

TRATTAMENTO DELLE CRESTE EDENTULE NEI SETTORI POSTERIORI CON GRIGLIE SUB-PERIOSTALI

TREATMENT OF POSTERIOR EDENTULOUS RIDGES WITH SUBPERIOSTEAL FRAMEWORKS

Mauro Cerea

Chirurgo Maxillo-Faciale,
Bergamo

Gianmario Carraro

Libero Professionista, Lainate

Bruno Trifone Lorenzo

Libero professionista,
Adelfia(Ba)

Lo studio analizza l'impiego degli impianti sub-periosteici come soluzione chirurgica nei pazienti con edentulia dei settori posteriori, in relazione alle caratteristiche quantitative e qualitative dell'osso residuo. Vengono approfonditi la pianificazione del trattamento, la fase chirurgica, le strategie di superficie implantare e il percorso di follow-up post-operatorio, con l'obiettivo di valutarne fattibilità ed efficacia clinica

La riabilitazione implantare nei settori posteriori in presenza di atrofia ossea rappresenta una sfida clinica frequente, soprattutto quando il volume residuo limita l'impiego degli impianti endossei convenzionali o richiede procedure rigenerative complesse. In questo scenario, la ricerca di soluzioni alternative, meno invasive e più predicibili, ha riportato l'attenzione verso approcci implantari diversi, oggi rivalutati alla luce delle tecnologie digitali. Tra i fattori che hanno contribuito a questa evoluzione, un ruolo centrale è svolto dallo sviluppo dei materiali e delle tecnologie di produzione implantare.

La lega di titanio oggi tipicamente utilizzata in implantologia dentale è di grado 4 o 5 (TiAl6V4), la stessa impiegata anche in chirurgia ortopedica per gli impianti totali d'anca. Gli impianti dentali sono generalmente ottenuti da un'asta di titanio, fresata nella forma desiderata e successivamente sottoposta a trattamenti di superficie. I dispositivi in titanio offrono infatti diverse possibilità di modifica superficiale, attraverso metodi additivi o sottrattivi, e nel tempo sono state sviluppate numerose procedure per migliorarne la biocompatibilità e l'integrazione sia con l'osso sia con i tessuti molli.

L'applicazione di impianti dentali convenzionali può tuttavia risultare problematica nei casi di edentulia, condizione spesso associata a vari gradi di riassorbimento dell'osso alveolare mascellare, con conseguenti alterazioni funzionali ed estetiche e una riduzione della qualità di vita. In presenza di grave atrofia mascellare, la riabilitazione mediante impianti

endossei può risultare complessa o non indicata; tradizionalmente, questi pazienti vengono trattati mediante procedure di innesto osseo finalizzate alla ricostruzione del processo alveolare. Tali tecniche, tuttavia, presentano limiti legati alla complessità chirurgica, alla morbilità, ai tempi di trattamento e alla variabilità dei risultati. In questo contesto, gli impianti sub-periosteici, in quanto meno dipendenti dallo spessore dell'osso disponibile, possono rappresentare un'alternativa valida ai dispositivi endossei. Negli ultimi anni si è assistito a un rinnovato interesse per questi impianti, anche grazie all'introduzione di nuovi approcci progettuali e all'implementazione di flussi di lavoro completamente digitali. Rispetto al passato, una delle principali innovazioni è rappresentata dalla possibilità di realizzare impianti sub-periosteici in leghe di titanio, in sostituzione delle tradizionali leghe di cobalto-cromo (Co-Cr). Questa evoluzione ha permesso di superare alcuni dei principali limiti storicamente associati all'implantologia sub-periostale: l'imprecisione nell'adattamento osseo (misfitting), infatti, era responsabile di riassorbimento osseo e, di conseguenza, di intolleranza a breve e medio termine del manufatto:

- errato rapporto carico/superficie;
- appoggio della griglia su osso di bassa densità;
- micromovimenti durante il carico per inappropriata stabilità primaria;
- ipersensibilità al metallo in caso di fusioni in lega di cromo-cobalto;
- necessità di due interventi.

PAROLE CHIAVE

impianti sub-periosteici, griglie sub-periosteali, edentulia posteriore, CAD/CAM SLM, osteointegrazione

KEY WORDS

subperiosteal implants, subperiosteal grids, posterior edentulism, CAD/CAM SLM, osseointegration



1a



1b

MATERIALI E METODI

Diagnostica e piano di trattamento

Alla nostra attenzione viene sottoposta una paziente di 50 anni con una cresta edentula nel settore 3 (Figure 1a-b). L'esame radiologico, eseguito mediante OPT panoramica e CBCT, evidenzia un'atrofia verticale con una distanza dal canale mandibolare di circa 6 mm (Figure 2a-b).

Il volume osseo residuo risulta insufficiente per consentire un'implantologia endossea, mentre lo spessore trasversale della cresta, pari a circa 8 mm, permette di delineare i presupposti per una valutazione chirurgica alternativa.

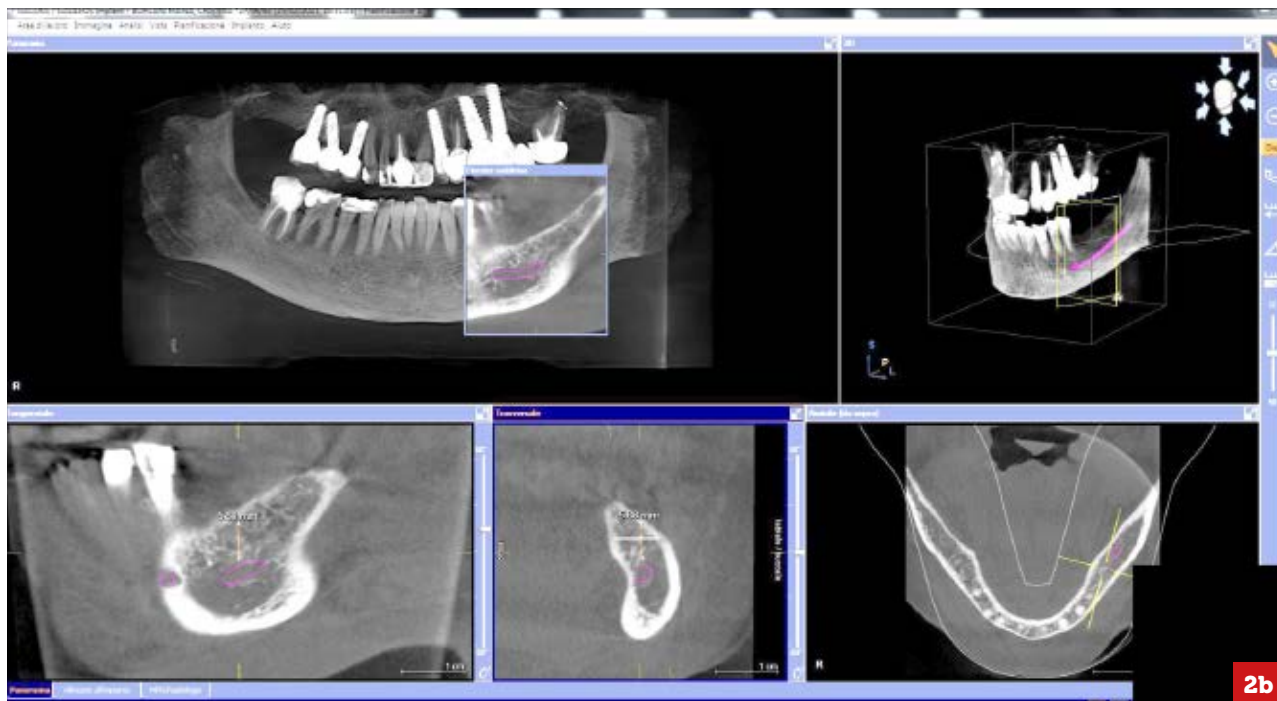
A seguito dell'esecuzione della Cone Beam, viene realizzato un modello litostereografico della mandibola su cui si procede alla progettazione di una griglia sub-periostale¹. È inoltre necessario valutare

1a-b. Situazione clinica iniziale del difetto orizzontale e verticale

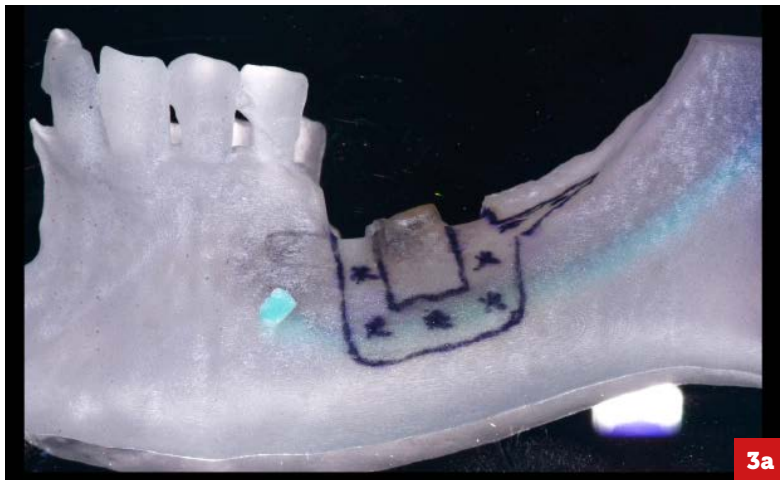
2a-b. Radiografia panoramica e CBCT del difetto osseo



2a



2b



3a



3b

3a-b. Progetto stereolitografato e dima per osteotomia adattiva

la componente densitometrica della corticale mandibolare, al fine di determinare la compattezza ossea minima necessaria per l'alloggiamento del manufatto implantare².

Fasi di laboratorio

Realizzato il primo biomodello 3D in resina sulla base della CBCT, utilizzato per le prove preliminari di fitting, vengono successivamente prodotti i dispositivi necessari alla fase chirurgica.

In particolare, oltre alla griglia sub-periostale in titanio anodizzato con trattamento di superficie per favorire l'osteointegrazione, vengono realizzati ulteriori sistemi ausiliari intraoperatori, tra cui:

- dima chirurgica per osteotomia e per l'appiattimento dei sottosquadri;
- griglia sub-periostale con trattamento di superficie per osteointegrazione in titanio anodizzato.

La dima viene progettata e realizzata mediante stampa 3D in resina trasparente, con apposite finestre di accesso (a "botola") che consentono il raggiungimento, tramite fresa o inserti piezoelettrici, di eventuali sottosquadri o irregolarità ossee. L'obiettivo è garantire il miglior adattamento possibile ("best fitting") della griglia sulla cresta edentula.

Il processo è sviluppato a partire da un modello stereolitografico ottenuto da CBCT, sul quale vengono inoltre effettuate le prove preliminari di adattamento³. Le griglie (sia quella di prova sia quella definitiva) vengono prodotte seguendo la sistematica CAD/CAM SLM (Selective Laser Melting). SLM è attualmente utilizzato per la fabbricazione, la riparazione e il rivestimento di componenti tridimensionali in una vasta gamma di applicazioni industriali e consiste essenzialmente nella deposizione assistita da computer di strati di polvere metallica o filo attraverso sinterizzazione e risolidificazione⁴. Lo stretto apporto

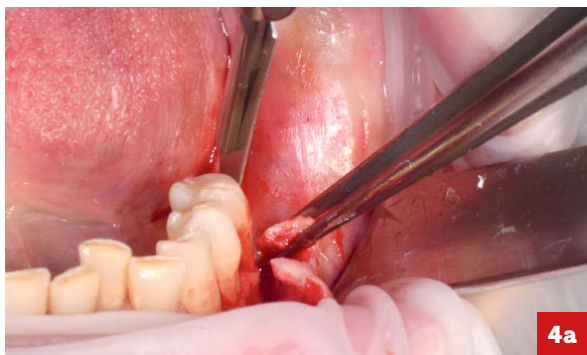
di calore fornito da un raggio laser durante il processo di deposizione consente la generazione di geometrie solide a parete sottile, rendendo così possibile la costruzione di strutture irregolari e complesse da un punto di vista tridimensionale con un grado di precisione molto elevato. Nel campo dell'odontoiatria restaurativa, la produzione additiva di SLM si sta attualmente spostando verso la produzione personalizzata di impianti, che possono essere fabbricati con precisione secondo i dati biometrici dei singoli pazienti⁵. Il workflow digitale prevede le seguenti fasi principali:

- impronta diagnostica per modello studio e CBCT, eseguita con dima radiologica, con sviluppo del biomodello 3D;
- previsualizzazione della sella edentula in relazione al progetto iniziale di griglia sul software di CAD, in relazione inoltre alle uscite protesiche e al manufatto provvisorio;
- procedura laser melting con polvere di titanio grado 5;
- fasi di rifinitura della griglia sub-periostale⁶.

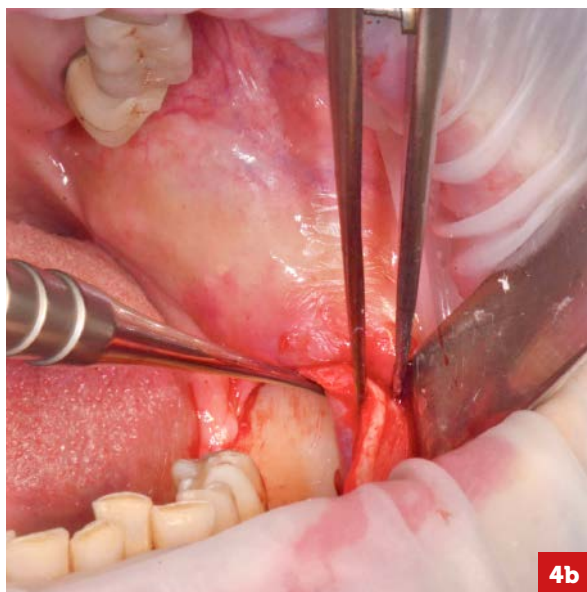
Trattamento di superficie

La griglia sub-periostale così prodotta viene poi inviata in un'azienda per il ciclo di pulizia, decontaminazione in camera bianca, trattamento di superficie e packaging (Figure 3a-b). Le tipologie di griglie sub-periostali vengono classificate clinicamente in quattro differenti sottoclassi:

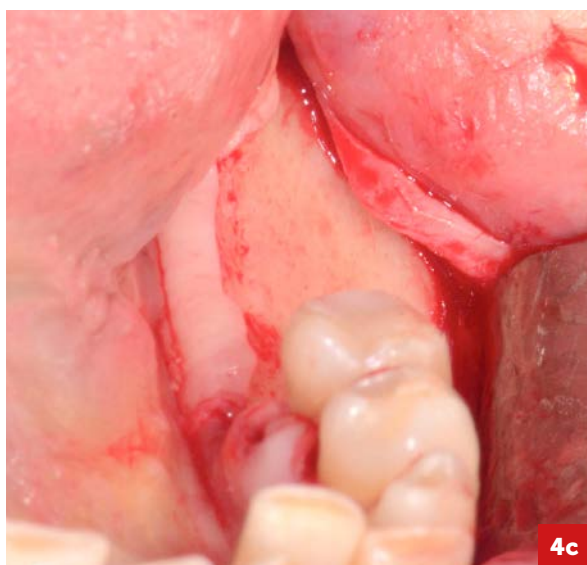
- micro per un singolo elemento dentale dotata di abutment monofasico o bifasico;
- mini per una protesi da 2 o 4 elementi dotata di abutment monofasico o bifasico;
- parziale per riabilitare emiarcate dotata di 3 o 4 abutment monofasici o bifasici;
- totale per una arcata completa dotata di



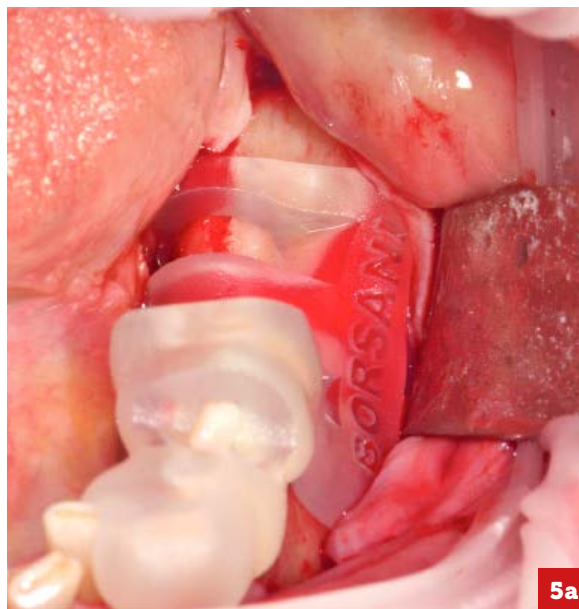
4a



4b



4c



5a



5b

4a-c. Incisione trapezoidale e scollamento del lembo, incisione di rilascio del periostio ed esposizione della compagine ossea
5a-b. Fitting della dima

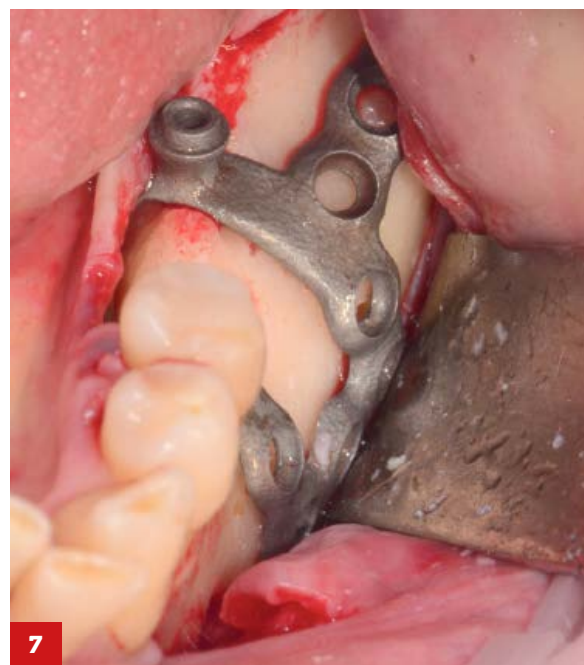
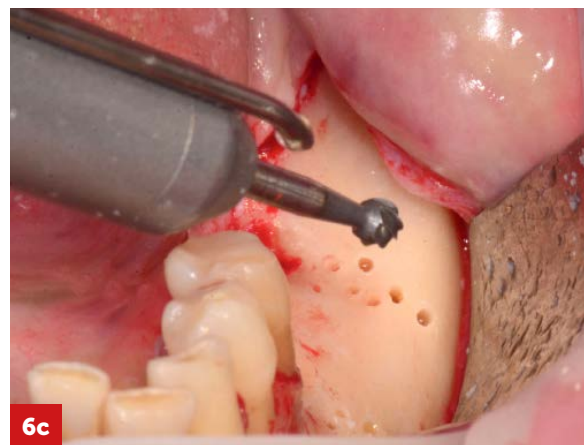
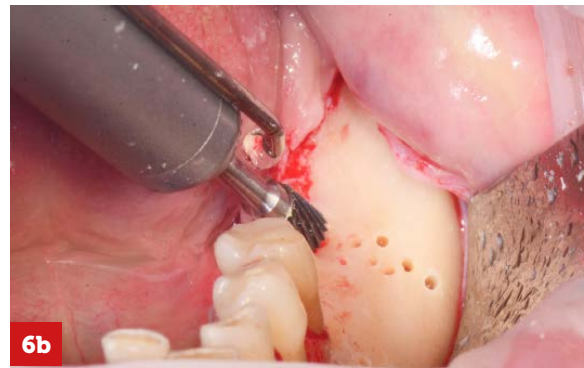
abutment monofasici o bifasici. Il progetto virtuale iniziale prevede già i fori di fissaggio per viti di osteosintesi nelle zone di maggior densità ossea, e possono ingaggiare perfettamente viti da diametro 2 o 2,3 mm. Nel caso specifico si opta per una griglia di tipo “mini” al fine di protesizzare due elementi.

Fasi operatorie

Prima dell'intervento, si somministra al paziente un'anestesia plessica con articaina 1:100000 con adrenalina. Il campo operatorio viene isolato mediante soluzione extraorale a base di betadine e intraoralmente con clorexidina.

Il chirurgo effettua un'incisione a tutto spessore a ridosso della mucosa cheratinizzata con flap shape trapezoidale e esposizione parziale della compagine ossea coinvolta (7). Si eleva il lembo mediante scollatore e si provvede al distacco della parte inferiore del pavimento adiacente al fornice al fine di esporre il corpo mandibolare. L'incisione viene eseguita con attenzione per evitare danni ai tessuti circostanti. Conclusa la fase inerente all'apertura del lembo si monitora l'irrorazione sanguigna allo scopo di determinare il self-living dei tessuti cheratinizzati⁸ (Figure 4a-c).

6a-c. Osteotomie e fori di irrorazione
 7. Griglia di prova per il fitting adattivo finale



A questo punto si procede con l’inserimento, con osso esposto a “cielo aperto”, di una dima chirurgica realizzata su misura per la fase di osteotomia selettiva della cresta ossea. La dima è stata elaborata sulla base del sistema griglia finale per l’eliminazione dei sottosquadri ossei (specialmente quelli a ridosso della linea miloioidea e sull’osso corticale)⁹, sulla base anatomica relativa alla knife-edge shape cresta (Figure 5a-b).

A questo scopo si può procedere, con l’ausilio di frese a rosetta multilama irrigate costantemente da soluzione salina, alla rimozione degli ostacoli al fitting della griglia. Per l’appiattimento della corticale ci si avvale di una fresa cilindrica multilama in carburo di tungsteno¹⁰. Ultimate le procedure di adattamento con la dima, si procede alla verifica del fitting in situ mediante una griglia di prova in titanio.

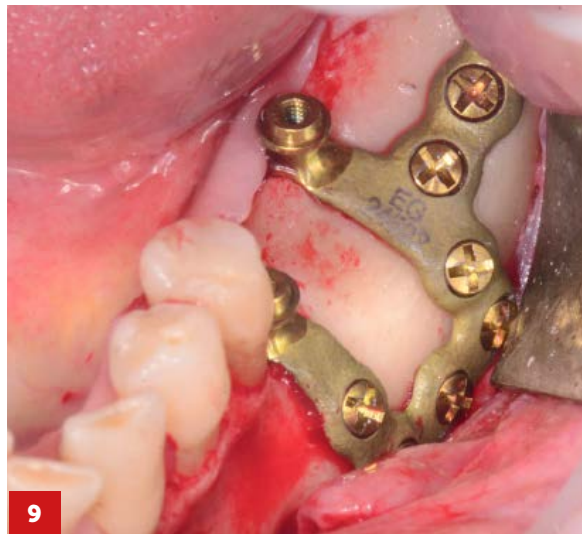
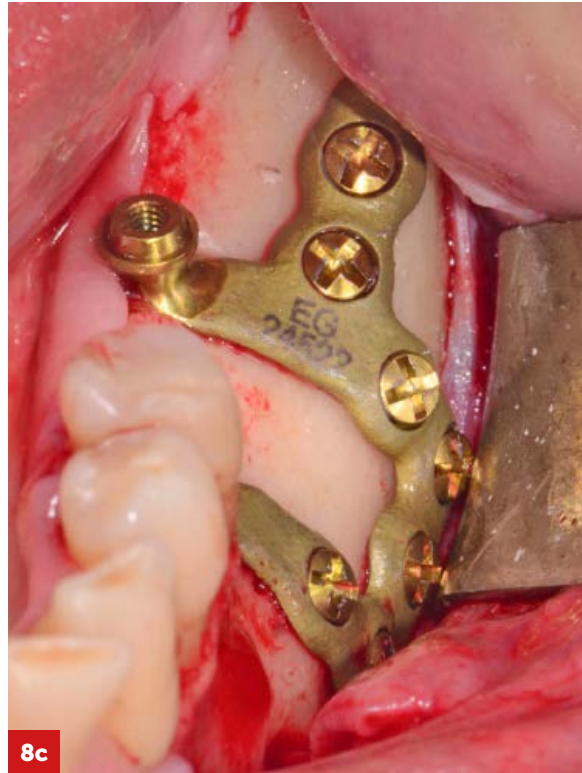
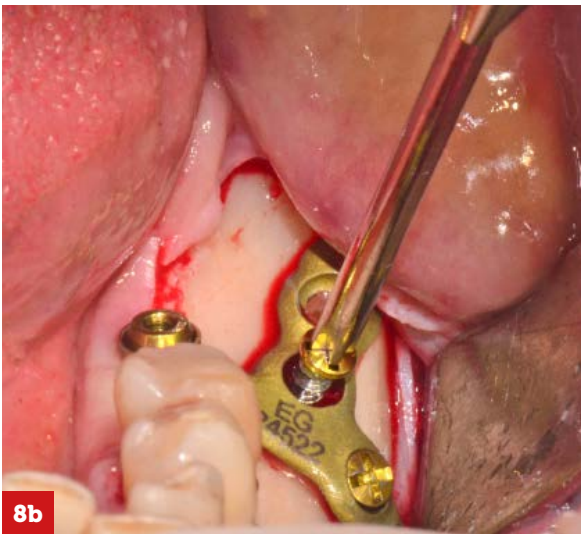
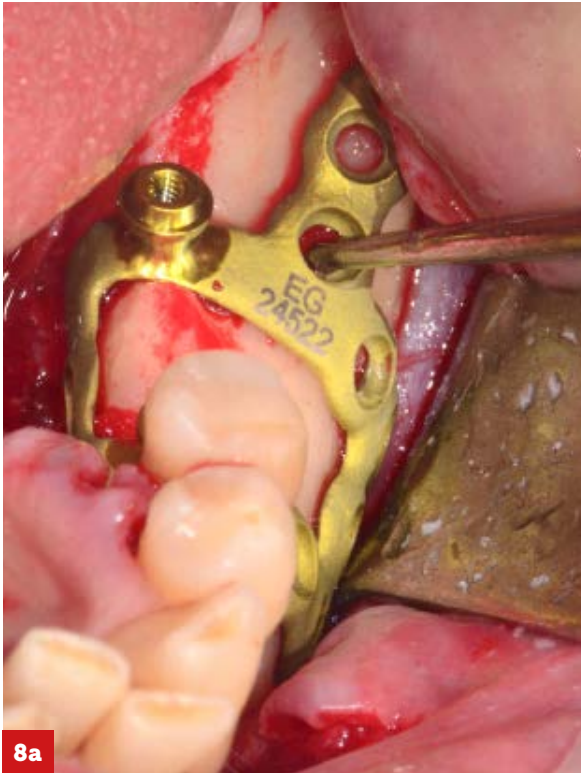
In caso di interferenze o ostacoli all’inserimento, si interviene con fresa a rosetta per la rimozione selettiva delle aree di conflitto, mantenendo sempre la dima come riferimento di supporto per garantire la precisione dell’adattamento¹¹.

È opportuno ricordare che, durante le procedure di osteotomia, la rimozione ossea viene eseguita in modo intermittente e controllato, al fine di evitare sovrappreparazioni eccessive.

In alternativa all’utilizzo delle frese, può essere

adottato un approccio piezoelettrico atraumatico, che consente una maggiore precisione e una riduzione al minimo della perdita di tessuto osseo sano.

Si continua con fissuring bur praticando in sede vestibolare dei fori all’interno della compagine ossea al fine di garantire una costante irrorazione sanguigna durante le fasi di guarigione e osteointegrazione¹² (Figure 6a-c).



8a-c. Fissaggio griglia definitiva:
fasi di inserimento

9. Situazione clinica post
avvitamento

A questo punto, stabilito il best fitting della griglia di prova, si procede all'inserimento dell'impianto subperiostale (Figura 7).

Le procedure di fissaggio sono simili a quelle degli impianti endosseï standard:

- inserimento della griglia a ridosso della sella ossea;
- preparazione del sito di inserimento delle viti di osteosintesi;
- valutazione della stabilità primaria¹³.

Per la preparazione del sito di inserimento delle singole viti di osteosintesi si utilizzano frese lanceolate in sequenza fino al raggiungimento di un diametro inferiore di 0,5 mm rispetto alla vite

da inserire¹⁴ (Figure 8a-c). Per quanto riguarda lo screwing finale delle viti, questo viene stabilito in modo meccanico mediante una chiave manuale o screwdriver da manopolo.

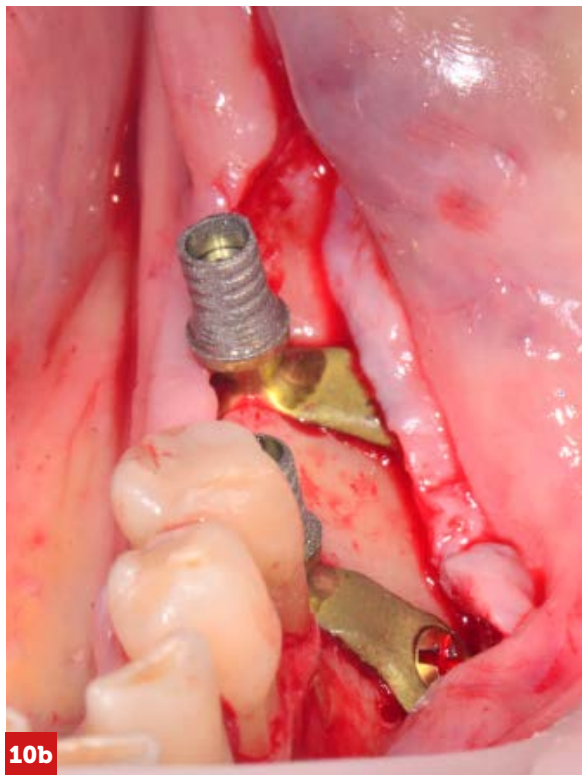
Si suggerisce di preparare il sito usando la corretta fresa a lancia in combinazione a un adeguato processo di perforazione (velocità consigliata 1200 rpm).

La direzione e profondità devono essere accuratamente valutate. Le viti vengono inserite ad un valore massimo di 45 Ncm¹⁵ (Figura 9).

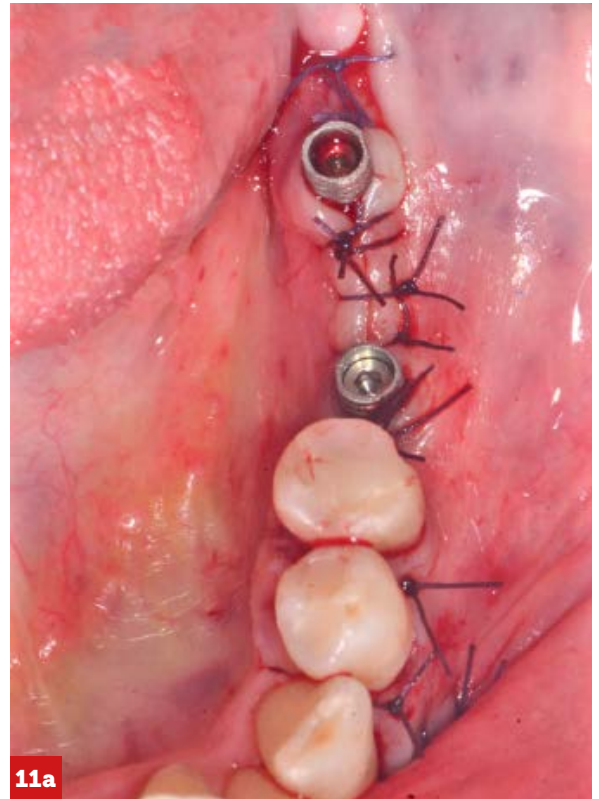
Concluse le fasi di serraggio e constatata la stabilità in situ del manufatto, si procede con l'inserimento delle sovrastrutture avvitate (T-base) (Figure 10a-b).



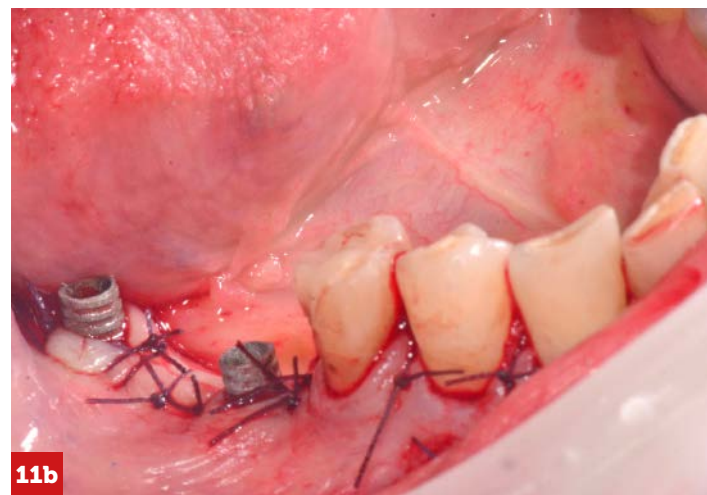
10a



10b



11a



11b

10a-b. Inserimento abutment

11a-b. Sutura

Concluse le procedure di ancoraggio della griglia, si procede con la sutura del lembo con nodi staccati e filo in seta 3-4/0 (Figure 11a-b).

Con tecnica a carico immediato viene subito inserito un restauro in PMMA, svincolato occlusalmente, per conferire alla zona interessata un iniziale accenno masticatorio¹⁶ (Figure 12a-b).

Follow up e tempi di guarigione

Formazione del coagulo: nella sede chirurgica si forma

un coagulo ematico che avvia il processo di guarigione tissutale. Al paziente viene prescritta terapia antibiotica a base di amoxicillina e acido clavulanico, associata a terapia antidolorifica al bisogno.

Fase di rimodellamento: il tessuto di granulazione va incontro a progressiva maturazione e riorganizzazione, trasformandosi in tessuto cicatriziale più strutturato, con conseguente ripristino della morfologia e della funzionalità dei tessuti molli. L'osteointegrazione avviene attraverso il naturale

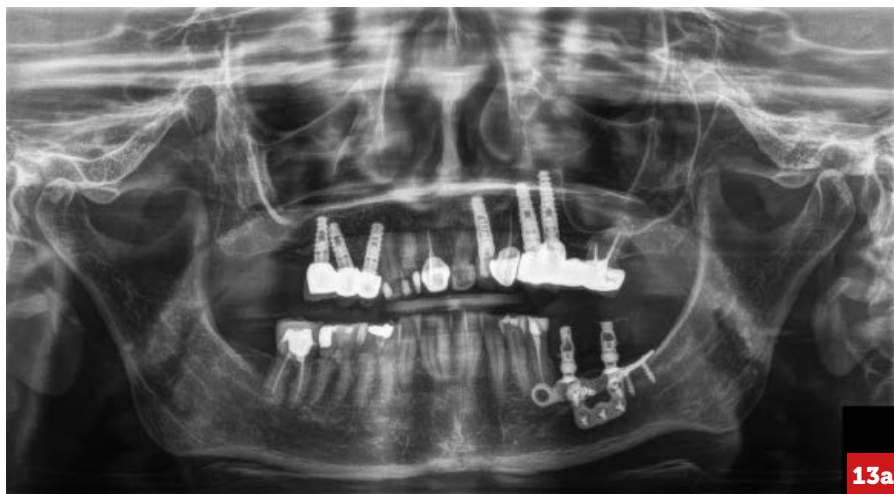


12a



12b

12a-b. Posizionamento dei provvisori
13a-b. Rx finali



13a

processo di riparazione ossea. Entro circa quattro giorni, capillari, fibroblasti e cellule infiammatorie danno origine al tessuto di granulazione. Successivamente, gli osteoblasti depongono una matrice collagena denominata osteoide. La riduzione dell'acidità tissutale si osserva intorno ai 10 giorni, condizione che favorisce l'avvio della fase di mineralizzazione. L'unione ossea si completa generalmente in 4-6 settimane. Il rimodellamento osseo completo richiede circa sei mesi a livello mandibolare (Figure 13a-b).

DISCUSSIONE

L'impianto sub-periostale presenta vantaggi e limiti che ne condizionano l'indicazione clinica. Tra i principali punti di forza vi sono la possibilità di



13b

utilizzo in presenza di volume osseo insufficiente e la buona stabilità primaria garantita dalla struttura reticolare personalizzata. Tra gli aspetti critici, invece, si segnalano la necessità di una pianificazione estremamente accurata, una maggiore invasività chirurgica e una marcata dipendenza dall'esperienza dell'operatore.

CONCLUSIONI

La griglia sub-periostale rappresenta un'alternativa implantologica valida nei pazienti con riduzione ossea o controindicazioni agli impianti endossei. Richiede però pianificazione accurata, esperienza chirurgica e valutazione individuale per garantire successo a lungo termine.

ABSTRACT

Obiettivi: lo studio si propone di valutare l'efficacia e la fattibilità degli impianti dentali sub-periosteali come opzione chirurgica per i pazienti con edentulia nei settori posteriori, considerando la quantità e la qualità dell'osso disponibile. Vengono esaminati gli obiettivi di pianificazione, la procedura chirurgica, il trattamento di superficie e il follow-up post-operatorio.

Materiali e Metodi: un'analisi dettagliata viene condotta su una paziente di 50 anni con atrofia verticale nella zona del settore 3, utilizzando la classificazione di Misch-Judy. La pianificazione del trattamento coinvolge l'utilizzo di modelli stereolitografici, cone beam, e la produzione di griglie sub-periosteali mediante la tecnologia CAD/CAM SLM. La procedura chirurgica, basata su una dima personalizzata, prevede l'uso di frese e viti di osteosintesi, seguita da un trattamento di superficie specifico. Il follow-up post-operatorio è considerato cruciale per valutare la guarigione dei tessuti molli e l'osteointegrazione.

Discussione: gli impianti sub-periosteali offrono un'alternativa preziosa quando la quantità o la qualità dell'osso rendono difficile l'utilizzo degli impianti endossei. Tuttavia, la procedura richiede una pianificazione accurata e un chirurgo esperto, considerando la maggiore invasività e la necessità di follow-up attento. Il successo a lungo termine dipende dalla gestione precisa delle fasi operative e post-operatorie.

Conclusioni: l'utilizzo degli impianti dentali sub-periosteali è una valida opzione per affrontare l'edentulia nei settori posteriori, offrendo un supporto solido e una protesi personalizzata. La decisione di adottare questa tecnica deve essere basata su una valutazione individuale del paziente, una pianificazione accurata e una gestione post-operatoria attenta. Con l'approccio giusto, gli impianti sub-periosteali possono significativamente migliorare la qualità della vita dei pazienti.

Significato clinico: questo studio fornisce una panoramica approfondita sull'applicazione degli impianti dentali sub-periosteali, evidenziando i benefici e le sfide associate. I risultati sottolineano l'importanza della pianificazione precisa e della gestione post-operatoria per garantire il successo a lungo termine di questa tecnica. Gli impianti sub-periosteali rappresentano una risorsa preziosa in situazioni complesse di edentulia, contribuendo al miglioramento della funzionalità e dell'estetica dentale.

Objectives: The study aims to evaluate the effectiveness and feasibility of subperiosteal dental implants as a surgical option for patients with edentulism in the posterior regions, considering the quantity and quality of available bone. Planning objectives, surgical procedures, surface treatment, and post-operative follow-up are examined.

Materials and Methods: A detailed analysis is conducted on a 50-year-old patient with vertical atrophy in the sector 3 area, using the Misch-Judy classification. Treatment planning involves the use of stereolithographic models, cone beam imaging, and the production of subperiosteal grids using CAD/CAM SLM technology. The surgical procedure, based on a customized template, involves the use of drills and osteosynthesis screws, followed by a specific surface treatment. Post-operative follow-up is considered crucial to assess soft tissue healing and osseointegration.

Discussion: Subperiosteal implants offer a valuable alternative when the quantity or quality of bone makes the use of endosseous implants challenging. However, the procedure requires accurate planning and an experienced surgeon, considering increased invasiveness and the need for careful follow-up. Long-term success depends on precise management of operative and post-operative phases.

Conclusions: The use of subperiosteal dental implants is a valid option for addressing edentulism in the posterior regions, providing solid support and a customized prosthesis. The decision to adopt this technique should be based on an individual assessment of the patient, accurate planning, and careful post-operative management. With the right approach, subperiosteal implants can significantly improve patients' quality of life.

Clinical significance: This study provides a comprehensive overview of the application of subperiosteal dental implants, highlighting the associated benefits and challenges. The results emphasize the importance of precise planning and post-operative management to ensure long-term success with this technique. Subperiosteal implants represent a valuable resource in complex cases of edentulism, contributing to the improvement of dental functionality and aesthetics.

BIBLIOGRAFIA

1. Carnicero A, Peláez A, Restoy-Lozano A, Jacquot I, Perera R. Improvement of an additively manufactured subperiosteal implant structure design by finite elements based topological optimization. *Sci Rep.* 2021 Jul 28;11(1):15390.
2. Bouchalova P, Bouchal P. Current methods for studying metastatic potential of tumor cells. *Cancer Cell Int.* 2022 Dec 9;22(1):394.
3. Marconi GD, Fonticoli L, Della Rocca Y, Oliva S, Rajan TS, Trubiani O, Murmura G, Diomedea F, Pizzicannella J. Enhanced Extracellular Matrix Deposition on Titanium Implant Surfaces: Cellular and Molecular Evidences. *Biomedicines.* 2021 Nov 18;9(11):1710.
4. Marconi GD, Fonticoli L, Della Rocca Y, Rajan TS, Piattelli A, Trubiani O, Pizzicannella J, Diomedea F. Human Periodontal Ligament Stem Cells Response to Titanium Implant Surface: Extracellular Matrix Deposition. *Biology (Basel).* 2021 Sep 18;10(9):931.
5. Zhang K, Shang XF, Liu WJ. Laser metal deposition shaping system for direct fabrication of parts. *Appl Mech Mater.* 2011;66-68:2202-2207.
6. Papadakis L. Modeling and simulation of additive manufacturing processes with metallic powders. In: Pou J, Riveiro A, Davim JP, eds. *Handbooks in Advanced Manufacturing: Additive Manufacturing.* Amsterdam, The Netherlands: Elsevier; 2021.
7. Javid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2019 Jul-Sep;9(3):179-185.
8. Kurtzman GM, Schwartz K. The subperiosteal implant as a viable long-term treatment modality in the severely atrophied mandible: a patient's 40-year case history. *J Oral Implantol.* 1995;21(1):35-9.
9. Cerea M, Dolcini GA. Custom-Made Direct Metal Laser Sintering Titanium Subperiosteal Implants: A Retrospective Clinical Study on 70 Patients. *Biomed Res Int.* 2018 May 28;2018:5420391.
10. Roy M, Corti A, Dorocka-Bobkowska B, Pompella A. Positive effects of UV-photofunctionalization of titanium oxide surfaces on the survival and differentiation of osteogenic precursor cells—an in vitro study. *J Funct Biomater.* 2022;13:265.
11. Xue T, Attarilar S, Liu S, Liu J, Song X, Li L, Zhao B, Tang Y. Surface Modification Techniques of Titanium and its Alloys to Functionally Optimize Their Biomedical Properties: Thematic Review. *Front Bioeng Biotechnol.* 2020 Nov 11;8:603072.
12. López-García S, Pecci-Lloret MP, García-Bernal D, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MR, Rodríguez-Lozano FJ. Are Denture Adhesives Safe for Oral Cells? *J Prosthodont.* 2021 Jan;30(1):65-70.
13. López-García S, Guerrero-Gironés J, Pecci-Lloret MP, Pecci-Lloret MR, Rodríguez-Lozano FJ, García-Bernal D. In Vitro Biocompatibility of CPP-ACP and Fluoride-containing Desensitizers on Human Gingival Cells. *Oper Dent.* 2021 Nov 1;46(6):E264-E275.
14. Grössner-Schreiber B, Herzog M, Hedderich J, Dück A, Hannig M, Griepentrog M. Focal adhesion contact formation by fibroblasts cultured on surface-modified dental implants: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Dec;17(6):736-45.
15. Huo N, Tang L, Yang Z, Qian H, Wang Y, Han C, Gu Z, Duan Y, Jin Y. Differentiation of dermal multipotent cells into odontogenic lineage induced by embryonic and neonatal tooth germ cell-conditioned medium. *Stem Cells Dev.* 2010 Jan;19(1):93-104.
16. Peng X, Nelson ES, Maiers JL, DeMali KA. New insights into vinculin function and regulation. *Int Rev Cell Mol Biol.* 2011;287:191-231.