

Prelievo e innesto osseo computer-guidato: simulazione 3D step by step

Computer-assisted bone harvesting and grafting: step by step 3D simulation

Arrivato il 18 maggio 2021
Accettato il 10 gennaio 2022

*Autore di riferimento
Claudio Cirrincione
claudiocirrincione1@gmail.com

Claudio Cirrincione¹
Roberta Scarfi²

¹Odontoiatra, libero professionista in Firenze
²Tutor e Responsabile Formazione Chirurgia Computer Guidata in Cinisello Balsamo

RIASSUNTO

OBIETTIVI

Valutare l'utilità della chirurgia computer-guidata e della simulazione in visione 3D di una procedura passo-passo per la risoluzione di un caso complesso.

MATERIALI E METODI

La simulazione è stata effettuata utilizzando i dati radiografici ottenuti da una Tomografia Computerizzata superiore e inferiore di un caso di edentulia parziale anteriore superiore da 11 a 23. I file sono stati caricati sul software di progettazione coDiagnostiX® (DentalWings, Montreal, Canada) e segmentati ottenendo immagini 3D del mascellare e della mandibola evidenziando così la notevole perdita ossea tridimensionale. Dalla vasta libreria implantare in dotazione al software sono stati selezionati due impianti, i rispettivi

denti e monconi di supporto e sono stati inseriti in zona 11 e 23 in una posizione tale da garantire un adeguato risultato estetico.

Seguendo il preciso flusso di lavoro suggerito dal programma si è poi proceduto con la misurazione e la simulazione di una ricostruzione ossea e si sono riportate le dimensioni ottenute nella zona del rendering mandibolare destinata al prelievo al fine di effettuare una rimozione più precisa possibile.

È stata quindi progettata una guida chirurgica per facilitare e rendere più precisa l'esecuzione dei tagli osteotomici da effettuare tramite inserti piezoelettrici. La visione 3D dell'innesto ottenuto è stata estratta virtualmente dalla mandibola, modificata tramite specifiche funzioni del software e provata nella zona ricevente, si-

mulando il fissaggio con viti da osteosintesi, anch'esse selezionate dalla libreria degli impianti.

RISULTATI

L'esecuzione degli atti chirurgici virtuali ha permesso di valutare in modo preciso le manovre da eseguire in sede operatoria. Il tempo impiegato per la pianificazione virtuale riduce di molto i tempi dell'atto operatorio e, di conseguenza, eventuali postumi infettivi o disagi post-operatori al paziente. La programmazione è suscettibile di miglioramenti sia per accelerare le tempistiche di gestione dei dati da parte del software che per raggiungere l'automatizzazione di alcune procedure.

CONCLUSIONI

Il software di progettazione computer-guidata utilizzato si è di-

mostrato efficace per la valutazione dei casi clinici prima della fase chirurgica e per prevedere l'effettiva riuscita di una procedura prima della sua esecuzione. Si riducono gli errori operatori, lo spreco di materiali chirurgici e i tempi di lavoro sul paziente migliorando di conseguenza l'ergonomia generale del trattamento.

La presentazione al paziente di un piano di lavoro con questa visualizzazione infonde inoltre un senso di fiducia che conduce a una maggiore accettabilità di consensi per l'esecuzione di interventi sicuramente costosi.

Soprattutto però per i casi più complessi è necessario conoscere adeguatamente le caratteristiche del programma e i vari passaggi della progettazione, nonché dotarsi di computer sufficientemente potenti. In caso contrario i tempi

precedenti l'atto chirurgico rischiano di allungarsi eccessivamente.

SIGNIFICATO CLINICO

I software di diagnosi e progettazione sono ormai degli alleati

insostituibili dei chirurghi. È necessario però che i medici conoscano le basi di utilizzo di questi strumenti per sfruttarne le funzionalità avanzate e che i produttori di software creino al-

goritmi sempre più intuitivi per garantirne la fruibilità a chi si occupa esclusivamente di chirurgia.

PAROLE CHIAVE

- Pianificazione chirurgica guidata 3D
- Guida chirurgica
- Prelievo osseo
- Innesto osseo
- Diagramma di flusso

ABSTRACT

OBJECTIVES

The study aims at evaluating the validity of computer-assisted surgery in the 3D simulation of a step by step procedure to solve a complex case.

MATERIALS AND METHODS

The simulation was carried out using radiographic data obtained from an upper and lower computed tomography of a case of partial anterior upper edentulism from 11 to 23. The files were loaded on the coDiagnostiX® (DentalWings, Montreal, Canada) design software where they were segmented to obtain 3D images of the maxilla and mandibula highlighting the three-dimensional bone loss.

Two implants, their respective teeth and supporting abutments, were selected from the extensive implant software library and inserted in areas 11 and 23 in a position that guarantees an adequate aesthetic result. Following the precise workflow suggested

by the program we proceeded with the measurement and simulation of a bone reconstruction and the dimensions obtained were reported in the mandibular rendering area designated for sampling in order to make the bone removal as precise as possible. A surgical template was then designed to make adequate osteotomic cuts made using piezoelectric inserts. The 3D view of the graft obtained was virtually extracted from the mandibula, modified through specific software functions and inserted into the recipient area, simulating fixation with osteosynthesis screws also selected from the implant library.

RESULTS

The execution of the virtual surgical acts made it possible to evaluate more precisely the maneuvers to perform during the operation. The time taken for virtual planning

greatly reduces the operating time and consequently any infectious after-effects or post-operative discomfort to the patient.

Programming is amenable to future improvements addressing to the long time requested for data processing by the software and to achieve complete automation of all procedures.

CONCLUSIONS

The computer-guided design software is extremely effective to evaluate clinical cases before performing the surgical phase and the expected results of a procedure before its execution. Operational errors, waste of surgical materials and times are reduced, thereby improving the general ergonomics of the treatment.

The presentation to the patient of a work plan with this view also instills a sense of trust that leads to greater acceptability of consents for the execution of certainly expensive in-

terventions. Above all, however, for the most complex cases it is necessary to adequately know the characteristics of the program and the various design steps as well as equip oneself with sufficiently powerful computers. Otherwise, the times preceding the surgical act are likely to lengthen excessively.

CLINICAL SIGNIFICANCE

Diagnosis and design software have become valuable allies in the hands of surgeons. However, dentists need to know the basics of these tools to take advantage of advanced features and software manufacturers need to create increasingly intuitive algorithms to ensure that they can be used by practicing surgeons.

KEY WORDS

- 3D digital surgical planning
- Surgical guide
- Bone harvesting
- Bone grafting
- Flow chart

1. INTRODUZIONE

La ricostruzione dei difetti ossei dei mascellari rappresenta da sempre una sfida per i chirurghi orali⁽¹⁾. Le difficoltà maggiori risiedono in un'adeguata pianificazione pre-operatoria che consenta l'esecuzione di un prelievo che non danneggi strut-

ture nobili quali nervi, vasi sanguigni e radici, che ripristini tridimensionalmente le zone danneggiate, garantendo un adeguato posizionamento degli impianti e delle relative corone protesiche, e che venga eseguito in tempi rapidi per ridurre la morbilità e i postumi post-operatori.

In passato il successo dell'intervento era demandato alle capacità interpretative della documentazione radiografica ed eventualmente fotografica a disposizione del chirurgo e alle sue capacità manuali nel gestire l'innesto al momento dell'intervento. Oggi grazie alla Tomografia

Computerizzata (TC) e recentemente alla variante a fascio conico (CBCT, Cone Beam Computed Tomography)^[2] è possibile studiare le zone di interesse con molta più precisione. I file DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) acquisiti con l'esame CBCT sono caricati su sofisticati software di diagnosi e progettazione, già ampiamente utilizzati per l'implantologia computer-guidata^[3] e in altri campi della medicina^[4]. Con questi programmi, tramite specifici algoritmi, i file vengono manipolati creando delle immagini tridimensionali molto precise e realistiche. Dalla progettazione è possibile disegnare e realizzare delle guide chirurgiche con stampanti 3D, che consentono al clinico di rimuovere esattamente forma e quantità ossea programmata ottenendo così un risparmio di tempo, minori postumi post-chirurgici e maggiori precisione e predicibilità nell'esecuzione dell'intervento.

Nonostante l'ampia diffusione di questi software, sono scarsi i lavori in letteratura scientifica che mostrano nel dettaglio le procedure tecniche per ottenere risultati di progettazione adeguati; anche le istruzioni allegate al momento dell'acquisto non approfondiscono quasi mai i vari passaggi^[5], fatto salvo qualche video tutorial pubblicato su internet. Questo contribuisce a rendere più ripida la curva di apprendimento che già nella progettazione digitale può essere piuttosto lunga, vanificando in parte gli enormi vantaggi di questo approccio.

Il presente lavoro vuole mostrare le potenzialità di diagnosi e progettazione di un software per la risoluzione di un complesso caso clinico. Mostrando i vari passaggi passo dopo passo è possibile "operare" il paziente virtuale più volte e decidere l'utilizzo di tecniche operatorie diverse in base alle proprie capacità chirurgiche.

Un diagramma di flusso descrive i passaggi della progettazione e dell'esecuzione di queste manovre.

2. MATERIALI E METODI

Caso clinico

La simulazione riguarda un caso di assenza degli elementi dentali 11-21-22-23. I dati DICOM superiore e inferiore (Emotion 16, Siemens, Erlangen, Germania: risoluzione 512x512, strati 212, dimensioni pixel 0,32 mm, distanza strati

0,4 mm) sono importati su un software di progettazione e pianificazione radiologica (coDiagnostiX®, Dental Wings, Montreal, Canada) e segmentati ottenendo una visualizzazione 3D dei due mascellari priva di artefatti.

Nel mascellare superiore si evidenzia una marcata atrofia ossea orizzontale in sede 11-21-22 con un importante deficit verticale in zona 23 (**figg. 1, 2**). Nella mandibola sono stati identificati chiaramente i due nervi mandibolari per la successiva progettazione della guida in piena sicurezza.

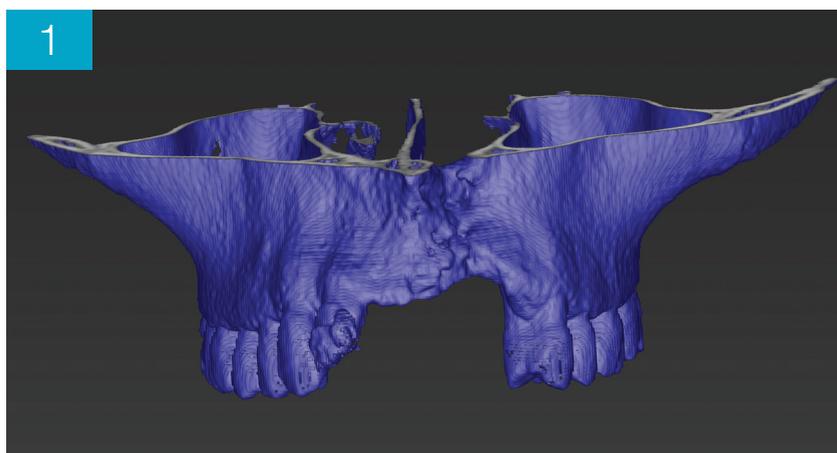


Fig. 1 Visione frontale: si noti la notevole perdita ossea verticale in sede 23

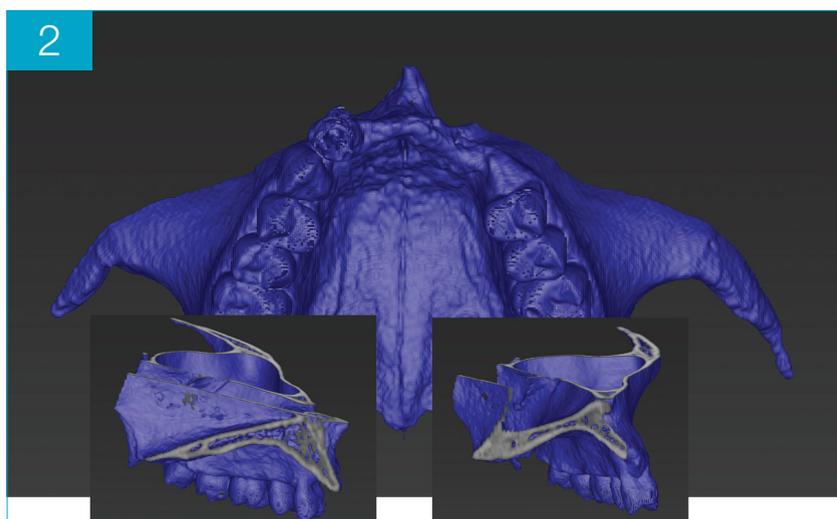


Fig. 2 Visione oclusale: in basso a sinistra si noti nella sezione in sede 11-21-22 il deficit orizzontale. In basso a destra è ancora più evidente la perdita ossea verticale in sede 23

Posizionamento di impianti, componenti secondarie e denti

Attivando la funzione (F.) *Impianti*, sono stati inseriti nel mascellare superiore due impianti Straumann (Basilea, Svizzera) BLT NC 3,3x10 mm in sede 11 e 23 (fig. 3). Dal menù degli impianti è stata aggiunta la corona protesica corrispondente (F. *Aggiungi dente*, fig. 4) la cui posizione e forma è modificata in accordo all'occlusione del paziente (F. *Elabora dente*, fig. 5). Sull'impianto è stato inserito anche il moncone corrispondente scelto dalla libreria virtuale (F. *Aggiungi componente secondaria*, fig. 4) per valutare la posizione del bordo della componente rispetto all'osso al fine di evitare interferenze di avvitaamento.

Determinazione del volume necessario per l'innesto

Nella porzione edentula del mascellare superiore si attiva la F. *Aumento* (fig. 6) per eseguire una prima valutazione del difetto. Viene disegnato il profilo corretto dell'innesto cercando di coprire completamente la superficie degli impianti.

Dalla valutazione 3D dell'occlusione e dal posizionamento delle sagome implantari appare evidente la necessità di eseguire due innesti vestibolari e uno palatale in sede, rispettivamente, 11, 21-22 e 23 per ripristinare la componente orizzontale e verticale. Il programma quindi estrude negli assi xyz la superficie ossea analizzata valutando l'effettivo volume necessario per eseguire una ricostruzione orizzontale.

Attivando la F. *Distanza* si misura a questo punto il perimetro dell'aumento virtuale mascellare (fig. 7) che viene riportato anche nella zona del prelievo mandibolare. Dal menù principale si attiva la F. *Modo posizionamento* con la quale gli innesti vestibolare e palatale in sede 21-

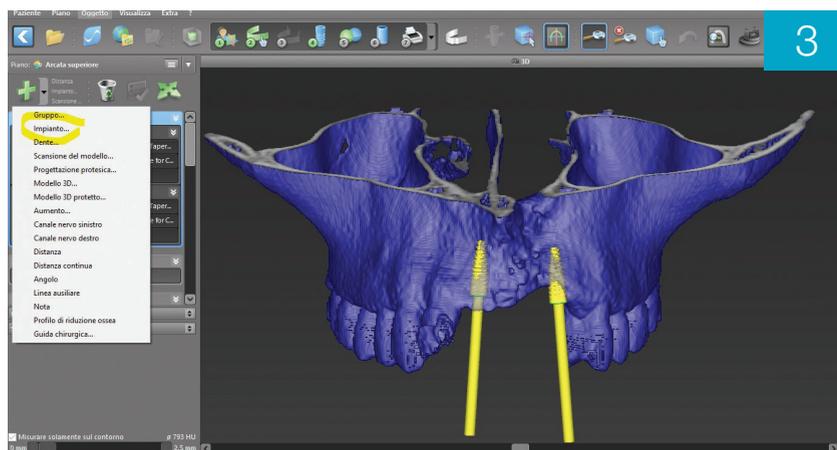


Fig. 3 Inserimento di impianti superiori

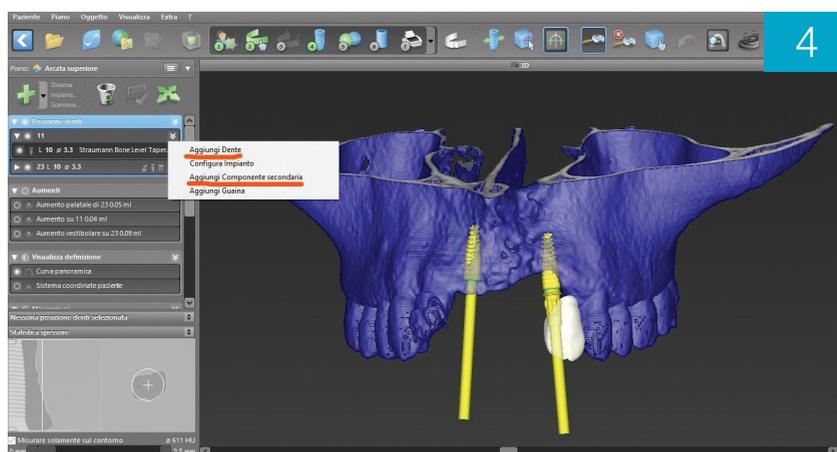


Fig. 4 Aggiunta di corona e moncone su impianto

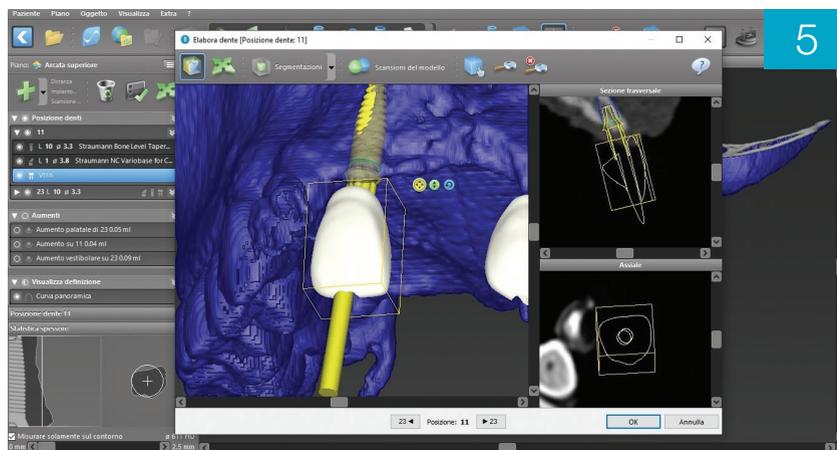


Fig. 5 Modifica della forma della corona su impianto

22 e 23 sono spostati occlusalmente per simulare la ricostruzione ossea verticale (fig. 8).

Per avere una visione ancora più precisa della quantità di tessuto osseo da rimuovere, con la stessa funzione è possibile

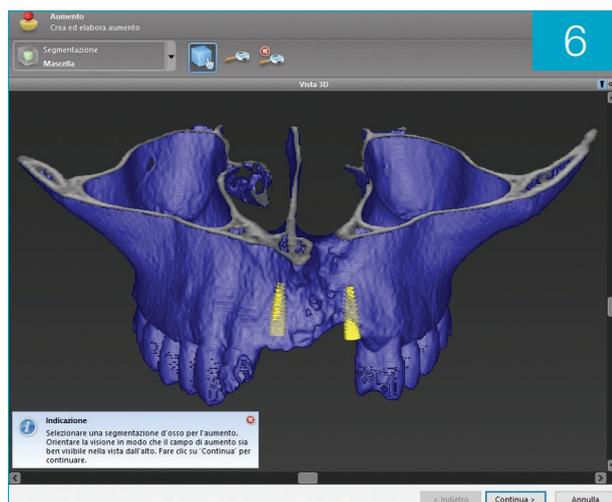


Fig. 6 Funzione per creazione aumenti vestibolari

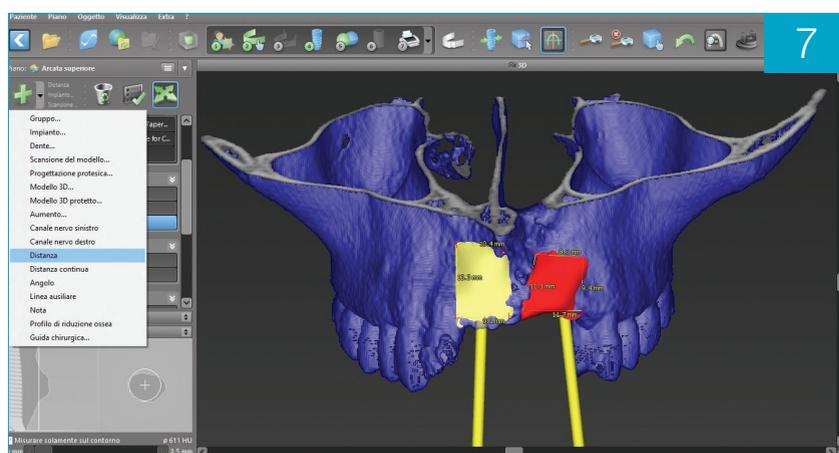


Fig. 7 Creazione di aumenti e misura del perimetro

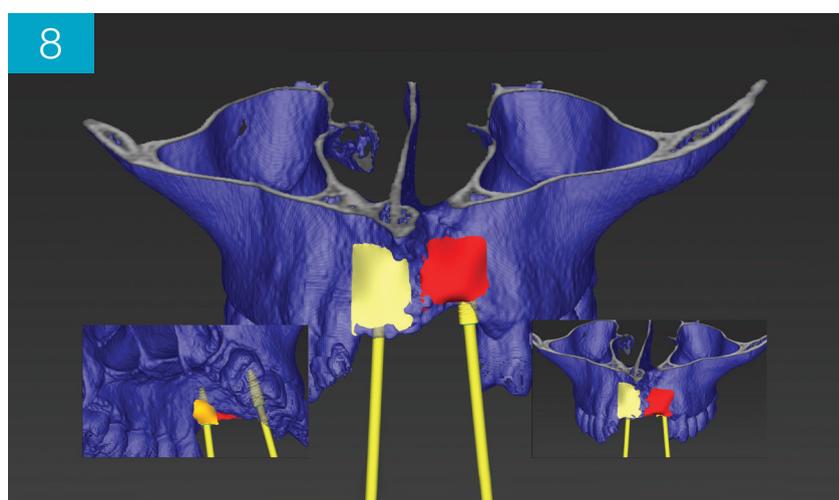


Fig. 8 Traslazione occlusale di aumenti vestibolari: al centro sono visibili gli aumenti prima della procedura mentre in basso a destra si evidenzia la traslazione occlusale dell'aumento in sede 23 e in basso a sinistra la stessa procedura per l'aumento palatale nella stessa sede

muovere le simulazioni delle ricostruzioni ossee fino alla zona di prelievo sul modello 3D della mandibola precedentemente creato (fig. 9) all'interno del perimetro ottenuto dalla misurazione in sede mascellare.

Disegno della guida chirurgica mandibolare e rimozione del prelievo

Dalla biblioteca virtuale viene selezionato un pin di fissaggio con relativa guaina (28 x 1,3 mm Template Fixation, Straumann, Basilea, Svizzera) utile a immobilizzare la futura guida durante l'osteotomia. A seguito di una delimitazione dell'innesto con piani di taglio in formato STL (Standard Tessellation Language) importati da un altro software di disegno CAD (fig. 10), viene quindi attivata la F. *Profilo di riduzione ossea* (fig. 11) per delineare i tagli osteotomici occlusale, vestibolare e di scarico mesiale e distale avendo cura di mantenere la necessaria distanza dal nervo alveolare inferiore e dalle radici dei denti. Dal file di segmentazione della mandibola si attiva la F. *Converti in modello 3D* e si crea il file STL corrispondente. Su questo file attivando la F. *Guida chirurgica* si attiva una procedura semi-automatica che porta allo sviluppo della guida, in modo simile alla procedura per l'implantologia computer-guidata; il pin di fissaggio selezionato precedentemente viene inglobato nel disegno finale. La guida chirurgica ripropone i piani di taglio impostati che guidano gli strumenti di taglio piezoelettrici a effettuare la sezione con la giusta angolazione e profondità (fig. 12).

La F. *Importa limitazioni*, disponibile tra gli strumenti di segmentazione, permette di simulare il taglio osseo precedentemente impostato, riuscendo a isolare nello spazio sia l'innesto prelevato, che la mandibola priva dello stesso (fig. 13).

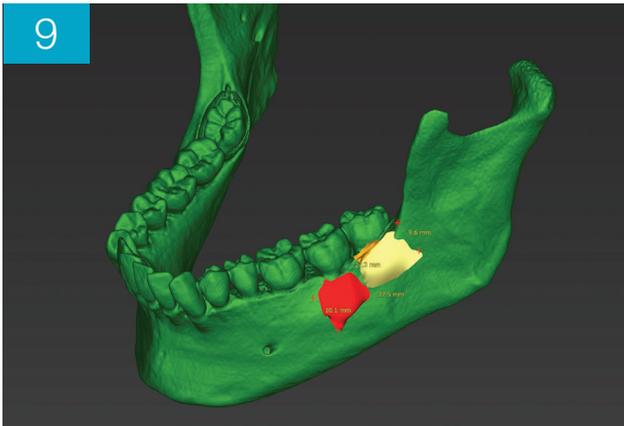


Fig. 9 Misurazione del perimetro del prelievo e spostamento della sagoma degli innesti dalla sede vestibolare alla sede mandibolare

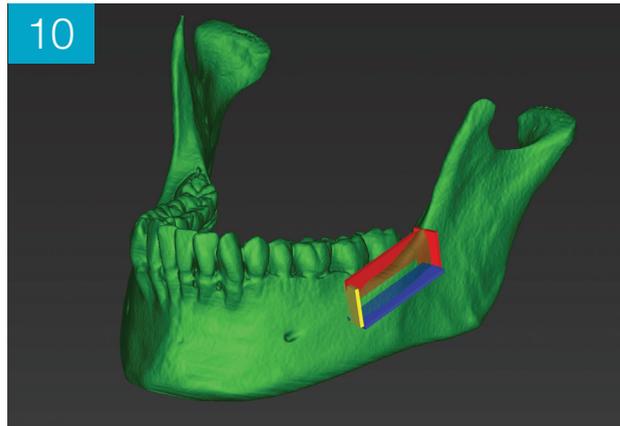


Fig. 10 Posizionamento e angolazione dei piani di taglio

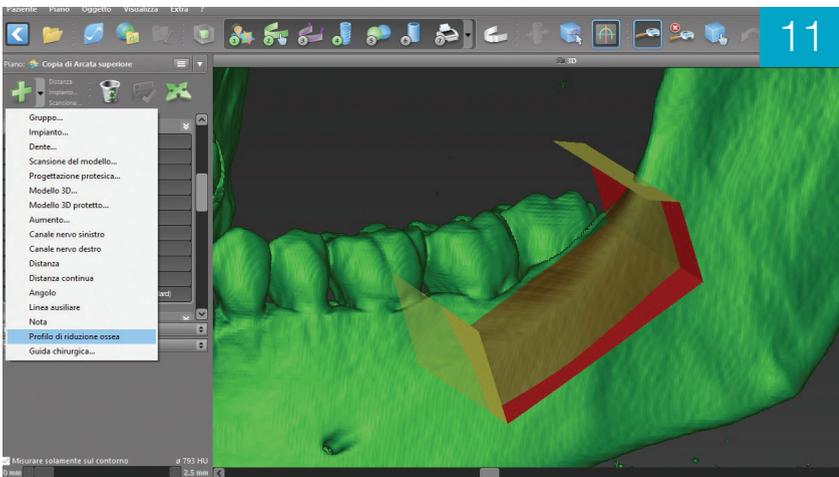


Fig. 11 Funzione profilo di riduzione ossea per la creazione dei piani di taglio

Prova e fissaggio del prelievo nella zona di innesto

Il prelievo osseo mandibolare isolato nello spazio viene trasformato in oggetto 3D attivando la F. *Converti in modello 3D*. Viene quindi spostato fino alla zona del difetto per verificare la congruità al letto ricevente. Per migliorarne l'adattamento può essere attivata la F. *Modifica mesh* per tagliarlo e modificarlo (**fig. 14**). Nel caso specifico, per ottenere 3 innesti di adeguato spessore il prelievo può essere sezionato sul piano orizzontale nel punto più spesso (**figg. 15, 16**). Rag-

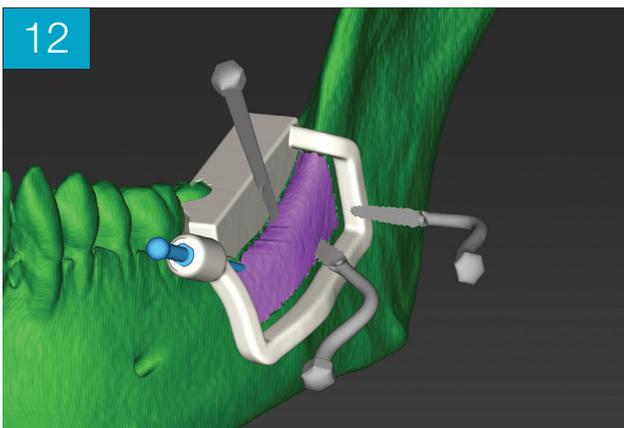


Fig. 12 Produzione di una guida chirurgica per il prelievo con simulazione di taglio mediante inserti chirurgici piezoelettrici. È stato precedentemente inserito anche un pin di fissaggio che è stato inglobato nella guida

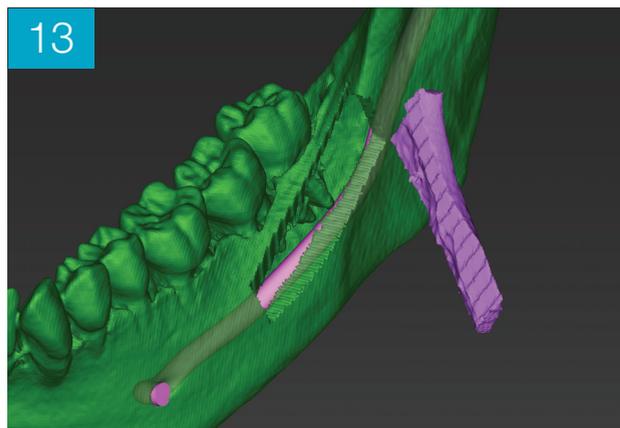


Fig. 13 Rimozione del prelievo: si notino la visione del nervo alveolare inferiore e i profili radicolari dell'elemento dentale 38

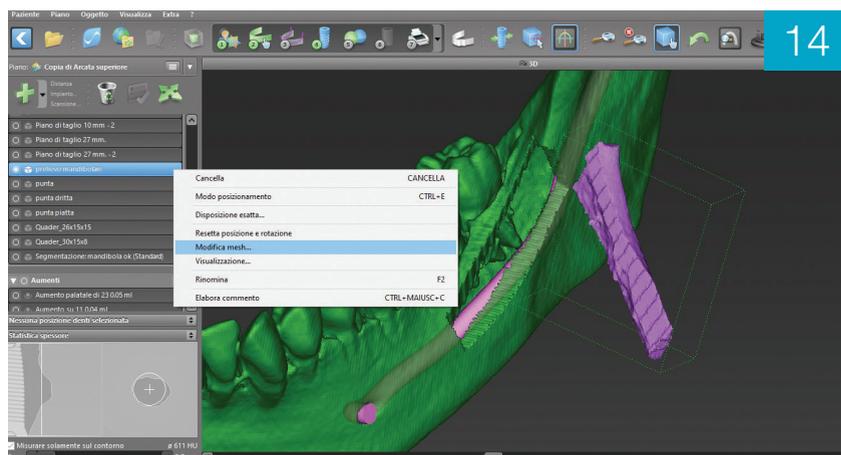


Fig. 14 Funzione modifica mesh per rimodellare il prelievo

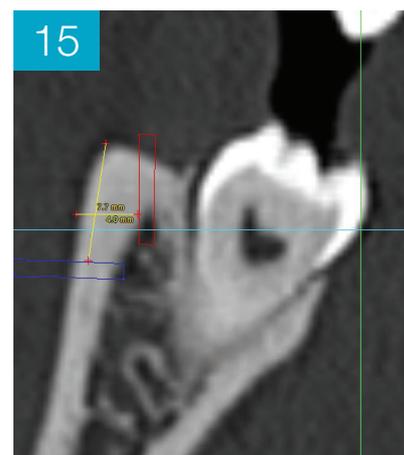


Fig. 15 Spessore e ampiezza massimi del prelievo in sede 38: notare l'angolazione dei piani di taglio

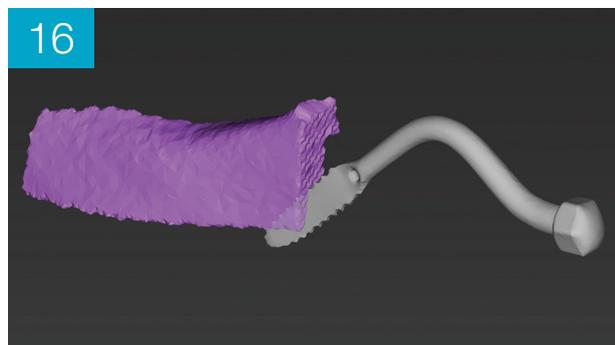


Fig. 16 Sezione longitudinale del prelievo

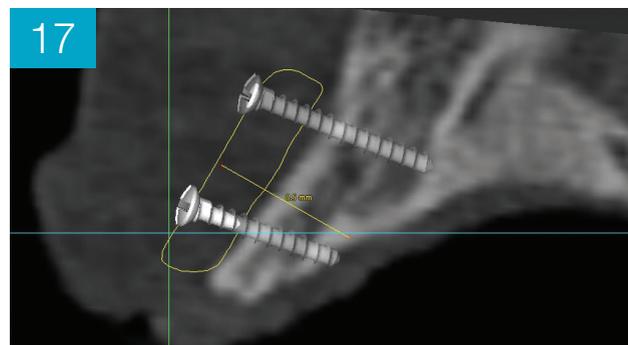


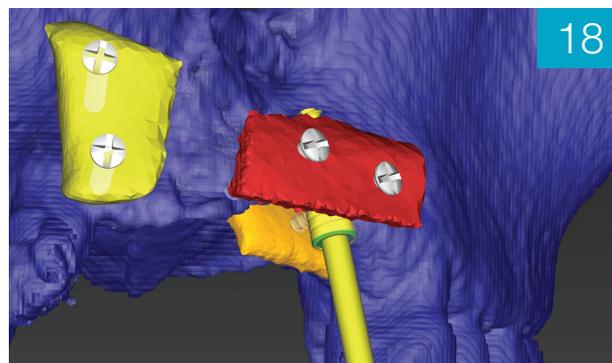
Fig. 17 Sezione in sede 11-12 con misura dello spessore finale raggiungibile con la procedura chirurgica

giunto l'adattamento, dalla biblioteca virtuale vengono selezionate delle viti da osteosintesi (diametro 1,5 mm mini-screw, Straumann, Basilea, Svizzera) necessarie per bloccare gli innesti sul difetto verificando la lunghezza corretta e l'inserzione delle stesse nel rispetto dell'anatomia residua (**figg. 17, 18**).
Le varie tappe della procedura sono riassunte nel diagramma di flusso della **fig. 19**.

3. RISULTATI

Questa procedura ha consentito di misurare e quantificare l'innesto sul mascellare, riportare le misure ottenute nella zona del prelievo e progettare e stampare una

Fig. 18 Particolare in 3D dei tre innesti inseriti in rapporto all'impianto in sede 23



guida chirurgica con piani di taglio di adeguata inclinazione per guidare gli inserti piezoelettrici da osteotomia alla giusta profondità. Il prelievo ottenuto è stato modellato e sezionato con un tool specifico del software per ottenere il contatto

più intimo possibile fra le due superfici, condizione fondamentale per l'osteointegrazione. Si sono potuti anche simulare sia l'inserimento di viti da osteosintesi nel prelievo, che il posizionamento di due impianti

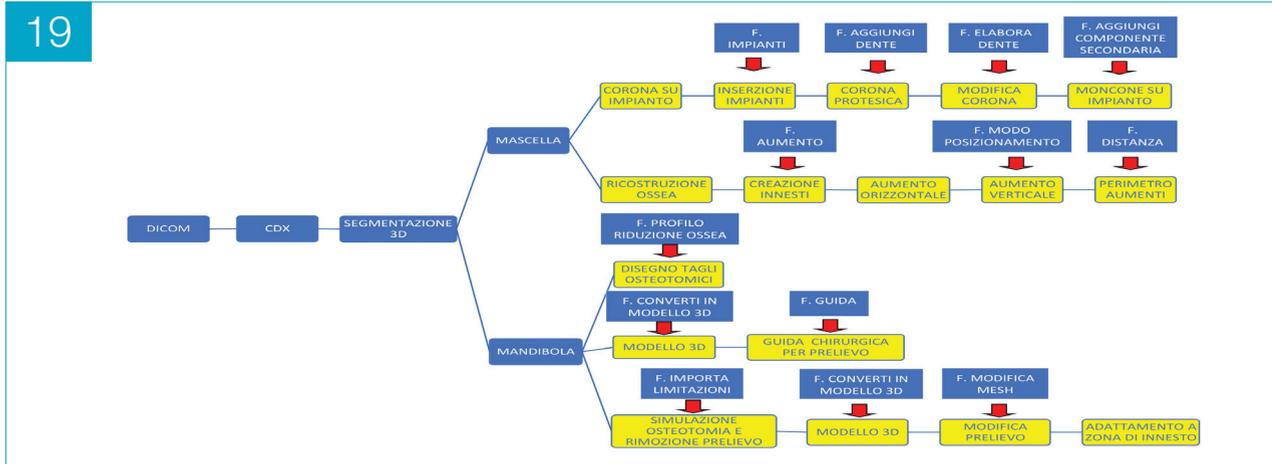


Fig. 19 Diagramma di flusso della procedura

dentali di adeguati diametro e lunghezza attingendo dalla vasta biblioteca virtuale del software.

4. DISCUSSIONE

Traumi accidentali, infezioni, tumori o edentulie di vecchia data possono dare luogo a difetti ossei orizzontali e/o verticali con conseguenti difficoltà nel ripristino estetico e funzionale: in questi casi i software di pianificazione diventano strumenti preziosi, perfino insostituibili. Essi garantiscono una riduzione sia dei tempi chirurgici, a beneficio dei postumi post-operatori^[6-8], che dei costi di acquisto degli eventuali materiali^[9] necessari per l'atto chirurgico.

Il flusso di lavoro digitale e la visione del proprio dentista che padroneggia con disinvoltura queste tecniche, inoltre, genera nei pazienti un senso di tranquillità e fiducia non raggiungibile con le tecniche tradizionali^[10].

Di contro è anche vero che per usufruire dei notevoli vantaggi offerti dalla progettazione virtuale avanzata è necessario che il chirurgo, oltre a una buona esperienza operatoria, abbia già delle conoscenze basilari di questi software nonché conosca le varie possibilità offerte dal

programma, altrimenti corre il rischio di allungare eccessivamente i tempi pre-operatori vanificando l'ergonomia della procedura^[11].

Il disegno della ricostruzione ossea e della guida chirurgica possono richiedere un tempo di apprendimento variabile da un operatore all'altro. Particolare attenzione deve essere posta anche nel progetto della dima poiché, soprattutto le prime volte, si assiste allo sviluppo di forme finali non facilmente stampabili.

La produzione di guide chirurgiche per la rimozione di blocchi ossei non è una novità. De Stavola et al.^[12] hanno descritto la costruzione di guide chirurgiche con progettazione digitale per il ripristino di ampi difetti ossei tridimensionali riprendendo e migliorando in parte le tecniche di Khoury^[13]. Shu et al.^[14] e Ayoub et al.^[15] hanno mostrato una simulazione in 3D di rimozione di blocchi ossei dalla cresta iliaca per la ricostruzione di grandi difetti mandibolari. Nonostante le meticolose descrizioni delle procedure cliniche non c'è però in questi lavori una chiara e dettagliata spiegazione della progettazione tecnica pre-operatoria nonché della simulazione dell'inserimento di impianti come descritto nel presente lavoro.

La conoscenza da parte del chirurgo di questi passaggi è invece fondamentale al momento dell'utilizzo clinico della guida chirurgica: se questa è troppo ingombrante o troppo sottile potrebbe, rispettivamente, rendere impossibile l'atto chirurgico o fratturarsi durante lo stesso, vanificando tutta la procedura. In linea di massima quindi dovrebbe essere lo stesso odontoiatra a progettare l'intervento nella sua interezza. È pur vero però che talvolta i chirurghi lavorano in ospedali o in grandi cliniche dove affluiscono centinaia di pazienti. In questi ambienti la presenza di un tecnico digitale a fianco del medico rappresenta la normalità. È bene però che il chirurgo conosca adeguatamente i vari passaggi tecnici per arrivare alla definizione del caso, così da poter consigliare adeguatamente il tecnico sulle modifiche da effettuare per ciascun caso perché si rifletteranno sul piano terapeutico.

Per usufruire adeguatamente di questi software è inoltre necessario dotarsi di computer di adeguate caratteristiche: generalmente devono avere processori potenti, memoria elevata (RAM) e schede grafiche professionali. In caso contrario l'elaborazione, la manipolazione e la modifica di oggetti tridimensionali può risultare difficoltosa.

5. CONCLUSIONI

Il flusso di lavoro digitale pre-operatorio, già usato in chirurgia maxillo-facciale e in altre discipline mediche, è diventato di uso comune anche in odontoiatria. Esso permette di ridurre i tempi operatori e i costi di acquisto dei materiali, garantisce procedure più precise e standardizzate ed è accolto con fiducia sia dagli operatori che dai pazienti. Di contro la curva di apprendimento può essere in alcuni casi ripida, specialmente nell'approccio a casi più complessi. Alcuni software di progettazione sono tutt'altro che intuitivi; inoltre, occorre dotarsi di computer di adeguate caratteristiche.

La spiegazione passo-passo delle procedure di progettazione sicuramente semplifica l'attività per il chirurgo che può concentrarsi sulla tecnica chirurgica da adottare (fig. 19).

Per quanto consta agli autori, questo è il primo lavoro che spiega nei particolari la pianificazione in visione 3D del processo pre-operatorio di ricostruzione ossea nel software di progettazione di un esteso difetto mascellare in zona estetica. ■

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per la cortese collaborazione il sig. Achim Kettler e la direzione e il personale della ditta CMF Marelli.

CONFLITTO DI INTERESSI

La Dott.ssa Scarfi è tutor e formatrice CDX presso la ditta CMF Marelli (Cinisello Balsamo, Italia).

FINANZIAMENTI ALLO STUDIO

Gli autori dichiarano di non avere ricevuto nessun finanziamento per il presente studio.

BIBLIOGRAFIA

- Buser D, Martin W, Belser UC.** Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19 Suppl:43-61.
- Howerton WB Jr, Mora MA.** Use of conebeam computed tomography in dentistry. *Gen Dent* 2007 Jan-Feb;55(1):54-7.
- Chmielewski K, Ryncarz W, Yüksel O, Goncalves P, Baek KW et al.** Image analysis of immediate full-arch prosthetic rehabilitations guided by a digital workflow: assessment of the discrepancy between planning and execution. *Int J Implant Dent* 2019 Jul 15;5(1):26.
- Willinger K, Guevara-Rojas G, Cede J, Schicho K, Stamm T, Klug C.** Comparison of feasibility, time consumption and costs of three virtual planning systems for surgical correction of midfacial deficiency. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 2021 Jan 7;43(1):2.
- Jokstad A.** Computer-assisted technologies used in oral rehabilitation and the clinical documentation of alleged advantages - A systematic review. *J Oral Rehabil* 2017 Apr;44(4):261-90.
- Short HL, Fevrier HB, Meisel JA, Santore MT, Heiss KF et al.** Defining the association between operative time and outcomes in children's surgery. *J Pediatr Surg* 2017 Oct;52(10):1561-6.
- Catanzarite T, Saha S, Pilecki MA, Kim JY, Milad MP.** Longer operative time during benign laparoscopic and robotic hysterectomy is associated with increased 30-day perioperative complications. *J Minim Invasive Gynecol* 2015 Sep-Oct;22(6):1049-58.
- Cheng H, Chen BP, Soleas IM, Ferko NC, Cameron CG, Hinoull P.** Prolonged operative duration increases risk of surgical site infections: a systematic review. *Surg Infect (Larchmt)* 2017 Aug-Sep;18(6):722-35.
- Joda T, Brägger U.** Digital vs. conventional implant prosthetic workflows: a cost/time analysis. *Clin Oral Implants Res* 2015 Dec;26(12):1430-5.
- De Angelis P, Manicone PF, De Angelis S, Grippaudo C, Gasparini G et al.** Patient and operator centered outcomes in implant dentistry: comparison between fully digital and conventional workflow for single crown and three-unit fixed-bridge. *Materials (Basel)* 2020 Jun 19;13(12):2781.
- da Silva Salomão GV, Chun EP, Panegaci RDS, Santos FT.** Analysis of digital workflow in implantology. *Case Rep Dent* 2021 Feb 15;2021:6655908.
- De Stavola L, Fincato A, Albiero AM.** A computer-guided bone block harvesting procedure: a proof-of-principle case report and technical notes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015 Nov-Dec;30(6):1409-13.
- Khoury F, Hanser T.** Mandibular bone block harvesting from the retromolar region: a 10-year prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015 May-Jun;30(3):688-97.
- Shu DL, Liu XZ, Guo B, Ran W, Liao X, Zhang YY.** Accuracy of using computer-aided rapid prototyping templates for mandible reconstruction with an iliac crest graft. *World J Surg Oncol* 2014 Jun 24;12:190.
- Ayoub N, Ghassemi A, Rana M, Gerressen M, Riediger D, Hölzle F et al.** Evaluation of computer-assisted mandibular reconstruction with vascularized iliac crest bone graft compared to conventional surgery: a randomized prospective clinical trial. *Trials* 2014 Apr 9;15:114.