Periost der Kieferhöhlenschleimhaut durch den Ultraschall-Kavitationseffekt mit TKW 5.

dende Grundvoraussetzung der erfolgreichen Augmentation ist die Immobilisation des Augmentates und des Augmentationsgebietes. Nur unter dieser Voraussetzung – in der orthopädischen Chirurgie schon seit Jahrzehnten bekannt – kann die Vaskularisation als Grundvoraussetzung der Osseointegration (und späteren Degradation, je nach chemischer Zusammensetzung) des Augmentates

erfolgen. Erst am Ende des universell gültigen Knochenheilungszyklus erfolgt dann – ebenfalls unter der Voraussetzung der Immobilisation – die Mineralisation um das osseointegrierte Augmentat.

Jedoch gewährleistet eine erfolgreiche Osseointegration noch nicht zwingend einen langfristigen Erfolg, da die bereits oben angeführten funktionellen Aspekte der biologischen

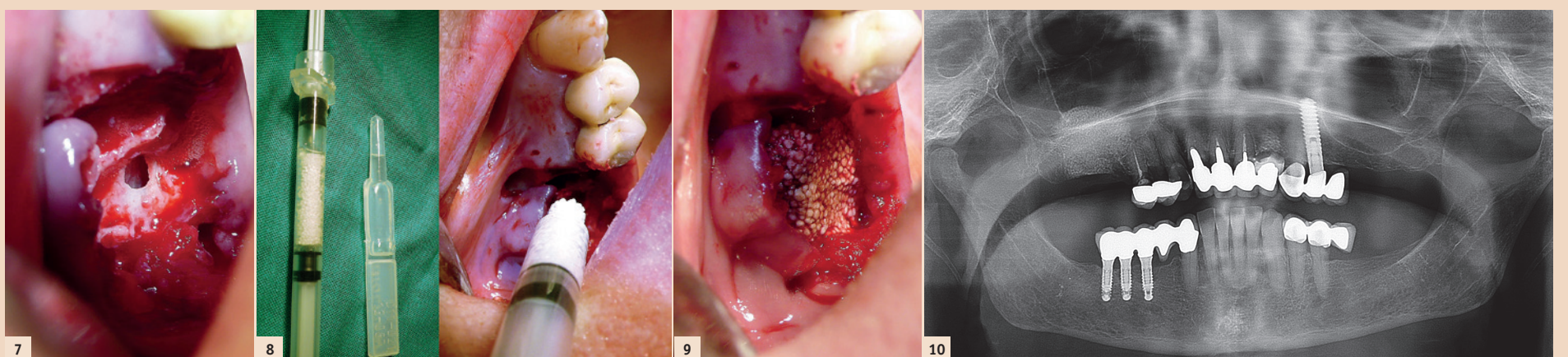


Abb. 7: Klinisches Ergebnis nach Durchführung des INTRALIFT-Verfahrens. – Abb. 8: Anmischen und Einbringen des selbsthärtenden Biomaterials. – Abb. 9: Situation vor Wundverschluss. – Abb. 10: Radiologisches Ergebnis nach INTRALIFT mit Piezotome und Augmentation.

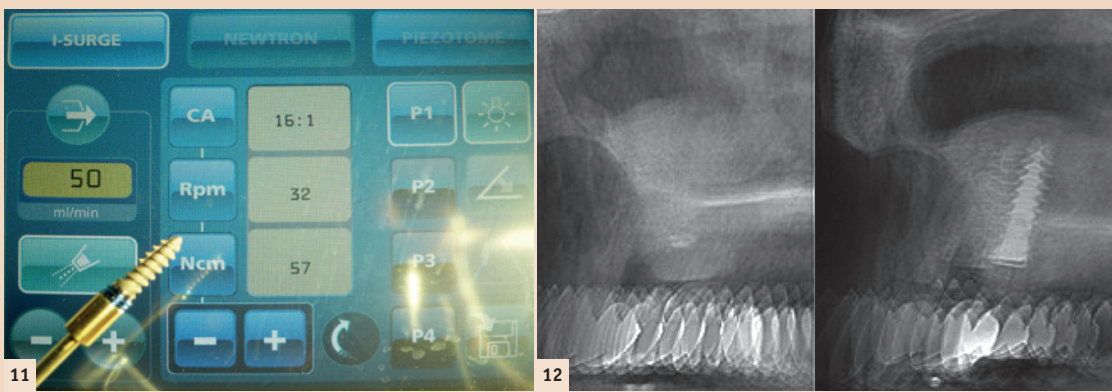


Abb. 11: Eindruckmomentermittlung standardisierter zweiteiliger Q2-Implantate mit dem Implant Center II. – Abb. 12: DVT vor und nach Insertion eines normierten 2-teiligen Q2-Implantates.

Belastungsbreite der über das Implantat eingeleiteten Kräfte in den Alveolarkamm die funktionell unbeeinträchtigte Liegedauer des Implantates bestimmen.

Mit der Einführung einer neuen Klasse selbsthärtender mono- und biphasischer ( $\beta$ -TCP,  $\beta$ -TCP/HA) Biomaterialien für die Augmentationschirurgie scheint endgültig die Ablöse des autologen Knochenblocks als Standard möglich zu sein, da diese Biomaterialien die gleiche biologische Funktion wie ein Knochenblock erfüllen, nämlich ein völlig starres und immobiles Augmentationsvolumen herzustellen (Primat der Immobilisation).<sup>14</sup>

Da jedoch bis dato keine wissenschaftlichen Erkenntnisse über die native biomechanische Qualität eines vollständig osseointegrierten Aug-

mentates vorlagen, hat die Forschungsgruppe diese nun in einer vergleichenden randomisierten klinischen Studie anhand der mono- und biphasischen selbsthärtenden Biomaterialien bei der Anwendung mit transkrestalem hydrodynamischen Ultraschall-Cavitationsinlift (Piezotome tHUCSL-INTRALIFT) und der bukkalen ultraschallgestützten subperiostalen Tunneltechnik ermittelt.<sup>15-19</sup> Eine weitere grundsätzliche Überlegung war, zwei virtuell nomenklatorisch unterschiedliche Augmentationsverfahren zu vergleichen, die jedoch rein biologisch exakt die gleichen Voraussetzungen zur Regeneration eines biologisch aktiven Scaffolds besitzen (subperiostale Tunneltechnik und Sinuslift erfolgen beide auf der gleichen Basis des atrophen Oberkieferalveolarknochens

und bilden beide ein subperiostales Volumen zur Aufnahme des Biomaterials; **Abb. 1 und 2**).

### Material und Methode

143 fortlaufende Patienten, die zur Ermöglichung der Insertion von Implantaten aufgrund hochgradiger subantraler vertikaler Kieferkamm-atrophie oder anteriorer horizontaler Kammatrophie einen vorbereitenden augmentationschirurgischen Eingriff benötigten, wurden in zwei Gruppen unterteilt.

#### Gruppe I

– transkrestaler hydrodynamischer Ultraschall-Cavitationsinlift (INTRALIFT) mit Piezotome II, Implant Center II, Piezotome Solo, ACTEON, Frankreich: 60 Patienten mit 79 INTRALIFT-Augmentationen und 79 standardisierten Q2-Messimplantaten (Q2-Implant-System, TRINON Titanium GmbH, Karlsruhe)

#### Gruppe II

– Piezotome enhanced Subperiostale Tunnel Technik mit Piezotome II, Implant Center II, Piezotome Solo, ACTEON, Frankreich, im Oberkieferfrontzahnbereich: 64 Patienten mit 67 PeSPTT-Augmentationen und 71 standardisierten Q1-Messimplantaten (Q1-Implant-System, TRINON Titanium GmbH, Karlsruhe)

Den Patienten wurden je Gruppe unterschiedliche Nummern zur Anonymisierung für Augmentation und Implantatinsertion zugewiesen, Augmentationen und Implantatinsertionen stets von unterschiedlichen Operateuren durchgeführt und in getrennten Excel-Tabellen dokumentiert, die erst der Statistiker aufgrund des Codes zusammenführen konnte.

Beiden Gruppen wurde je Augmentationsgebiet (pro INTRALIFT-situs/pro PeSPTT anteriorer Kieferviertel) über einen Zufallsgenerator entweder das monophasische selbsthärtende  $\beta$ -TCP-Biomaterial GUIDOR easy-graft CLASSIC (Sunstar, Schweiz) oder das biphasische selbsthärtende HA/ $\beta$ -TCP-Biomaterial GUIDOR easy-graft CRYSTAL (Sunstar, Schweiz) zugewiesen. Pro Augmentations situs wurden jeweils exakt 2 ccm Biomaterial eingebracht, um präzise vergleichbare Werte auf der Wissensbasis der zeitlichen biologischen Gesetzmässigkeiten der Knochenregeneration pro Volumeneinheit ermitteln zu können.<sup>16</sup>

Als Kontrollgruppen dienten jeweils Patienten mit ausreichendem subantralem Knochenangebot für Gruppe I (Minimum der Kieferkammdimensionen: 12 mm Höhe

und 6 mm Breite, N=36) und ausreichender anteriorer Alveolarkammhöhe (mind. 14mm) und -breite (mind. 5mm) für die Gruppe II (N=30).

### OP-/Studienprotokoll Gruppe I

Gemäss dem festgelegten Protokoll für den tHUCSL-INTRALIFT für das Piezotome II erfolgte stets eine minimalinvasive krestale Mukoperiostappenpräparation (**Abb. 3**), gefolgt von der Eröffnung des Kieferhöhlenbodens mit der diamantierten Arbeitsspitze TKW 2 (**Abb. 4**) und Präparation des Ventilsitzes mit TKW 4 (**Abb. 5**) sowie hydrodynamischer Ablösung der Kieferhöhlenschleimhaut mit der TKW 5-Arbeitsspitze (Piezotome-Modus D3, 30 ml, 5 s) zur Schaffung eines subantralen Augmentationsvolumens von gleichbleibend 2,5 ccm (**Abb. 6**).<sup>14,17,18</sup>

Nach Inspektion der Schneider'schen Membran (**Abb. 7**) erfolgte das randomisierte Einbringen von exakt 2 ccm der selbsthärtenden Biomaterialien easy-graft CLASSIC (100%  $\beta$ -TCP) oder easy-graft CRYSTAL (60% HA, 40%  $\beta$ -TCP) (**Abb. 8**). Nach Aushärten der Materialien (**Abb. 9**) erfolgte der Wundverschluss und ein Kontrollröntgenbild (**Abb. 10**).

Nach einer Abheilzeit von durchschnittlich 8,92 Monaten gemäss den zeitlichen biologischen Gesetzmässigkeiten der Knochenregeneration pro Volumeneinheit, wurden exakt an der Position, an der der INTRALIFT stattgefunden hatte (meist Position des 1. Molaren), standardisierte Q2-Implantate in den Dimensionen 4 mm/12 mm nach vorgeschriebenem Bohrprotokoll eingebracht, das Eindruckmoment mit dem Implant Center II in 1-Ncm-Schritten gemessen (**Abb. 11**) und ein Kontroll-DVT angefertigt (**Abb. 12**).<sup>16</sup>

Die Eindruckmomentwerte wurden im Falle der Insertion mehrerer Implantate stets nur für diejenige Implantatposition ermittelt, an der zuvor der transkrestale Zugang zum Kieferhöhlenboden angelegt wurde, um von vorhandenem nativem restlichem subantralem Kieferkammknochen unbeeinflusste Werte für das Regenerat zu erhalten.

### OP-/Studienprotokoll Gruppe II

Gemäss dem festgelegten Protokoll für die Piezotome enhanced subperiostale Tunneltechnik (**Abb. 13**) erfolgte die vertikale Mukoperiostinzision ca. 3–4 mm mesial des prospektiven Augmentationsgebietes und Präparation des subperiostalen Tunnels mit einer für die subperiostalen Tunneltechnik modifizierten Arbeitsspitze BS 4 mit dem Piezotome (**Abb. 14**). Die Präparation des subperiostalen Tunnels mit ultraschallchirurgischem Arbeitsgerät ist hier von entscheidender Bedeutung, da vor allem im präparatorisch diffizilen Oberkieferfrontzahnbereich nur mit dem Piezotome eine verletzungsfreie Ablösung des Periosts gelingt, das die Basis für die spätere Knochenregeneration gewährleistet.<sup>20,21</sup> Pro zukünftigem Implantatsitus erfolgte anschliessend das randomisierte Einbringen von exakt 2 ccm der selbsthärtenden Biomaterialien (**Abb. 15**). Nach Modellation und vollständiger Aushärtung des Biomaterials (**Abb. 16**) erfolgte der Wundverschluss (**Abb. 17**).

Nach einer Abheilzeit von durchschnittlich 8,31 Monaten gemäss den zeitlichen biologischen Gesetzmässigkeiten der Knochenregeneration pro Volumeneinheit wurden exakt an der Position, an der die PeSPTT stattgefunden hatte, standardisiert einteilige Q1-Implantate in den Dimensionen 3,5 mm/14 mm (die Nettofriktionsflächen und Gewindeschnitte sind – mathematisch verifiziert – identisch zu den Q2-Implantaten in der Gruppe I) exakt nach vorgeschriebenem Bohrprotokoll eingebracht und das Eindruckmoment mit dem Implant Center II in 1-Ncm-Schritten gemessen sowie der ermittelte Wert in das Studienprotokoll eingetragen.<sup>16</sup> **Abbildung 18** zeigt im Uhrzeigersinn die präoperative Situation im Panoramaröntgen, die postoperative Situation nach PeSPTT mit 2 ccm easy-graft im DVT und die Situation nach Insertion des Q1-Implantates. Die statistische Auswertung erfolgte extern mit der Software SPSS 22.0 und beinhaltete die Ermittlung der Mittelwerte, Standardabweichung, One-way ANOVA-, student T- und Tukey-Kramer-Test. **II**



Im zweiten Teil, der in der kommenden Ausgabe der Dental Tribune Schweiz veröffentlicht wird, werden das Studienprotokoll der Gruppe II wiedergegeben und die bisherigen Ergebnisse zusammengefasst. Dabei werden beide Vergleichsgruppen ausgewertet und umfassend diskutiert.

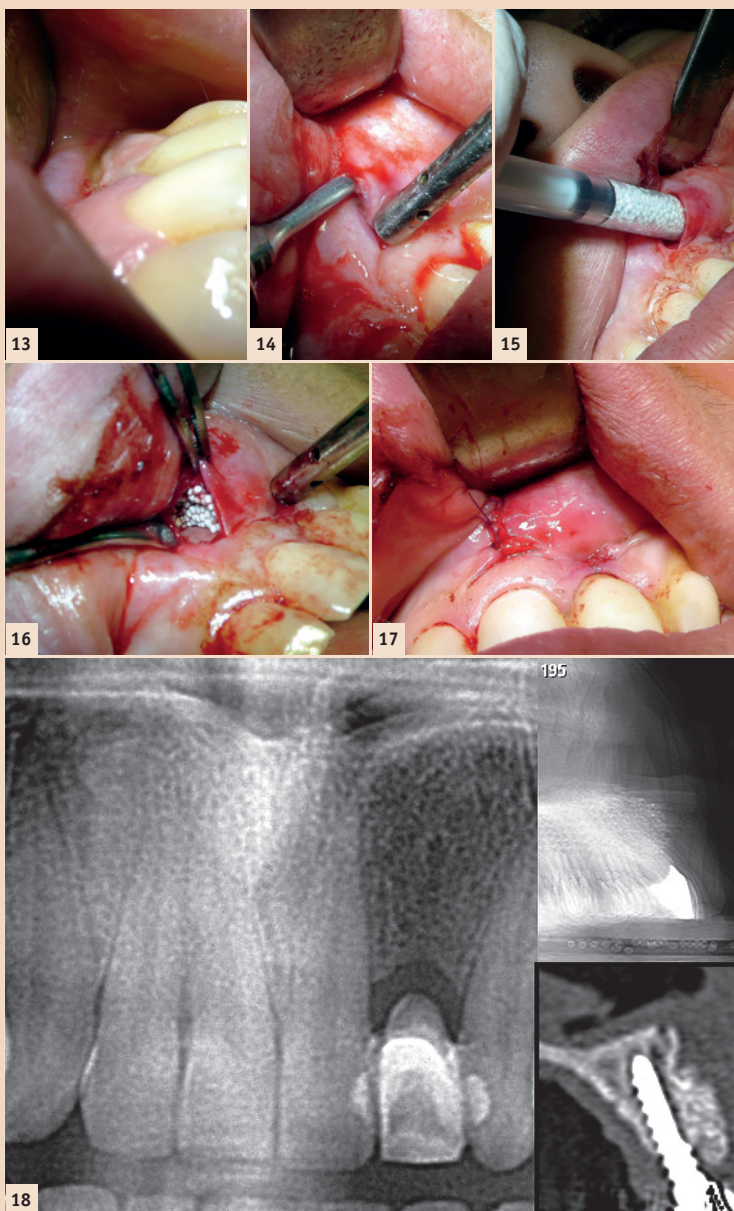


Abb. 13: Klinische Situation vor Durchführung der Piezotome enhanced Subperiostale Tunnel Technik (PeSPTT). Auf Position 22 ging alieno loco bereits ein Implantat verloren und eine autologe Knochenblockaugmentation scheiterte ebenfalls alieno loco. – Abb. 14: Piezotome-Präparation des subperiostalen Tunnels. – Abb. 15: Einbringen von 2 ccm Biomaterial. – Abb. 16: Zustand nach Modellation und Aushärtung. – Abb. 17: Zustand nach Wundverschluss. – Abb. 18: Im Uhrzeigersinn: präoperative Situation, postoperatives DVT, DVT nach Implantatinsertion (das Augmentat ist aufgrund seiner höheren röntgenologischen Dichte zum hochatrophen Restalveolarkamm deutlich abgrenzbar).

### Kontakt



Infos zum Autor  
Dr. Tröhdan



Infos zur Autorin  
Dr. Schlichting



Infos zum Autor  
Dr. Wainwright



Infos zum Autor  
Dr. Kurrek

**DDr. Angelo Chistian Tröhdan**  
Institut für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und Zahnheilkunde  
Allgemeines Krankenhaus der Gemeinde Wien „Hietzing“  
Wolkersbergenstr. 1  
Pavillon 3a  
1130 Wien, Österreich  
dr.troedhan@gmail.com

**Dr. Izabela Schlichting**  
Zentrum für Gesichtsästhetik  
Wien  
Bräuhausgasse 12  
1050 Wien, Österreich  
ordination.tsl@gmail.com

**Prof. inv. (Sevilla) Dr. Marcel A. Wainwright**  
SWISS BIOHEALTH AG  
Brückenstr. 13–17  
8280 Kreuzlingen, Schweiz  
info@swiss-biohealth.com

**Dr. Andreas Kurrek**  
Implantologie-Praxis  
Oberkassel  
Dominikanerstr. 10  
40545 Düsseldorf, Deutschland  
dr.kurrek@gmail.com