

Extraktion eines impaktierten Eckzahns mit Alveolarkammexpansion mithilfe eines Airscalers: Ein Fallbericht



Ivo Agabiti, MD, DDS¹
Fabio Bernardello, MD, DDS²
Myron Nevins, DDS³
Hom-Lay Wang, DDS, MSD, PhD⁴

Da ein impaktierter Zahn eine Implantation in der korrekten Position verhindert, wird in solchen Fällen eine atraumatische Extraktion empfohlen, um schwierige und komplexe Knochenregenerationsverfahren zu umgehen. Im vorliegenden Fallbericht wird ein neuer operativer Ansatz zur Extraktion eines horizontal impaktierten Eckzahns mit Expansion des unbezahnten Alveolarkamms mithilfe von Airscalern beschrieben. Bei einer 74-jährigen Patientin war ein oberer linker Eckzahn horizontal impaktiert. Er wurde nach Mobilisierung eines Teilschichtlappens extrahiert, indem mit Airscalern eine Expansion des unbezahnten Alveolarkamms durchgeführt wurde. Der impaktierte Zahn wurde durch den Bruch im expandierten Alveolarkamm fragmentiert und die Fragmente vorsichtig entfernt. Anschließend wurde während derselben Operation ein ausreichend großes Implantat gesetzt. Der behandelte Bereich heilte komplikationslos. Das Implantat war osseointegriert, konnte erfolgreich restauriert werden und war auch bei der Kontrolle nach drei Jahren stabil. In diesem Fallbericht wird ein neuer Ansatz für die Extraktion impaktierter Eckzähne mittels Alveolarkammexpansion mit Airscalern vorgestellt, der eine Implantation in idealer Position ermöglicht. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2014; 34: 649–655.)

Für eine ästhetisch und funktionell erfolgreiche Behandlung müssen Implantate dreidimensional prothetisch korrekt positioniert werden^{1,2}. Ein impaktierter Zahn im Kiefer behindert das Setzen von Implantaten oder macht es unmöglich^{3,4}. Neben den dritten Molaren sind vor allem obere Eckzähne impaktiert (Inzidenz: 1 bis 3 %)⁵. In diesen Fällen muss der impaktierte Zahn mit minimaler Schädigung des vorhandenen Knochens und möglichst geringen Beschwerden für den Patienten entfernt werden. Zum Ausgleich des Knochenverlusts bei der Extraktion wurden verschiedene regenerative Operationsverfahren, wie die Knochenblocktransplantation und die gesteuerte Knochenregeneration (GBR), vorgeschlagen⁶. Vor Kurzem wurde eine Implantation durch den belassenen impaktierten Zahn vorgeschlagen, wozu es aber bisher keine gesicherten Daten zur Osseointegration dieser Implantate gibt⁷.

In dem hier vorliegenden Fallbericht wird ein neues Verfahren zur Extraktion eines impaktierten oberen Eckzahns mit einem krestalen Ansatz vorgestellt. Dabei wird der unbezahnte Alveolarkamm gleichzeitig durch eine Expansion horizontal augmentiert. Dies ist eine Variante der Split-Crest-Technik^{8,9}, bei der die Osteotomien und die longitudinale Odontotomie mit Airscalern durchgeführt werden.

¹ Privatpraxis, Pesaro, Italien.

² Privatpraxis, Terranegra di Legnago, Verona, Italien.

³ Privatpraxis, Swampscott, Massachusetts, USA.

⁴ Professor und Leiter der Graduate Periodontics, Department of Periodontics and Oral Medicine, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

Korrespondenz an: Dr. Ivo Agabiti, Viale Napoli 34–61121 Pesaro, Italien.
Fax: +39 0721 400056. E-Mail: agabitiivo@gmail.com

©2014 by Quintessence Publishing Co Inc.

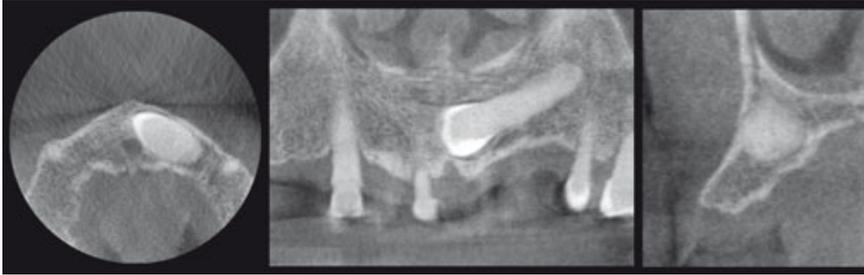


Abb. 1 Das präoperative digitale Volumentomogramm (DVT) zeigt die dreidimensionalen Eigenschaften des impaktierten Eckzahns.

Der unbezahnte Alveolarkamm wird expandiert, indem zunächst ein Teilschichtlappen mobilisiert wird. Nach krestalen und vertikalen intraosären Inzisionen des Alveolarkamms wird die bukkale Knochenplatte ohne Einbringen eines Transplantats nach bukkal verschoben^{10,11}. Dieses neuartige Vorgehen erlaubt eine Sofortimplantation und macht regenerative Transplantationen überflüssig, mit denen die Operation kompliziert und die Behandlungsdauer insgesamt verlängert wird. In diesem Artikel wird ein neuer konservativer Ansatz mit simultaner Spaltung des atrophierten Alveolarkamms, Extraktion eines horizontal impaktierten Eckzahns mittels Aircalern und Setzen eines Implantats beschrieben.

Material und Methode

Fallbeschreibung

Bei einer 74-jährigen Patientin und Nichtraucherin mit gutem allgemeinem Gesundheitszustand war eine Rehabilitation des Oberkiefers indiziert. Die klinische intraorale Untersuchung ergab eine Teilbezahnung aufgrund früherer Zahnextraktionen. An allen verbliebenen Zähnen bestand eine generalisierte schwere chronische Parodontitis mit einer Grad-III-Mobilität (Miller-Klassifikation). Im Röntgen zeigte sich ein horizontal impaktierter oberer linker Eckzahn (Abb. 1). Nach der Auswertung der erhobe-

nen Daten fiel die Entscheidung auf eine implantatgetragene festsitzende Vollprothese. Um das Implantat korrekt positionieren zu können, musste jedoch der impaktierte Eckzahn entfernt werden. Der Behandlungsplan umfasste die Extraktion aller verbliebenen, nicht erhaltungswürdigen Zähne, einen temporären Erhalt des oberen rechten zentralen Schneidezahns und Eckzahns zur Verankerung des Provisoriums und das Setzen von sechs Implantaten zur Abstützung der Vollrestauration. Eine kieferorthopädische Behandlung wurde aufgrund des Alters der Patientin und des Gesamtzustands der Zähne nicht erwogen; außerdem war die Patientin damit ohnehin nicht einverstanden.

Chirurgisches Vorgehen

Zunächst wurden fünf Implantate gesetzt. Dazu wurde in den Seitenzahnbereichen mit einem Osteotom eine Sinusbodenelevation durchgeführt, damit eine adäquate Knochenhöhe für das Setzen von ausreichend langen Implantaten vorhanden war (Abb. 2). Im zweiten Operationsschritt wurde das letzte Implantat in den linken oberen Frontzahnbereich gesetzt, was durch den horizontal impaktierten Eckzahn und den horizontalen Alveolarkammdefekt kompliziert wurde. Nach palatinaler und bukkaler Injektion eines Lokalanästhetikums (Articain 4 % plus Adrenalin 1:100000; Ubistesin, 3M ESPE) wurden 3 mm

palatinal der Alveolarkammmitte mit einem Beaver-6400-Skalpell (BD Ophthalmic Systems) eine mesiodistale Mukosainzision sowie mesial und distal zwei divergierende Entlastungsschnitte durchgeführt. Dann wurde ein Teilschichtlappen gebildet, bukkal mobilisiert und über die Mukogingivalgrenze bewegt, um die Form des Alveolarkamms zu beurteilen (Abb. 3a). Mit einer abgewinkelten luftbetriebenen, vibrierenden Schallsäge (Sonosurgery, Komet-Brasseler) wurde bis auf eine Tiefe von 11 mm eine mesiodistal vertikale Osteotomie angelegt, der Alveolarkamm gespalten und gleichzeitig der impaktierte Zahn in Längsrichtung halbiert (Abb. 3b). Dann wurden mit einer geraden luftbetriebenen, vibrierenden Schallsäge zwei vertikale Entlastungsschnitte im Knochen angelegt, um den bukkalen Knochen zu verschieben (Abb. 4). Nach der Inzision wurde der Alveolarkamm mit Meißeln und einem Hammer weiter expandiert (Abb. 5a). Dann wurde der Alveolarkamm durch zwei 3,5 mm dicke Titankeile (Sweden & Martina; Abb. 5b) gespreizt. Der impaktierte Eckzahn wurde mit Bohrern (D-254 bur, Komet-Brasseler) weiter zerkleinert, alle Fragmente wurden vorsichtig entfernt (Abb. 6) und mittels Röntgen wurde überprüft, ob der gesamte Eckzahn entfernt wurde (Abb. 7). Anschließend wurde ein Implantat (Pilot, Sweden & Martina) der Größe 3,8 x 13,0 mm mit einer 2,0-mm-Einheilkappe gesetzt und die bukkale Knochenwand mesial und distal mit



Abb. 2 Heilung 3 Wochen nach dem ersten operativen Eingriff.



Abb. 3 Mobilisierung eines Teilschichtlappens bis zur Mukogingivalgrenze. (a) Der Alveolarkamm ist auch weiterhin von Bindegewebe und Periost bedeckt. (b) Aufschneiden des Alveolarkamms in Längsrichtung mit einer gewinkelten, luftbetriebenen Schallsäge.

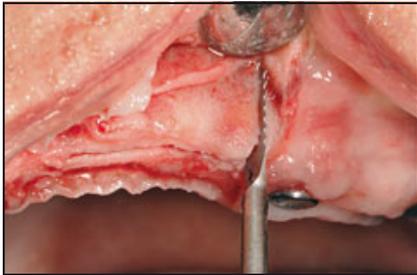
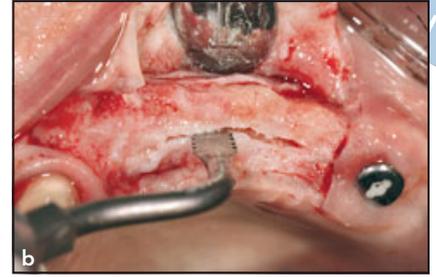


Abb. 4 Der distale Entlastungsschnitt im Knochen wird mit einer geraden luftbetriebenen Schallsäge durchgeführt.

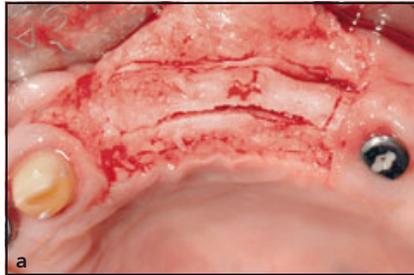


Abb. 5 (a) Klinischer Befund des Alveolarkamms nach der primären Osteotomie; die Knochenschnitte sind sehr fein. (b) Titankeile separieren die bukkale Knochenwand.



Abb. 6 (a) Okklusale Ansicht der kompletten Zahnextraktion; der Alveolarkamm wurde expandiert. (b) Fragmente des impaktierten Zahns nach dem vorsichtigen Entfernen.



Abb. 7 DVT des Implantats, das sofort nach der Extraktion des impaktierten Eckzahns gesetzt wurde.

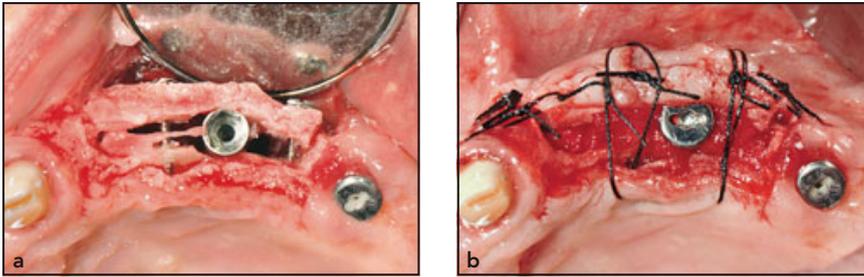


Abb. 8 (a) Okklusale Ansicht des Sofortimplantats im durch die Alveolarkammexpansion erzeugten Spalt. (b) Der nach apikal zurückgeschobene Lappen bedeckt das Kollagen in dem periimplantären Spalt und wird mit subperiostalen Nähten fixiert.

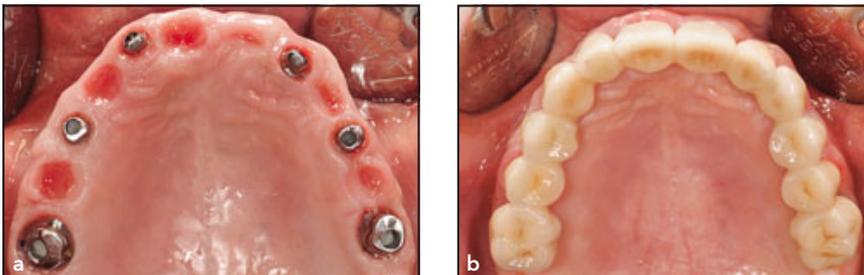


Abb. 9 (a) Optimale periimplantäre Gewebeheilung und (b) okklusale Ansicht der definitiven Restauration.



Abb. 10 Bukkale Ansicht der definitiven implantatgetragenen festsitzenden Restauration

zwei Osteosynthese-Mikroschrauben (Leader) fixiert und stabilisiert (Abb. 8a). Der verbliebene Knochenspalt wurde mit einem equinen Kollagenschwamm (Gingostat) aufgefüllt. Darüber hinaus wurden kein anderes Transplantatmaterial und auch keine Membran verwendet. Der Lappen wurde wieder nach apikal geschoben und mit fünf Einzelknopfnähten aus 4.0-Seide subperiostal befestigt (Abb. 8b).

Postoperativ erhielt die Patientin für sechs Tage Amoxicillin/Clavulansäure 2 x 1 g/d, Naproxen-Natrium 3 x 550 mg/d und sie trug zweimal täglich Chlorhexidingel auf.

Ergebnisse

Die initiale postoperative Heilung verlief komplikationslos. Die leichten Schmerzen sprachen gut auf Napro-

xen-Natrium an. Auch eine leichte Schwellung und ein Hämatom waren vorhanden, bildeten sich aber binnen weniger Tage spontan zurück. Eine Woche nach der Operation wurden die Fäden entfernt.

Die monatlich durchgeführten klinischen und radiologischen Kontrollen ergaben keine Komplikationen. Nach komplikationslosem dreimonatigem Heilungsverlauf waren alle Implantate normal osseointegriert und konnten funktionell belastet werden. Nach weiteren zwei Monaten wurde die definitive implantatgetragene Restauration eingesetzt (Abb. 9 und 10). Auch bei der klinischen und radiologischen Kontrolle nach drei Jahren wurden keine Komplikationen festgestellt.

Diskussion

Ein unbezahnter Alveolarkamm ist meist atrophiert und oft besteht ein horizontaler und/oder vertikaler Alveolarkammdefekt. In diesen Fällen ist eine Implantation in einer optimalen, prothetisch korrekten Position oft schwierig oder unmöglich. Außerdem muss der bukkale Knochen ausreichend dick sein (≥ 2 mm), damit er stabil bleibt und sich die mittfazialen Weichgewebe nicht zurückbilden^{12,13}. Um das notwendige Knochenangebot für eine ideale Implantation zu schaffen, ist daher oft eine Knochenaugmentation erforderlich. Zu diesen Augmentationsverfahren gehören unter anderem:

- Knochenblocktransplantate als Autografts aus intra- oder extraoralen Bereichen, Allografts oder Xenografts, die als Inlays, Onlays oder Interpositionstransplantate verwendet werden¹⁴⁻¹⁶.
- GBR mit resorbierbaren oder nicht resorbierbaren Membranen und verschiedenen partikulierten Transplantatmaterialien (autologem Knochen,

humanem Allograft, Xenograft oder anderen osteokonduktiven Materialien, rein oder gemischt mit autologem Knochen). Diese Techniken werden am häufigsten angewandt, sind am besten dokumentiert und führen zu sehr gut vorhersagbaren Ergebnissen¹⁷.

- Split-Crest-Techniken vergrößern das horizontale Volumen mit oder ohne Membranen oder Transplantatmaterialien. Sie sind jedoch technisch anspruchsvoll und schwierig und werden daher kaum durchgeführt.

Es gibt Studien, in denen der unbezahnte Alveolarkamm durch Expansion mit Mobilisierung eines Teilschichtlappens und krestalen sowie bukkalen Knocheninzisionen verbreitert wurde, ohne Transplantatmaterialien zu verwenden. Hierbei wurden vielversprechende Ergebnisse erreicht^{10,11}. Chiapasco et al. stellten in retrospektiven Reviews fest, dass diese Technik mit einer Erfolgsrate von 98 bis 100 % und einer Implantatüberlebensrate von 91 bis 97,3 % unter den häufig durchgeführten regenerativen operativen Verfahren zu den besten klinischen Ergebnissen führt und die höchste Vorhersagbarkeit aufweist^{18,19}. Außerdem ist die postoperative Morbidität nur minimal und die augmentierten Bereiche sind mit einer minimalen Schrumpfung von durchschnittlich 0,5 mm auch nach dreijähriger Belastung stabil²⁰. Bestätigt werden die ausgezeichnete Stabilität und der Erhalt des expandierten Knochens dadurch, dass die meisten Implantate nach einem Verlust erfolgreich ersetzt werden konnten¹¹.

Meist wird die Split-Crest-Technik dadurch eingeschränkt, dass nur die Bukkalplatte expandiert werden kann. Außerdem muss als Grundvoraussetzung zwischen der bukkalen und der palatinalen Kortikalis Spongiosa vorhanden sein¹⁹. Eine weite-

re Einschränkung ist eine mögliche Bukkalneigung der Implantate in den expandierten Bereichen¹⁹. Die häufigste Komplikation sind bukkale Knochenfrakturen^{10,19}.

Die erforderlichen Osteotomien für die Expansion des unbezahnten Alveolarkamms können manuell mit Meißelhandstücken und einem Hammer angelegt werden. Die meisten Patienten empfinden den Einsatz des Hammers wegen der Schlagkraft als unangenehm und viele Chirurgen haben Probleme, dieses Instrument zu kontrollieren^{21,22}. Auch mit rotierenden Instrumenten (z. B. Bohren und Trennscheiben) lassen sich schnell und effektiv Osteotomien anlegen. Da sie jedoch nicht knochenselektiv sind, besteht die Gefahr, die umgebenden Strukturen zu schädigen²³.

Mit der Einführung piezoelektrischer Instrumente wurde es deutlich sicherer und einfacher, die notwendigen Osteotomien für die Split-Crest-Technik durchzuführen²⁴. Die piezoelektrischen Instrumente für Knochenoperationen verwenden eine modulierte (gepulste) Frequenz und werden derzeit bei vielen operativen Eingriffen eingesetzt, um mineralisiertes Gewebe zu durchtrennen. Durch den Einsatz dieser Technologie werden versehentliche Verletzungen von Weichgewebestrukturen, wie Nerven, Blutgefäßen und Membranen, vermieden^{25,26}.

Bei einer Osteotomie im Rahmen der Split-Crest-Technik darf nur sehr wenig Knochen entfernt werden, um weitere Defekte des dünnen Alveolarkamms zu verhindern. Mithilfe der neuen luftgetriebenen Schallinstrumente, die nach demselben Prinzip wie piezoelektrische Instrumente funktionieren, wurde die Split-Crest-Technik weiter vereinfacht. Sie ermöglichen dünne Osteotomien ohne Schäden der umgebenden Weichgewebe und verhindern mit ihrer extrem dünnen Klinge ein Überhitzen des Knochens während der Opera-

tion. Das Schallgerät ist klein, leicht transportierbar und preiswerter als die Ultraschallgeräte. Außerdem ist keine weitere Ausrüstung erforderlich und das Handstück kann einfach mit einer dentalen Standardbehandlungseinheit verbunden werden²⁷.

Die elliptischen Bewegungen des Airscalers haben ein Fünftel der Frequenz (etwa 6 kHz) wie die Vibration von Ultraschallinstrumenten (etwa 30 kHz). Die geraden und abgewinkelten chirurgischen Ansätze bewegen sich aufgrund des elliptischen Mechanismus in drei axialen Ebenen. Dieses Instrument erlaubt eine bessere Anpassung an verschiedene Mundbereiche und erzeugt dünnere (0,25 mm) und tiefere (10 bis 11 mm) Osteotomien²⁷⁻³². Außerdem reduziert der Airscaler die Morbidität und die Beschwerden der Patienten, da weniger und nicht so starke Hammerschläge erforderlich sind. Im Vergleich zu anderen regenerativen Verfahren verläuft die Heilung nach einem Split-Crest-Eingriff erfolgreicher und mit einer geringeren postoperativen Knochenresorption^{19,20}.

In dem hier vorgestellten Fallbericht waren die neuen luftbetriebenen chirurgischen Schallinstrumente eine wertvolle Alternative zu manuellen und rotierenden Instrumenten, oszillierenden Sägen und piezoelektrischen Einheiten. Ein bukkaler oder palatinaler operativer Eingriff mit Extraktion des impaktierten Zahns hätte eine große Menge Knochen zerstört und damit möglicherweise eine Implantation in idealer Position verhindert, später umfassende regenerative Eingriffe erforderlich gemacht, die Heilungsphase verlängert und die Operationskosten erhöht. Der hier vorgestellte Ansatz hingegen kann als minimalinvasiv betrachtet werden¹⁹, nutzt nach der krestalen Expansion die Knochenelastizität, ermöglicht über die krestale Öffnung einen direkten Zugang zum impaktierten Zahn, erleichtert sein Zerklei-

nen mit Bohrern und erlaubt eine atraumatische vollständige Avulsion. Die simultane Alveolarkammexpansion mit Extraktion eines impaktierten Eckzahns und Implantation reduziert die Beschwerden des Patienten und verkürzt die Rehabilitationsdauer insgesamt^{27,29,32}.

Schlussfolgerungen

Luftbetriebene Schallinstrumente sind eine sichere Alternative zur Extraktion eines horizontal impaktierten oberen Eckzahns über einen krestalen Spalt. Die krestale Alveolarkammexpansion verbreitert den Alveolarkamm effektiv und erlaubt eine Sofortimplantation.

Interessenerklärung

Dr. Agabiti ist wissenschaftlicher Berater für die Komet-Brasseler GmbH, Deutschland. Dr. Bernardello, Dr. Nevins und Dr. Wang geben bezogen auf diese Studie keine Interessenkonflikte an. Dieser Fallbericht wurde von den Autoren finanziert.

Literatur

1. Belser UC, Schmid B, Higginbottom F, Buser D. Outcome analysis of implant restorations located in the anterior maxilla: A review of the recent literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:30–42.
2. Carrión JB, Barbosa IR. Single implant-supported restorations in the anterior maxilla. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:149–155.
3. Cardaropoli D, Debernardi C, Cardaropoli G. Immediate placement of implant into impacted maxillary canine extraction socket. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27:71–77.
4. García B, Boronat A, Larrazabal C, Peñarrocha M, Peñarrocha M. Immediate implants after the removal of maxillary impacted canines: A clinical series of nine patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:348–352.
5. Sajnani AK, King NM. Prevalence and characteristics of impacted maxillary canines in Southern Chinese children and adolescents. *J Investig Clin Dent* 2014; 5:38–44.
6. Petrungraro PS, Amar S. Localized ridge augmentation with allogenic block grafts prior to implant placement: Case reports and histologic evaluations. *Implant Dent* 2005;14:139–148.
7. Davarpanah M, Szmukler-Moncler S. Unconventional implant placement. 2: Placement of implants through impacted teeth. Three case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2009;29:405–413.
8. Demarosi F, Leghissa GC, Sardella A, Lodi G, Carrassi A. Localized maxillary ridge expansion with simultaneous implant placement: A case series. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009;47:535–540.
9. Lalo J, Chassignolle V, Beleh M, Djemil M. Maxillary ridge expansion for dental implant placement with alveolar corticotomy. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 2008; 109:316–322.
10. Scipioni A, Bruschi GB, Calesini G. The edentulous ridge expansion technique: A five-year study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:451–459.
11. Bravi F, Bruschi GB, Ferrini F. A 10-year multicenter retrospective clinical study of 1715 implants placed with the edentulous ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27: 557–565.
12. Langer B, Sullivan D. Osseointegration: Its impact on the interrelationship of periodontics and restorative dentistry. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9: 164–183.
13. Bouri A Jr, Bissada N, Al-Zahrani MS, Fadoul F, Nouneh I. Width of keratinized gingiva and the health status of the supporting tissues around dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23:323–326.
14. Cordaro L, Amadè DS, Cordaro M. Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:103–111.
15. Brener D. The mandibular ramus donor site. *Aust Dent J* 2006;51:187–190.
16. Keith JD, Petrungraro P, Leonetti JA, et al. Clinical and histologic evaluation of a mineralized block allograft: Results from the developmental period (2001–2004). *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26:321–327.
17. Simion M, Jovanovic SA, Trisi P, Scarano A, Piattelli A. Vertical ridge augmentation around dental implants using a membrane technique and autogenous bone or allografts in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1998;18:8–23.
18. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:136–159.
19. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. Bone augmentation procedures in implant dentistry. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;24:237–259.
20. Chiapasco M, Ferrini F, Casentini P, Accardi S, Zaniboni M. Dental implants placed in expanded narrow edentulous ridges with the Extension Crest device. A 1–3-year multicenter follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:265–272.
21. Oikarinen KS, Sándor GK, Kainulainen VT, Salonen-Kemppi M. Augmentation of the narrow traumatized anterior alveolar ridge to facilitate dental implant placement. *Dental Traumatol* 2003;19:19–29.
22. Basa S, Varol A, Turker N. Alternative bone expansion technique for immediate placement of implants in the edentulous posterior mandibular ridge: A clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19:554–558.
23. Suh JJ, Shelemay A, Choi SH, Chai JK. Alveolar ridge splitting: A new microsaw technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:165–171.
24. Blus C, Szmukler-Moncler S. Split-crest and immediate implant placement with ultra-sonic bone surgery: A 3-year life-table analysis with 230 treated sites. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:700–707.

-
- 
25. Vercellotti T. Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol* 2004;53:207–214.
26. Harder S, Wolfart S, Mehl C, Kern M. Performance of ultrasonic devices for bone surgery and associated intraosseous temperature development. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:484–490.
27. Geminiani A, Papadimitriou DE, Ercoli C. Maxillary sinus augmentation with a sonic handpiece for the osteotomy of the lateral window: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2011;106: 279–283.
28. Agabiti I. Split crest osteotomy with low-frequency vibrating tools: A case report. *Dent Cadmos* 2011;79:1–8.
29. Papadimitriou DE, Geminiani A, Zahavi T, Ercoli C. Sonosurgery for atraumatic tooth extraction: A clinical report. *J Prosthet Dent* 2012;108:339–343.
30. Papadimitriou DE, Schmidt EC, Caton JG, Romanos GE. Morphology of bone particles after harvesting with 4 different devices. *Implant Dent* 2013;22:187–192.
31. Geminiani A, Weitz DS, Ercoli C, Feng C, Caton JG, Papadimitriou DE. A comparative study of the incidence of Schneiderian membrane perforations during maxillary sinus augmentation with a sonic oscillating handpiece versus a conventional turbine handpiece [epub ahead of print 9 July 2013]. *Clin Implant Dent Relat Res* doi:10.1111/cid.12110.
32. Heinemann F, Hasan I, Kunert-Keil C, et al. Experimental and histological investigations of the bone using two different oscillating osteotomy techniques compared with conventional rotary osteotomy. *Ann Anat* 2012;20:165–170.