

PIEZOSURGERY E MINI-INVASIVITÀ IN CHIRURGIA PRE-IMPLANTARE AVANZATA

Paola Sara Morcavallo, Giuseppe Riazoli, Fabrizio Carini

*Università degli Studi di Milano-Bicocca, Facoltà di Medicina e Chirurgia, Dipartimento di Neuroscienze e Tecnologie Biomediche,
Clinica Odontoiatrica, Scuola di Specialità in Chirurgia Odontostomatologica, Direttore professor M. Baldoni*

RIASSUNTO: L'evoluzione in campo odontostomatologico verso nuove tecniche chirurgiche mini-invasive, dettata dalla crescente richiesta da parte dei pazienti di una chirurgia 'gentile' che comporti il massimo rispetto dei tessuti a vantaggio di una minore morbidità e di un minore discomfort intra e post-operatorio, è alla base dell'enorme e recente successo riscontrato nell'utilizzo degli ultrasuoni nella chirurgia ossea. La chirurgia piezoelettrica, nota come Piezosurgery®, è una tecnica innovativa che permette di eseguire osteoplastica e tagli osteotomici con massima precisione ed efficienza; il taglio osseo è determinato dall'azione di microvibrazioni ultrasoniche a modulazione di frequenza variabile. L'elettività d'azione esclusiva dell'apparecchio verso i tessuti mineralizzati permette di operare con maggiore sicurezza in siti chirurgici limitrofi a strutture anatomiche a rischio, quali fasci vascolo-nervosi o tessuti molli, preservando la loro integrità anche in caso di contatto accidentale con essi. Nel presente lavoro vengono riportate le principali applicazioni della chirurgia ossea piezoelettrica nel campo della chirurgia pre-implantare, con esposizione iconografica di relativi casi clinici esemplificativi della Scuola di Specialità in Chirurgia Odontostomatologica dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca.

PAROLE CHIAVE: chirurgia ossea, chirurgia piezoelettrica, implantologia

SUMMARY: Piezosurgery and advanced mini-invasive pre-implant surgery. The development of new, mini-invasive dental techniques is dictated by our patients' growing demand for less invasive surgery, utmost respect of tissues, decreased morbidity and less intra- and post-op discomfort. This all stands at the basis of the recent vast success seen in the use of ultrasounds in bone surgery. Piezoelectric surgery, referred to as Piezosurgery®, is an innovative technique that enables to perform osteoplasty and osteotomic cuts with utmost precision and efficiency; bone cutting is determined by ultrasound microvibrations with variable frequency modulation. The device operates electively on mineralised tissues. This enables to operate more safely on surgical sites near to the anatomic structure at risk, such as vascular-nervous bundles or soft tissues, while preserving their integrity also in case of accidental contact with them. This paper illustrates the main piezosurgery applications in the field of pre-implant surgery, and offers pictures of clinical cases from the Dental School of the Bicocca University in Milan (Scuola di Specialità in Chirurgia Odontostomatologica dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca).

KEY WORDS: bone surgery, implantology, piezosurgery

Sebbene le prime applicazioni cliniche degli ultrasuoni per tecniche osteotomiche risalgano alla fine degli anni '70¹, la chirurgia piezoelettrica ha preso piede solo di recente nel campo odontostomatologico.

Introdotta in odontoiatria da T. Verzellotti² (figura 1), è stata creata come risposta alle esigenze di un taglio micrometrico e selettivo verso il tessuto osseo, superando i limiti delle tecniche tradizionali con strumenti rotanti nei casi di ostectomia

e osteoplastica effettuate in prossimità di strutture anatomiche a rischio, quali vasi, tronchi nervosi, membrane e tessuti molli.

Il suo successo, che ne ha determinato la diffusione anche nel campo della neurochirurgia³, è dato dalla frequenza operativa degli inserti del manipolo che ne giustifica l'azione elettiva per i tessuti mineralizzati, permettendo il taglio selettivo di questi e preservando pertanto l'integrità dei tessuti molli anche in caso di contatto accidentale⁴⁻⁷.

L'effetto di cavitazione⁸, creato in seguito alla diffusione di tali microvibrazioni in una soluzione irrigante, permette tra l'altro di lavorare in un campo esangue migliorando conseguentemente la visibilità del campo operatorio⁹.

Al contrario, l'utilizzo di strumenti rotanti a elevata velocità per tecniche osteotomiche è noto essere potenzialmente dannoso a causa dell'eccessivo incremento di temperatura responsabile di zone di osteonecrosi che compromettono la gua-

rigione e la rigenerazione ossea della zona trattata^{7,10,11}.

È da tenere conto, però, che quest'ultimo fenomeno possa crearsi anche con l'utilizzo del Piezosurgery® in seguito al mancato raffreddamento della zona tramite soluzioni irriganti ovvero in seguito all'applicazione di una pressione eccessiva al manipolo durante il suo utilizzo, poiché un incremento di questa al di sopra di certi limiti può comportare il blocco della produzione di microvibrazioni con trasformazione dell'energia in calore e conseguente danno termico ai tessuti⁵.

Un corretto funzionamento del sistema prevede quindi l'applicazione di pressioni ridotte, in modo da ottenere la massima efficienza di taglio e ridurre al minimo l'innalzamento termico; requisito fondamentale per un corretto taglio dello strumento sarà quindi il costante movimento della punta lavorante sul tessuto trattato⁵.

Di qui la necessità di particolare accortezza da parte dell'operatore durante il suo utilizzo.

possono variare tra i 60 e i 200 µm, sia in senso verticale sia in senso orizzontale.

Gli ultrasuoni andando a interagire con i tessuti biologici determinano effetti di tipo meccanico, termico, chimico e di cavitazione¹².

In particolare, l'effetto di cavitazione si viene a creare nel fluido in seguito alla diffusione in esso di microvibrazioni e la creazione di piccole bolle di gas con successivo au-

ratosi durante il funzionamento dell'apparecchiatura, dando la possibilità al contempo di lavorare in un campo esangue⁹.

La mini-invasività e il rispetto di strutture anatomiche con cui viene in contatto, oltre al minor danno tissutale apportato^{11,13}, ne hanno determinato una vasta diffusione in campo medico riscuotendo notevole successo nella neurochirurgia, nell'otorinolaringoiatria, nell'orto-



1. Piezosurgery® e ingrandimento del manipolo.

MATERIALI E METODI

Il sistema Piezosurgery® è dotato di un kit di inserti differenti a seconda del tipo di applicazioni ed è basato sulla produzione di ultrasuoni¹² ossia vibrazioni acustiche di frequenza elevata che si diffondono sotto forma di onde di compressione-decompressione lavorando a una frequenza di risonanza variabile in un range di 25-29,5 kHz.

L'estremità dell'inserto, sottoposta a tali vibrazioni micrometriche, subisce delle brevi oscillazioni che

mento di dimensione e possibile esplosione delle stesse⁸, dando origine a un'azione meccanica e incrementando l'efficacia di taglio dello strumento.

Il passaggio degli ultrasuoni attraverso i tessuti crea inoltre un innalzamento della temperatura; il sistema è per tale motivo dotato di un meccanismo di irrigazione con soluzione a base di cloruro di sodio, da utilizzarsi refrigerata (4 °C), che permette di dissipare il calore gene-

pedia, nella chirurgia estetica e in quella odontostomatologica.

Nella nostra casistica, previo ottenimento del consenso informato, sono stati inclusi pazienti in attesa di riabilitazione implanto-protesica, ma con condizioni anatomiche di partenza non idonee all'inserimento di impianti.

Per la selezione dei pazienti si è tenuto conto di vari fattori legati alla loro storia anamnestica quali assenza di patologie sistemiche e di

TIPI DI INTERVENTI ESEGUITI*

	A1 Sinus lift (tecnica tradizionale)	A2 Sinus lift (chirurgia piezoelettrica)		B1 Split crest (tecnica tradizionale)	B2 Split crest (chirurgia piezoelettrica)		C1 Prelievo osseo (tecnica tradizionale)	C2 Prelievo osseo (chirurgia piezoelettrica)
N° siti operati	5	7		6	6		8	8
N° totale pazienti	10			12			16	

*Interventi eseguiti presso la Clinica Odontoiatrica dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca (Azienda Ospedaliera San Gerardo Nuovo di Monza)

TABELLA 1

terapie farmacologiche di rilevanza in atto o di abitudini viziate (fumo >10 sigarette/die) che potessero causare un rallentamento delle fasi di guarigione e/o rischi di infezioni (per esempio diabete scompensato, immunodeficienze, radio o chemioterapia, ecc.); altri criteri per il reclutamento dei pazienti sono stati il riscontro di un adeguato livello di igiene orale, oltre a un'attenta valutazione delle loro aspettative.

L'esame del paziente per la pianificazione degli interventi si articolava in un'analisi clinica (ispezione e palpazione) e radiografica (OPT e TAC Dentascan) al fine di valutare dal punto di vista quali/quantitativo il supporto osseo e i tessuti molli, oltre ai rapporti intermascellari che fossero compatibili all'esecuzione della chirurgia pre-implantare.

A tutti i pazienti sono state impartite le medesime istruzioni post-chirurgiche per mezzo di un modulo scritto.

In particolare veniva loro somministrata una terapia antibiotica di associazione di amoxicillina e acido clavulanico da 1 g (2 volte al gior-

no per 6 giorni) e nimesulide granulare 100 mg come analgesico (2 volte al giorno per 2 giorni e poi solo al bisogno) con la raccomandazione di assumere una dieta di cibi morbidi e freddi per almeno due giorni e di non praticare manovre di spazzolamento solamente nella zona endorale interessata dalla chirurgia. Le visite di controllo sono state programmate il giorno successivo all'intervento e dopo 8-10 giorni per la rimozione della sutura.

CASISTICA CLINICA

Riportiamo in questo articolo le principali applicazioni cliniche del Piezosurgery® in chirurgia pre-implantologica nella pratica della Scuola di Specializzazione in Chirurgia Odontostomatologica dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca.

Dal mese di gennaio 2005 al mese di giugno 2006 sono stati eseguiti nel nostro Reparto di Chirurgia Orale, presso l'Azienda Ospedaliera San Gerardo di Monza, gli interventi sono stati descritti in tabella 1.

SINUS LIFT

La riabilitazione implantare dei settori latero-posteriori del mascellare superiore risulta in alcuni casi limitata dalla presenza del seno mascellare.

Con la perdita degli elementi dentari si verifica nella zona post-estrattiva un graduale riassorbimento osseo e/o pneumatizzazione del seno mascellare con conseguente residuo di una cresta ossea insufficiente in altezza all'inserimento di impianti e a garantirne la stabilità primaria¹⁴.

In tali casi, a seconda dell'altezza crestale residua e della quantità di osso deficitaria, per garantire una buona stabilità e durata dell'impianto si può ricorrere a una tecnica chirurgica di aumento della dimensione verticale del processo alveolare tramite rialzo parcellare (piccolo rialzo di seno) o attraverso un grande rialzo del seno mascellare.

Il piccolo rialzo del seno in caso di osso residuo di buona qualità, di altezza ($\geq 6-7$ mm) e spessore adeguato (5-6 mm), è un intervento chirurgico conservativo e di relativa semplice esecuzione. Questo viene effettuato tramite osteotomi di dia-

Imeta ambienti professionali

Studi odontoiatrici monospecialistici
Ambulatori

metro crescente che, introdotti nel sito implantare precedentemente creato con associazione o meno di materiali da innesto, permettono il sollevamento della mucosa sinusale per via trans-crestale, tramite un graduale incremento pressorio con ottenimento di aumenti in altezza ossea dell'ordine di 1-5 mm^{15,16}.

In caso di cresta ossea di altezza inferiore ai 6mm e necessitando di incrementi verticali più importanti, si ricorre invece a un intervento maggiormente invasivo che prevede il sollevamento del pavimento del seno mascellare associato all'utilizzo di materiali da innesto, eseguito tramite una finestra ossea di accesso dalla parete antero-laterale del seno (tecnica di Caldwell-Luc) e inserimento immediato o differito di impianti¹⁷. L'apertura della finestra ossea può essere eseguita con l'ausilio della chirurgia piezoelettrica tramite osteoplastica o osteotomia (figure 2, 3), a seconda dello spessore osseo della parete vestibolare; nel caso di pareti ossee di spessore maggiore di 1mm, è possibile praticare l'accesso alla cavità sinusale tramite osteoplastica con il consumo graduale della parete ossea che permette tra l'altro di raccogliere frustoli ossei da poter utilizzare come materiale da innesto autologo.

Nel caso di pareti ossee di spessore esiguo è preferibile la tecnica osteotomica, delineando il taglio della finestra di accesso tramite apposito inserto diamantato^{11,18}.

La complicità più temibile di tale tecnica chirurgica è la perforazione della membrana di Schneider durante le manovre osteotomiche per l'apertura della finestra ossea e il suo sollevamento (figura 4)¹⁹.

tecnologia

Sale operative
Reception
Sterilizzazione
Sale attesa
Uffici

spazio

- Figure professionali e tecniche per consulenze e progetti.
- Tempi e costi definiti in sede di contratto e rispettati sino alla consegna.
- Espletamento di tutte le pratiche burocratiche.
- Adeguamenti strutturali alle normative vigenti.

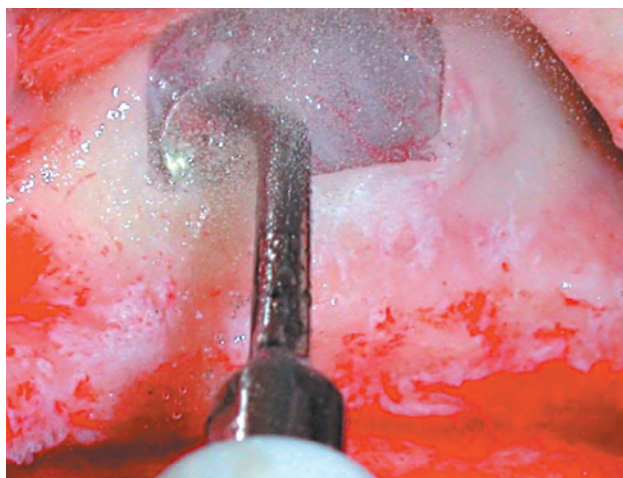
normative



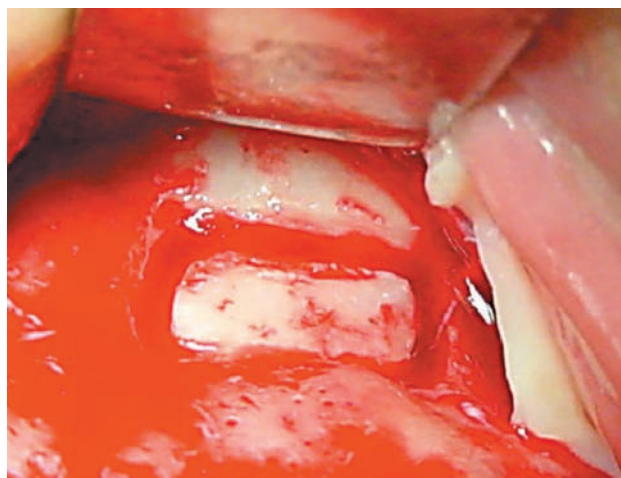
I M E T A
RISTRUTTURAZIONE D'INTERNI

imeta srl - Viale Sarca, 243 - 20126 Milano
Tel. 02.66108414 - Fax 02.66108422 - Email: info@imetaweb.it

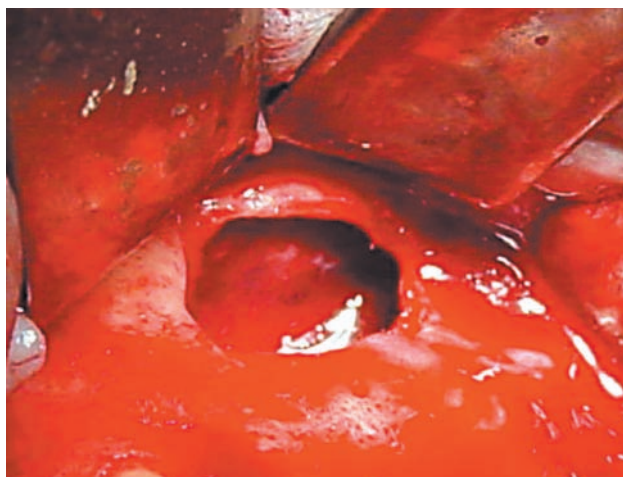
www.imetaweb.it



2. Apertura della finestra di accesso al seno mascellare tramite osteotomia eseguita con Piezosurgery® (notare l'abbondante irrigazione).



3. Linea osteotomica della finestra di accesso per il sinus lift eseguita con Piezosurgery®.



4. Fase di sollevamento della membrana schneideriana dalle pareti ossee.

Sebbene tale evenienza sia comunque legata all'esperienza dell'operatore, l'utilizzo del Piezosurgery®, in tali casi, permette di ridurre notevolmente tale rischio grazie alla possibilità di taglio esclusivo dei tessuti mineralizzati e di cessazione del funzionamento dell'apparecchiatura in caso di contatto accidentale con la membrana^{11,18}.

Bisogna però tenere conto che un utilizzo non corretto dello strumento possa comunque comportare la perforazione o la lacerazione della membrana, compromettendo l'esito dell'intervento chirurgico e incrementando la possibilità di insorgenza di complicanze post-operatorie, quali fistole oro-antrali e/o sinusiti, in seguito alla diffusione in

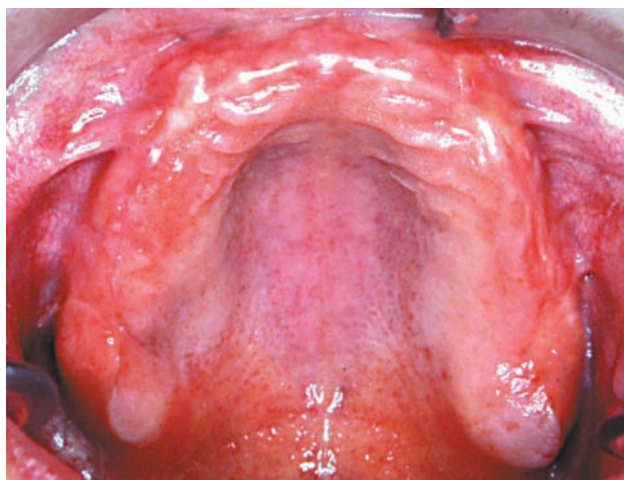
sede ectopica del tessuto innestato che va in necrosi per ridotta vascolarizzazione^{7,20}.

Il Piezosurgery® dispone tra l'altro di un inserto apposito che, inserendosi tra la membrana di Schneider e la parete ossea interna della finestra di accesso, facilita il clivaggio e il sollevamento della membrana stessa dalla parete ossea senza lacerazioni; inoltre, l'effetto di cavitazione dà origine a una pressione idropneumatica che contribuisce in modo atraumatico al sollevamento della membrana^{11,18} (figura 4).

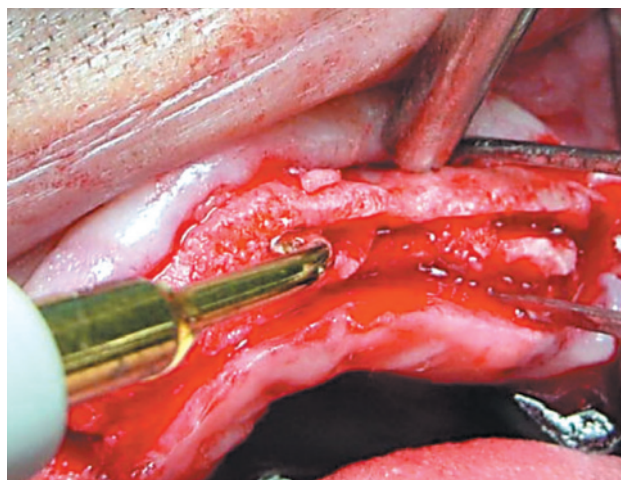
SPLIT CREST DEL MASCELLARE SUPERIORE

La riabilitazione tramite impianti osteointegrati richiede, oltre a corretti rapporti inter-mascellari e a una buona qualità dei tessuti molli peri-implantari, una presenza di osso di adeguato spessore, altezza e qualità in modo da garantire il successo a lungo termine²¹.

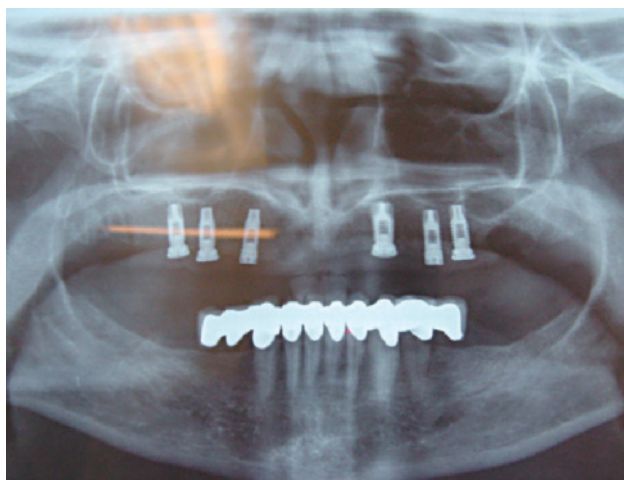
In caso di creste ossee di spessore esiguo l'inserimento degli impianti



5. Condizioni cliniche pre-operatorie per la split crest della figura 6.



6. Split crest del mascellare superiore effettuata con l'ausilio del Piezosurgery® al fine di inserire impianti a più ampio diametro.



7. OPT post-operatoria.

di misure standard sufficienti a sostenere adeguatamente il carico masticatorio nella zona latero-posteriore deve essere preceduto da un intervento chirurgico di espansione della cresta ossea (figure 5, 6, 7). In presenza di osso di tipo 3-4 e di adeguato spessore (4 mm), la tecnica chirurgica convenzionale prevede l'espansione della cresta tramite

l'utilizzo di osteotomi di diametro crescente¹⁶; tale espansione è resa possibile dall'elasticità del tessuto osseo del mascellare superiore.

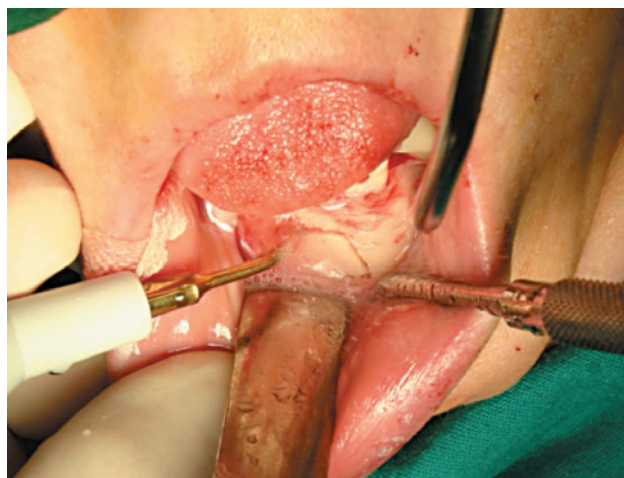
In caso di osso più compatto e di spessore non inferiore ai 3-4 mm e morfologia della cresta favorevole con volume crescente in direzione apicale, si ricorre invece al distanziamento in senso orizzontale delle

due corticali ossee tramite una frattura a legno verde, al fine di creare uno spessore osseo residuo compatibile all'inserimento delle fixture²². La frequenza ultrasonica modulata del Piezosurgery® permette l'espansione di creste edentule anche in caso di osso più compatto (tipo 1-2) e di 2-3 mm di spessore.

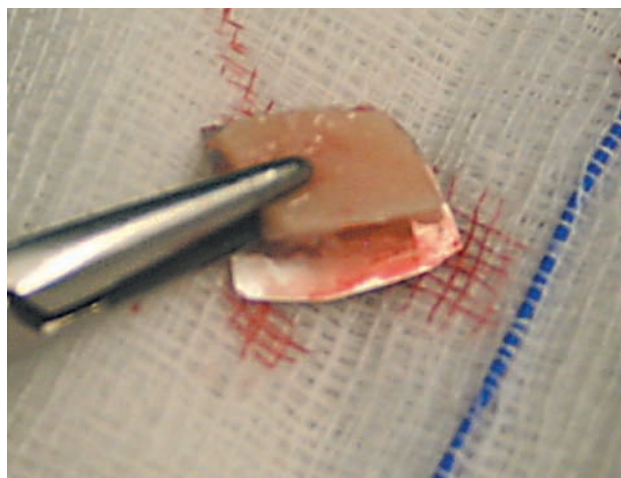
Si minimizza così il rischio di fratture iatrogene delle pareti ossee (più facili con la chirurgia convenzionale) e i conseguenti danni ischemici causa di necrosi del segmento osseo interessato. Si evitano anche altre complicazioni quali deiscenze e fenestrazioni con perdita di stabilità primaria dell'impianto²³.

PRELIEVO INTRAORALE DI OSSO AUTOLOGO IN BLOCCO O PARTICOLATO

Si è già accennato come la presenza di un'adeguata qualità e quantità ossea in spessore e altezza siano requisito indispensabile per un'impianto-



8. Prelievo di osso in blocco dalla sinfisi mentoniera eseguito con l'ausilio del Piezosurgery®.



9. Prelievo di osso autologo in blocco pronto per l'innesto.

logia di successo; l'implantologia moderna è riuscita a ovviare a questo limite grazie alle tecniche di chirurgia preprotetica e all'utilizzo di innesti di materiale autologo e non, associati o meno a membrane barriera²⁴.

In caso di insufficiente quantità ossea, è possibile effettuare, con l'ausilio del Piezosurgery®, dei prelievi di osso autologo in blocco (figure 8, 9) o particulati da sedi intraorali e utilizzarli come materiale da innesto²⁵. La tecnica di prelievo prevede, attraverso l'utilizzo dello strumento piezoelettrico, un miglior controllo dei margini osteotomici oltre a un accesso chirurgico con lembi meno ampi. Ciò è realizzato grazie anche alla disponibilità di punte con diversa angolazione a seconda delle differenti necessità.

In caso di prelievi da sedi donatrici meno accessibili e più a rischio per la vicinanza a strutture vascolo-nerve è garantita una maggiore sicurezza intra-operatoria dal miglior controllo e maneggevolezza intrin-

seca allo strumento con riduzione delle complicanze intra- e post-operatorie.

Inoltre, in caso di interventi eseguiti in sede ambulatoriale, la mini-invasività dello strumento e le ridotte vibrazioni percepite risultano in un minore discomfort per il paziente. Analisi istologiche eseguite su prelievi ossei particulati, ottenuti tramite l'ausilio di frese rotanti e tramite Piezosurgery®, hanno dimostrato in entrambi i casi la persistenza di cellule vitali capaci in vitro di differenziarsi in osteoblasti²⁵ all'interno dei bone chips prelevati.

DISCUSSIONE

Possiamo comparare la metodica tradizionale rotante e la tecnica del Piezosurgery®.

La metodica tradizionale comporta l'impiego di forza aggiuntiva per opporsi alla rotazione della fresa con conseguente incremento di macrovibrazioni, una diminuita sensibilità

tattile dell'operatore e conseguenze rilevanti soprattutto in caso di passaggio a strutture di consistenza ossea minore¹³.

Risultati di studi sperimentali dimostrano come l'ulteriore danno di tipo diretto o indiretto, determinato dall'incremento di temperatura arrecato dagli strumenti tradizionali ai tessuti molli vicini, possa compromettere l'apporto sanguigno locale e contribuire alla perdita di vitalità del tessuto osseo di pertinenza.

La tecnica tradizionale rotante comporta fenomeni di osteonecrosi marginale del segmento osseo coinvolto, come conseguenza del danno termico subito dalla zona trattata, che andrebbe incontro ad alterazioni strutturali delle proteine e modificazioni del metabolismo e dell'attività di alcuni enzimi^{8,10,26,27}. Ulteriore fattore a sfavore della tecnica osteotomica eseguita con strumenti rotanti è la possibile contaminazione del sito chirurgico determinata dalla dispersione di micro-

particelle metalliche, responsabile di potenziali alterazioni strutturali del tessuto osseo oltre a effetti tossici a livello cellulare locale^{25,28}.

Il Piezosurgery® offre una precisione di taglio maggiore con un migliore controllo dello strumento in quanto è necessario una forza di applicazione del manipolo inferiore. Inoltre è stato osservato che in seguito all'utilizzo del Piezosurgery® si ottiene una neoformazione ossea più rapida e migliore rispetto a quella ottenuta in siti trattati con frese rotanti^{11,13}.

La superficie ossea di taglio ottenuta con l'ausilio della chirurgia piezoelettrica si è vista non presentare segni di necrosi coagulativa; a dimostrazione di ciò la presenza di superfici ossee con osteociti vitali e prive di danni citoplasmatici⁷.

L'unico limite di tale tecnica chirurgica è il maggior tempo necessario per eseguire il taglio³, che può essere considerato però di poca rilevanza se comparato alla minore morbilità del paziente resa possibile dalla mini-invasività dello strumento, dalla migliore guarigione tissutale conseguente al minor trauma e alla possibilità di operare con relativa maggiore sicurezza in zone anatomiche a rischio.

Per i motivi suddetti di ordine tecnico-biologico la nostra clinica predilige, laddove ce ne siano le indicazioni, l'uso del Piezosurgery®.

Corrispondenza: Fabrizio Carini
Università degli Studi di Milano Bicocca
Clinica Odontoiatrica,
Ospedale San Gerardo Nuovo, Villa Serena
via Pergolesi 33, 20052 Monza (MI)
e-mail: f.carini@hsgerardo.org

BIBLIOGRAFIA

- Horton JE, Tarpley TM, Jr Jacoway J. Clinical applications of ultrasonic instrumentation in the surgical removal of bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1981;51:236-42.
- Vercellotti T. Piezoelectric surgery in implantology: a case report – a new piezoelectric ridge expansion technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:358-65.
- Schaller BJ, Gruber R, Merten HA, Kru-schat T, Schliephake H, Buchfelder M, Ludwig HC. Piezoelectric bone surgery: a revolutionary technique for minimally invasive surgery in cranial base and spinal surgery? Technical note. *Neurosurgery* 2005; 57:E410;discussion E410.
- Lambrech JT. Intraoral piezosurgery. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004;114:28-36.
- Robiony M, Polini F, Costa F, Vercellotti T, Politi M. Piezoelectronic bone cutting in multiple maxillary osteotomies. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:759-61.
- Vercellotti T, Crovace A, Palermo A, Mol-fetta A. The piezoelectric osteotomy in orthopedics: clinical and histological evaluations (pilot study in animals). *Med J Surg Med* 2001; 9:89-95.
- Stübinger S, Kutenberger J, Filippi A, Sader R, Zeilhofer HF. Intraoral piezosurgery: preliminary results of a new technique. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:1283-7.
- Dyson M. Non-thermal cellular effect of ultrasound. *Br J Cancer* 1982;45:165S-71S.
- Eggers G, Klein J, Blank J, Hassfeld S. Piezosurgery: an ultrasound device for cutting bone and its use and limitations in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2004;42:451-3.
- Kerawala CJ, Martin IC, Allan W, Williams E.D. The effect of operator technique and burr design on temperature during osseous preparation for osteosynthesis self-tapping screws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:145-50.
- Vercellotti T. Technological characteristics and clinical indications of piezoelectric bone surgery. *Minerva Stomatol* 2004; 53: 207-14.
- Bond LJ, Cimino WW. Physics of ultrasonic surgery using tissue fragmentation. *Ultrasonics* 1996; 34:579-851.
- Vercellotti T, Nevins ML, Kim DM, Nevins M, Wada K, Schenk RK, Fiorellini JP. Osseous response following resective therapy with piezosurgery. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:543-9.
- Cawood JJ, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988;17:232-6.
- Tatum OH Jr. Maxillary and sinus implant reconstruction. *Dent Clin North Am* 1986; 30:207-29.
- Summers RB. Maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compend Cont Educ Dent* 1994;15:152-62.
- Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 1980;38:613-6.
- Vercellotti T, De Paoli S, Nevins M. The piezoelectric bony window osteotomy and sinus membrane elevation: introduction of a new technique for simplification of the sinus augmentation procedure. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001;21:561-7.
- Vlasis JM, Fugazzotto PA. A classification system for sinus membrane perforations during augmentation procedures with options for repair. *J Periodontol* 1999;70:692-9.
- Timmenga NM, Raghebar GM, Van Weissenbruch R, Vissink A. Maxillary sinusitis after augmentation of the maxillary sinus floor. A report of 2 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 2001; 59:200-4.
- Rossi A, Chiapasco M. Il rialzo del seno mascellare a scopo implantologico: classificazione del deficit osseo, tecniche di trattamento e biomateriali impiegabili. *Implantologia* 2004;1:41-57.
- Scipioni A, Bruschi GB, Calesini G. The edentulous ridge expansion technique: a five-year study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1994;14:451-9.
- Vercellotti T, Russo C, Gianotti S. A new piezoelectric ridge expansion technique in the lower arch: a case report. *World Dent* 2000;1 (on line).
- Buser D, Dula K. Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. Surgical procedure in the maxilla. *Int J Periodont Rest Dent* 1993;13:29-45.
- Chiriac G, Herten M, Schwarz F, Rothamel D, Becker J. Autogenous bone chips: influence of a new piezoelectric device (Piezosurgery®) on chip morphology, cell viability and differentiation. *J Clin Periodontol* 2005; 32:994-9.
- Danckwardt-Lilliestrom G, Lorenzi GL, Olerud S. Intramedullary nailing after reaming. An investigation on the healing process in osteotomized rabbit tibias. *Acta Orthopædica Scandinavica* 1970;134:1-78.
- Hoegel F, Mueller CA, Peter R, Pfister U, Suedkamp NP. Bone debris: dead matter or vital osteoblasts. *J of Trauma* 2004;56: 363-7.
- Hobkirk JA, Rusiniak K. Metallic contamination of bone during drilling procedures. *J of Oral Surg* 1978;36:356-60.

In redazione da agosto 2006

