



LIBRO BIANCO DI FORMLABS:

Implantologia digitale con stampa desktop 3D

Daniel Whitley, DDS

Sompop Bencharit, PhD, DDS, MS, FACP

formlabs.com

formlabs 



Sommario

Sintesi	3
Gli autori.	3
Introduzione.	4
Valutazione dell'accuratezza	7
Caso clinico	8
Discussione	13
Conclusione.	15
Riferimenti bibliografici.	17

Sintesi

La pianificazione di implantologia computer assistita e la chirurgia guidata forniscono un'elevata precisione di posizionamento dell'impianto endo-osseo e offrono risultati più prevedibili rispetto all'implantologia non guidata. Tuttavia, a causa del costo elevato delle dime chirurgiche oggi in commercio, solo un numero limitato di medici ricorre alla chirurgia guidata. Si è valutata l'idoneità del protocollo per l'utilizzo di dime realizzate mediante tecnologia CAD/CAM stampate con resina biocompatibile su una stampante desktop 3D a basso costo. La valutazione ha richiesto l'impiego di resina dentale Formlabs SG su stampante a stereolitografia Form 2 di Formlabs. È stato condotto un test clinico per l'impiego di questo protocollo. Ne è emerso che la deviazione tra la posizione dell'impianto inizialmente progettato e quella finale era clinicamente insignificante e decisamente entro i valori medi di precisione di soluzioni di stampa 3D attualmente impiegate nel campo odontoiatrico. Questi risultati suggeriscono che le dime chirurgiche possono essere stampate con precisione sulla Form 2 ed impiegate per l'accurato posizionamento degli impianti dentali con risultati clinici accettabili.

Gli autori

Daniel Whitley, DDS ha completato i suoi studi odontoiatrici presso la North Carolina University a Chapel Hill dopo aver conseguito la laurea in Biologia presso la North Carolina State University. È dell'American Dental Association, Academy of General Dentistry, North Carolina Dental Society, 5th District Dental Society, e fa parte del comitato esecutivo dell'East Central Dental Society. È membro dell'ICOI e si focalizza su specifiche aree di interesse professionale, quali l'impiego della tecnologia CAD/CAM e l'odontoiatria digitale e relative applicazioni per migliorare i servizi forniti ai pazienti. Pratica la propria professione nel suo studio dentistico a Greenville, nella Carolina del Nord.

Dr. Sompop Bencharit, PhD, DDS, MS, FACP ha ottenuto la certificazione professionale dall'American Board of Prosthodontics ed è un membro dell'American College of Prosthodontists. È tra un'esiguo gruppo di scienziati praticanti ad essere in possesso della specializzazione odontoiatrica validata dall'Ordine dei Medici Odontoiatri e di un dottorato di ricerca scientifica. Il Dottor Bencharit è un Biologo strutturale specializzato nella cristallografia a raggi X. I suoi interessi di ricerca nel campo della Biologia strutturale si focalizzano sulle applicazioni di questa branca nelle patologie umane, e, in particolare, sul ruolo delle proteine trasportatrici coinvolte nello

sviluppo vascolare e osseo, oltre che sul proteoma salivare e sulla microbiomica correlati a specifiche patologie. È un membro del consiglio editoriale e revisore per numerose riviste scientifiche e odontoiatriche internazionali, in particolare, ricopre il ruolo di Revisore accademico per la rivista PLOS ONE e quello di Membro del Consiglio Editoriale per Scientific Reports.

Gli autori del manuale intendono sottolineare l'importante contributo di Gideon Balloch, Meghan Maupin, Eric Arndt, PhD, e Timur Senguen, PhD, a questo libro bianco. Fotografie di Rob Chron.

Introduzione

L'uso corretto delle dime chirurgiche può migliorare gli esiti clinici nell'implantologia, facilitando la pianificazione preoperatoria dettagliata e l'accurato posizionamento dei corpi implantari. Il disegno protesico definitivo può essere utilizzato durante la pianificazione prechirurgica per determinare la posizione appropriata per dell'impianto osteointegrato, utilizzando la tomografia computerizzata a fascio conico (CBCT) per valutare la topografia ossea e identificare le strutture vitali¹. L'impiego della dima può aiutare il medico a prendere le appropriate decisioni perioperatoria e ridurre i tempi intraoperatori².

Inoltre, l'uso della dima migliora di gran lunga il posizionamento dell'impianto rispetto alle tecniche a mano libera³. Nell'implantologia eseguita a mano libera, la deviazione tra la posizione inizialmente programmata e quella effettiva varia in media tra 2 e 2,5 mm, toccando punte che possono arrivare fino a 8 mm⁴. Anche per la maggior parte dei chirurghi esperti, gli studi dimostrano che la posizione finale dell'impianto subisce modifiche rispetto a quella finale nella maggior parte degli interventi eseguiti a mano libera⁵. L'uso della dima, pertanto, può aiutare a prevenire una serie di risultati indesiderabili, da danni iatrogeni ad esiti estetici inaccettabili⁶.

Pertanto, sono state sviluppate diverse guide per dirigere l'osteotomia e posizionare il corpo dell'impianto dove desiderato⁷. Le guide sono disponibili in tre tipologie: (i) non limitative, (ii) parzialmente limitative, e (iii) interamente limitative.

TIPI DI GUIDE CHIRURGICHE

Le guide **non limitative** sono quelle meno accurate, in quanto forniscono al chirurgo un'idea generale della posizione protesica desiderata, senza tuttavia limitare l'angolazione o la profondità del trapano. Le guide **parzialmente limitative** contribuiscono ad una realizzazione di qualità leggermente superiore, in quanto guidano la fresa pilota, anche se comportano l'utilizzo di altri trapani a mano libera sulla base dell'osteotomia iniziale.

Le guide **interamente limitative** limitano completamente tutte le

Fig. 1: le guide chirurgiche CAD/CAM limitano completamente l'angolazione e la profondità del trapano, e sono progettate utilizzando i dati scansionati del CBCT del paziente e quelli di scansione ottica intraorale prodotti dal software di pianificazione implantare.



angolazioni e le profondità del trapano e, di conseguenza, si considerano tra le più precise esistenti sul mercato. Tra le guide interamente limitative si annoverano quelle basate su modelli e quelle prodotte dal software CAD/CAM. Le dime derivate da modelli sono realizzate tramite l'impiego di radiografie periapicali e di sondaggio transcrevicolare, utilizzando tradizionali tecniche analogiche quali la termoformatura plastica su modelli fisici⁷.

Le Guide **CAD/CAM** sono realizzate sulla base dei dati CBCT del paziente e su un modello della protesi finale⁷. Le scansioni ottiche accurate della dentatura del paziente possono essere incorporate dopo la pianificazione del trattamento implantare.

I VANTAGGI OFFERTI DALLE DIME CAD/CAM

Le guide CAD/CAM hanno dimostrato la capacità di fornire un ottimo livello di precisione nel posizionamento dell'impianto dentale, decisamente migliore sia delle tecniche a mano libera che a quelle che si affidano alle guide derivate da modelli. Queste ultime hanno evidenziato una deviazione media di 1,5 millimetri tra la posizione dell'impianto in fase di programmazione e quella effettiva, e una deviazione media di 8mm sull'angolazione programmata rispetto a quella effettiva². A paragone, l'impiego di guide CAS/CAM permette di ottenere risultati in cui la

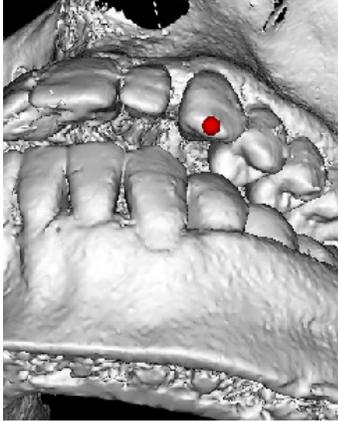


Fig. 2: La combinazione dei dati del CBCT e di scansione ottica intraorale permette una pianificazione prechirurgica dettagliata e accurata.



deviazione relativa al posizionamento si attesta consistentemente intorno ad 1 mm e quella dell'angolazione intorno ai 5°⁴. È stato dimostrato il posizionamento dell'impianto con una deviazione di 0,1 mm⁷.

Inoltre, l'uso dei dati CBCT del paziente nel software avanzato di pianificazione chirurgica implantare può ridurre la durata dell'intervento e migliorare i risultati, grazie ad un'adeguata pianificazione preoperatoria durante il processo di realizzazione della dima. Questo, a sua volta, porta a procedure meno invasive e al raggiungimento di risultati ottimali¹. Inoltre, viene a ridursi anche la durata del processo decisionale intraoperatorio, il che consente di condurre interventi più facili e veloci. Tra gli altri benefici vi sono anche la conservazione delle strutture anatomiche e un esame approfondito delle strutture vitali e della topografia ossea. E per finire, i chirurghi odontoiatri possono effettuare interventi implantologici con maggiore fiducia.

Nonostante i notevoli vantaggi associati all'utilizzo di guide CAD/CAM, i tassi di utilizzo rimangono bassi. L'elevato costo dei sistemi di produzione di additivi ha limitato l'uso della tecnologia di stampa 3D a laboratori odontotecnici commerciali^{7,8}.

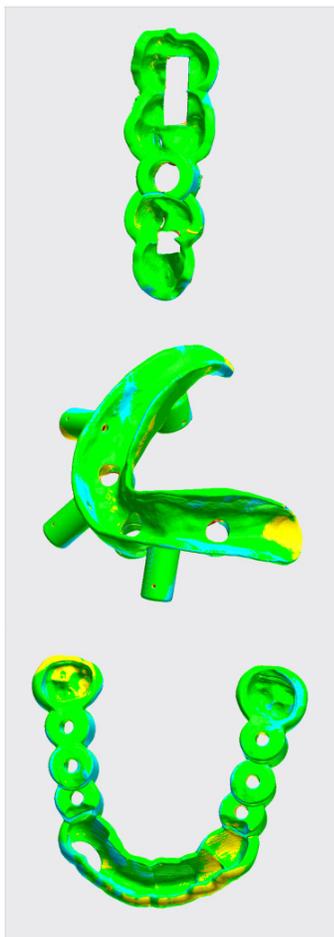
La nostra intenzione è di dimostrare che un sistema di stampa desktop 3D potrebbe essere in grado di (i) stampare guide chirurgiche con precisione e (ii) ottenere risultati clinici accettabili. Per la nostra valutazione abbiamo utilizzato uno specifico caso clinico che ha coinvolto l'utilizzo della stampante 3D Form 2 e di resina fotopolimerica biocompatibile Formlabs SG.

PRECISIONE DI STAMPA DEI MODELLI 3D

 ± 50 micron

 ± 100 micron

 ± 200 micron



Valutazione dell'accuratezza

Le dime chirurgiche CAD/CAM devono avere tolleranze dimensionali specifiche per poter essere impiegate nel campo clinico. Sempre assumendo che il modello di guida chirurgica sia ben progettato, si ritiene al momento che, alla produzione della stampa, la guida chirurgica si ancora saldamente ai denti o alle gengive edentule del paziente se l'80% della sua superficie occlusale e degli infissi chirurgici rientrano in valori pari a ± 100 micron del modello progettato. Per prima cosa, ci siamo prefissi di verificare se questo traguardo è realizzabile con l'utilizzo di resina dentale SG sul Form 2, prima della convalida quantitativa nel corso dello studio clinico.

Nel tentativo di verificare che le guide chirurgiche stampate sul Form 2 nella resina dentale SG soddisfino o superino questo standard, abbiamo stampato diverse volte e su molteplici stampanti un set di 6 guide chirurgiche (4 dime complete dell'arcata e 2 dime di un quadrante dell'arcata). Abbiamo quindi ricavato un totale di 84 guide chirurgiche che, una volta pulite, trattate e rimosse dal loro supporto sono state digitalizzate con l'impiego di uno scanner ortodontico 3Shape D900.

Una volta scannerizzato, ciascun modello è stato paragonato al file STL corrispondente, ed è stata prodotta una tabella comparativa con l'impiego dall'analizzatore Convince (3Shape). Sono state riportate solo le zone occlusali e lo strumentario chirurgico per assicurarsi che solo le porzioni rilevanti delle dime chirurgiche fossero usate per il calcolo.

In media, circa il 93% delle superfici occlusali e delle caratteristiche chirurgiche sono rientrate nella fascia di tolleranza desiderata di ± 100 micron, che supera decisamente gli standard desiderati. Quando si include la deviazione standard di queste misurazioni ($\pm 5\%$), l'intervallo di 2 σ della distribuzione prevede che circa il 95% delle dime chirurgiche prodotte in questo modo rientri nell'intervallo di tolleranza di $100 \text{ micron} \pm$. Questi risultati suggeriscono che l'utilizzo di una stampante Form 2 con quello di resina dentale SG resina e l'impiego di una tecnica di finitura corretta produrrà guide chirurgiche utilizzabili sostanzialmente ad ogni tentativo.

Caso clinico

Per valutare empiricamente se questo livello di precisione di stampa permette di raggiungere risultati clinici accettabili, ci siamo occupati di un caso clinico.

STORIA ED ESAME CLINICO

Una paziente di 26 anni si è presentata per una visita dichiarando: “Vorrei trovare una soluzione permanente per sostituire il mio dente mancante e per il piccolo dente dall’altra parte”. Alla paziente mancava il dente #7 per via di una condizione congenita. Inoltre, presentava una discrepanza dell’indice di Bolton sul sito #10. Si era precedentemente sottoposta a trattamento ortodontico a seguito del quale portavo un apparecchio contenitivo fisso sui denti #8-9 con lo scopo di preservare spazio sufficiente nel sito #7 per un intervento implantologico, oltre che un’altro apparecchio di tipo Haley con un ponte sul sito #7 quale soluzione temporanea per la mancanza del dente. Con l’approvazione della paziente, il nostro piano di trattamento includeva un impianto nel sito #7, una faccetta dentale sul #10, composito ML sul #6, e composito DL sul #8. Abbiamo deciso di procedere prima con l’intervento implantologico, e curare le carie in un secondo momento, durante il processo di osteointegrazione dell’impianto.

PRETRATTAMENTO: PROGETTAZIONE DEL SORRISO, PRESA DELL’IMPRONTA ED ESAME RADIOGRAFICO

Utilizzando tecniche di progettazione del sorriso, abbiamo determinato le dimensioni ideali per gli incisivi laterali della paziente, e completato una ceratura diagnostica. Abbiamo quindi effettuato una scansione CBCT preoperatoria con il Sirona Orthophos XG 3D (Sirona Dental, Bensheim, Germania). Le mascelle del paziente sono state posizionate

Fig. 3: Esame pre-operatori

La paziente desiderava ricorrere ad un intervento implantologico per trovare una soluzione permanente alla mancanza congenita del dente #7.



in modo che avessero circa 3 - 4 mm di separazione tra le superfici occlusali mascellari e mandibolari, minimizzando in questo modo i possibili effetti di dispersione dai trattamenti precedenti. Le scansioni CBCT sono state esaminate nel software di pianificazione chirurgica implantare di Blue Sky Bio, rivelando una cresta di spessore osseo minimo di circa 5 - 6 mm. Senza una guida per il trapano, sarebbe stato particolarmente difficile completare una procedura senza il bisogno di realizzare un innesto osseo. Al contrario, l'impiego di una guida per il trapano stampata in 3D ed estremamente accurata ci ha permesso di portare a termine questa procedura in maniera prevedibile.

INTEGRAZIONE DEI DATI ANATOMICI, DETERMINAZIONE DELLA POSIZIONE DELL'IMPIANTO & PROGETTAZIONE DELLA DIMA CHIRURGICA

Abbiamo creato un impianto virtuale che simulasse le dimensioni di un impianto Zimmer Eztetic (Zimmer Eztetic 3,1 mm x 11,5 mm, Zimmer Biomet dentale, Palm Beach Gardens, FL), oltre che un dente virtuale che simulasse le dimensioni del modello wax-up. Abbiamo selezionato la linea Eztetic di Zimmer Biomet Dental per conservare la massima

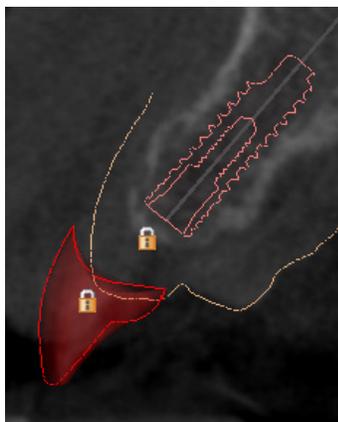
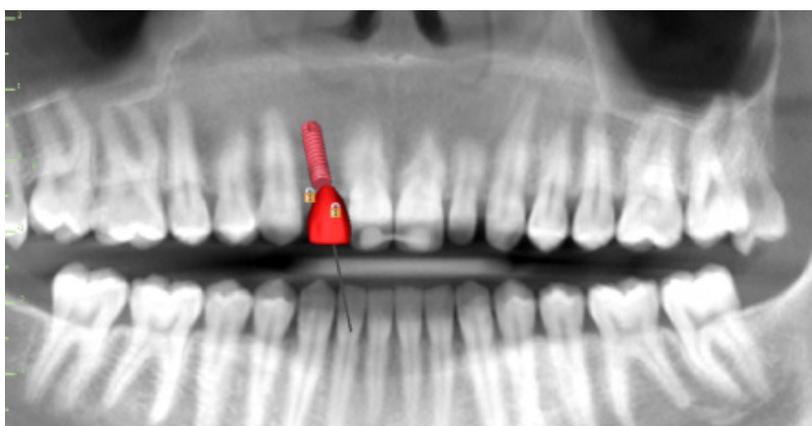
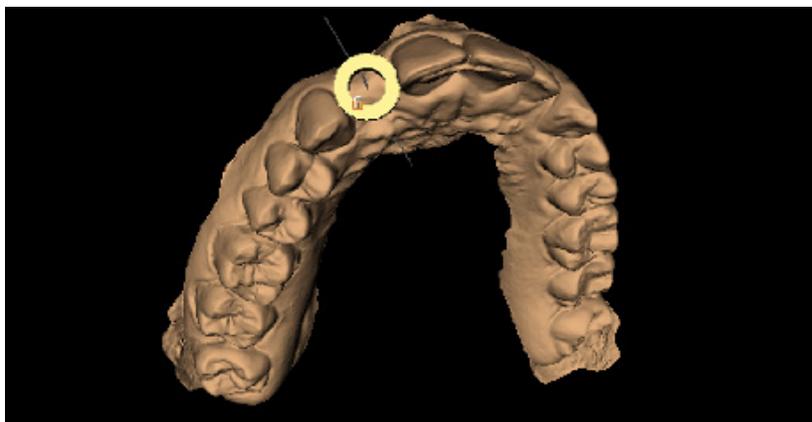


Fig. 4: La valutazione della scansione CBCT nel software di pianificazione degli impianti ha rivelato la presenza di una cresta avente un spessore osseo minimo di ~ 5 - 6 mm nel punto più sottile. Senza una guida per il trapano, sarebbe stato particolarmente difficile completare una procedura senza il bisogno di realizzare un innesto osseo.



Sopra: preparazione dell'angolazione del trapano e posizionamento della guida durante la fase di progettazione della dima chirurgica. Sotto: Visualizzazione finale del posizionamento dell'impianto sovrapposto ai dati CBCT del paziente.

quantità di osso facciale in prossimità della cresta sottile e per evitare la necessità di dover ricorrere ad un innesto osseo invasivo e costoso, ottenendo, allo stesso tempo, un risultato estetico ottimale.

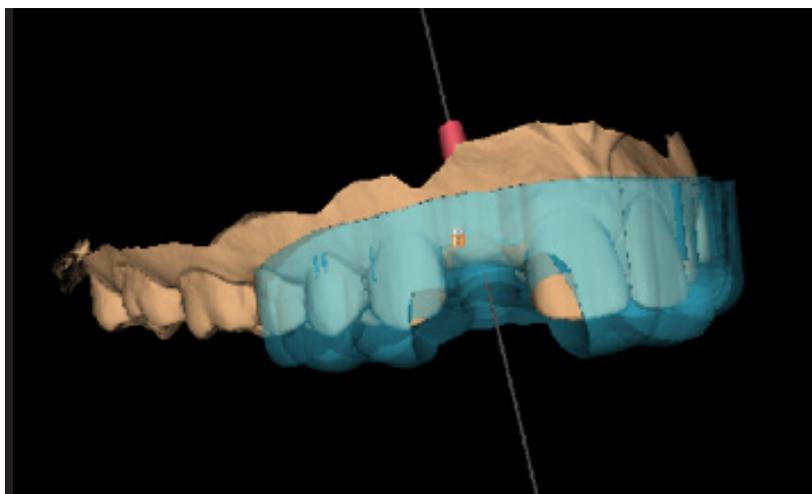
Abbiamo programmato il trattamento con il supporto dei dati anatomici della paziente, dell'impianto virtuale e del restauro virtuale complessivamente integrati nel software di pianificazione del trattamento implantare. L'impianto virtuale è stato collocato in una posizione ideale in relazione al modello wax-up e al dente virtuale #7. Abbiamo realizzato una guida sestante data la possibilità di raggiungere una stabilità ottimale utilizzando la faccia mesiale e distale dell'area edentula. La guida è stata progettata utilizzando parametri che coincidono le punte da trapano di 22 mm del Kit di trattamento guidato di Zimmer.

La dentatura è stata otticamente scansionata con il Cerec OmniCam (Sirona Dental, Bensheim, Germania). I file ottenuti sono stati successivamente convertiti in formato STL da un laboratorio locale, e resi peranto idonei all'integrazione nel software (Sky Blue Plan 3; Blue Sky Bio, Grayslake, IL, USA).

Il file STL con la migliore risoluzione è stato esportato dal software Blue Sky Bio, l'unica attività che ha richiesto il pagamento di un onere aggiuntivo. Si tratta di un costo compreso tra \$ 11 e \$ 20, a seconda del volume d'acquisto dell'utente. Altri software per la pianificazione dell'impianto hanno diverse strutture tariffarie.

PRODUZIONE DELLA DIMA, ASSEMBLAGGIO E STERILIZZAZIONE

Il file STL per la dima chirurgica è stato importato su PreFor, il software gratuito di Formlabs utilizzato per la preparazione di modelli per stampa 3D. La guida è stata orientata nel software per ridurre al minimo le forze di peeling trasversali durante la stampa, consentendo quindi il drenaggio della resina in eccesso. Abbiamo aggiunto dei punti di



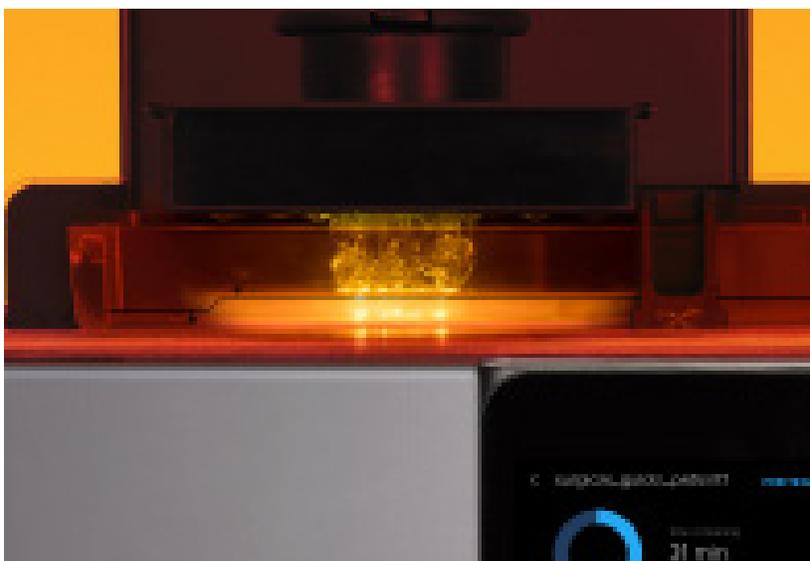
Modello della dima finale prima dell'esportazione del modello.

supporto esclusivamente per le superfici non occlusali, in modo da ottenere una perfetta calzata della dima chirurgica. I punti di supporto sono stati esaminati attentamente e rimossi manualmente dalle superfici forate della dima per facilitare una post-elaborazione agevole e l'inserimento del manicotto del trapano in metallo. Il volume della resina utilizzata era di 10,49 ml. Il file completo è stato poi inviato sul Form 2 e stampato utilizzando la resina dentale SG di Formlabs.

Dopo la stampa, la dima è stata rimossa dalla piattaforma di costruzione e sciacquata due volte in una miscela contenente il 91% di alcol isopropilico per un totale di 20 minuti, lasciata asciugare all'aria e successivamente sottoposta a trattamento in una camera appositamente designata. Dopo aver rimosso i supporti, abbiamo inserito un tubo in acciaio inossidabile coincidente con le chiavi misura A di Zimmer all'interno dei fori di resina per completare la costruzione della dima.

Infine, dopo aver messo la guida in un involucro, l'abbiamo sterilizzata mediante autoclave, preparandola quindi per la procedura.

Fig. 5: La guida chirurgica è stata stampata con resina dentale SG sul Form 2, sciacquata in IUPAC, trattata, assemblata con un manicotto in metallo e sterilizzata prima dell'uso intraoperatorio.





PROCEDURA CLINICA

La paziente è stata sottoposta a regime farmacologico con 500 mg di Azitromicina a partire dal giorno prima dell'intervento e continuando per tre giorni ad esso successivi. Il giorno dell'intervento chirurgico, la paziente ha eseguito un risciacquo pre-operatorio a base di Clorexidina Digluconato al 0,12% per 1 minuto, ed è stata poi coperta come da protocollo per procedura implantare. 1 carpula di Septocaina al 4% 1:100k EPI e 1 carpula di Lidocaina al 2% 1:50k EPI sono state iniettate nella zona #7 sulla gengiva esterna e nel palato. La dima è stata testata nella bocca della paziente per garantire una corretta calzatura e stabilità, e il tessuto è stato perforato nel luogo designato sulla base del tubo di guida. Abbiamo utilizzato una chiave A di Zimmer congiuntamente ad un trapano di 2,85 mm x 22 mm con abbondante irrigazione (9% di cloruro di sodio) per eseguire l'osteotomia.

Fig. 6: La valutazione post-operatoria ha evidenziato risultati positivi. Una scansione CBCT post-operatoria è stata effettuata per mettere a paragone il posizionamento pianificato e quello effettivo.



Successivamente, abbiamo rimosso la guida e irrigato e ispezionato l'osteotomia per assicurare che non vi fossero finestrature o deiscenze nelle strutture ossee. L'osteotomia era completamente nell'osso, quindi l'impianto è stato installato utilizzando il manipolo con un valore di torsione a 30Ncm. Abbiamo completato il posizionamento con l'impiego della chiave dinamometrica manuale, ottenendo una buona stabilità ad un valore

di torsione di circa 35 Ncm. Un'immagine periapicale ha confermato che l'impianto era stato installato completamente nella osteotomia.

Abbiamo creato una corona protesica personalizzata con l'utilizzo di un moncone temporaneo Zimmer e composito bis-acrilico temporaneo. La corona è stata modellata e installata nell'impianto facendo pressione con le dita (~ 15 Ncm). Quindi, abbiamo realizzato una CBCT post-operatoria con Sirona Orthopos XG 3D (Sirona Dental, Bensheim, Germania). Infine, abbiamo tenuto conto del fatto che la paziente portava un apparecchio di tipo Haley con un ponte posizionato sul dente #7. Abbiamo quindi inserito nuovamente l'apparecchio e fatto un intaglio in superficie per ridurre la pressione sul sito implantare. Dopo averle dato le istruzioni post-operatorie la paziente è stata dimessa.



Fig. 7: Il Dr. Whitley e il Dr. Bencharit eseguono l'osteotomia.

Discussione

Per valutare i risultati clinici della procedura di impianto dentale, abbiamo confrontato il piano prechirurgico con il posizionamento dell'impianto effettivo. A tal fine, abbiamo importato la scansione CBCT post-operatoria nel piano originale prodotto su Blue Sky Bio. La densità della scansione è stata calibrata in modo appropriato per produrre una schermata con l'impianto da un lato e i denti dall'altro. Questo ha poi permesso di sovrapporre le due scansioni delineando i punti comuni sui denti.

Un'analisi della deviazione tra il posizionamento dell'impianto pianificato e di quello finale ha evidenziato un intervento

particolarmente preciso. Per effetto della dispersione del metallo nell'immagine CBCT, è risultato difficoltoso determinare l'esatta deviazione. Lo scostamento massimo della posizione dell'impianto nel punto di ingresso è stata quantificata in una misura pari a 0,23 mm (vedi Figura 8). Abbiamo anche quantificato uno scostamento massimo di 2,5° lungo l'asse longitudinale dell'impianto. Non abbiamo potuto ottenere le misurazioni apicali a causa della distorsione nell'immagine dalla vite di sfiato nel dispositivo e della mancanza della stessa nel cilindro di impianto virtuale.

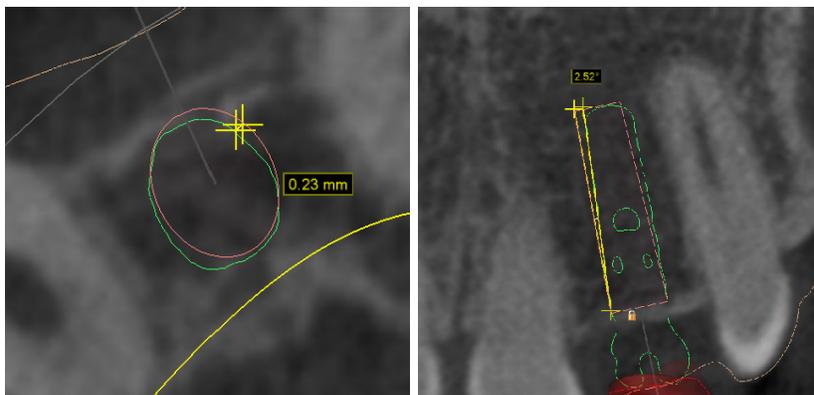


Fig. 8: Posizionamento (a sinistra) e angolazione (a destra) dell'impianto pianificato (rosso) ed effettivo (verde).

La precisione finale del posizionamento dell'impianto è rientrata di gran lunga entro i parametri previsti dalla maggior parte delle sperimentazioni cliniche relative agli interventi chirurgici guidati con la tecnologica CAD/CAM e condotti con sistemi industriali di stampa 3D disponibili^{4,9}.

Fonti di errore nella produzione di guide chirurgiche CAD/CAM:

- Accuratezza di scansione intraorale
- Accuratezza di scansione CBCT
- Accuratezza del software di pianificazione dell'impianto
- Accuratezza della stampante
- Tolleranze dimensionali della punta del trapano e della bussola guida
- Errore umano
- Movimento del paziente

SCOSTAMENTO MEDIO PIANIFICATO ED EFFETTIVO

TECNICA CHIRURGICA	POSIZIONAMENTO DELL'IMPIANTO (MM)	ANGOLAZIONE ALL'INGRESSO
Mano libera ⁵	2,0 – 2,5	Nessun dato
Guida interamente limitativa prodotta tradizionalmente ²	1,5	8°
Guida CAD/CAM interamente limitativa ⁴	0,9 – 1,0	5°
Guida allo studio	0,23	2,5°

Per studiare la quantità di errori finali imputabile alla stampante, la dima stampata effettivamente utilizzata nell'intervento è stata paragonata al modello STL della guida chirurgica generata dal software di pianificazione dell'intervento di implantologia. La sovrapposizione del

modello previsto e di quello effettivo ha evidenziato che nel foro della dima si ha uno scostamento massimo di 0,1 millimetro. Pertanto, possiamo concludere che da un totale di deviazione massima di 0,23 mm nel posizionamento dell'impianto al punto di ingresso, un massimo di 0,1 mm sono attribuibili alla stampa della guida sul Form 2. Il restante errore è attribuibile alla propagazione di ulteriori fonti di errore.

Fatto più importante, l'accuratezza del posizionamento dell'impianto è sufficientemente alta da non avere significato clinico, e si sono ottenuti buoni risultati clinici per la paziente. Il CBCT postoperatorio ha messo in evidenza la nostra abilità nel mantenere un buono spessore osseo del viso e un'adeguata profondità di posizionamento.

Inoltre, l'utilizzazione della guida ha ridotto i tempi di intervento in maniera significativa, eliminando l'avanzamento del lembo, la determinazione dell'angolo del trapano e il riposizionamento del tessuto. Una procedura che normalmente richiede 60 minuti è stata completata in 20 minuti.

Conclusione

Tradizionalmente, gli alti costi legati alla creazione di dime chirurgiche ne hanno limitato l'impiego. In genere, è necessario esternalizzare la produzione di dime finali a laboratori odontotecnici, ad un costo compreso tra \$250 - \$500 a seconda del laboratorio e della complessità del caso.

Utilizzando il Form 2 e il software gratuito per la pianificazione degli impianti, i risultati dimostrano chiaramente un flusso di lavoro che produce guide chirurgiche accurate ad un costo notevolmente inferiore. Rispetto a sistemi di stampa 3D attualmente preferiti nel settore odontoiatrico e che richiedono costi che si aggirano sui \$ 25,000, il costo di \$ 3,500 del Form 2 diminuisce i costi in maniera notevole. Non solo si fornisce il potenziale per migliorare l'accessibilità alla produzione additiva a laboratori odontoiatrici, ma, per la prima volta, ai laboratori di ogni dimensione.

Le dime chirurgiche possono essere prodotte anche ad un costo variabile estremamente conveniente: nel nostro studio clinico, il costo unitario effettivo di produzione di una guida chirurgica era solo di \$ 29,53.

COSTI DEI MATERIALI PER LE DIME CHIRURGICHE

ARTICOLO	COSTO
Esportazione della dima dal software di pianificazione dell'impianto	19*
Resina dentale SG (11 ml)	4,39
Uso del serbatoio per la resina (per costo guida)	0,74**
Tube in acciaio inox (riutilizzabile)	5,40
Totale dei costi variabili di produzione della dima	29,53

*Costi di esportazione per ciascuna dima basati sul costo del software Blue Sky Bio, e variano da \$11 a \$20 a seconda dei volumi di acquisto. I costi di esportazione variano in base al software utilizzato.

**Stimato dividendo il costo del serbatoio per la resina (\$59) per 80 guide stampate per ciascun serbatoio di resina.

Fatto più importante, questo flusso di lavoro permette di attuare metodi di produzione di dime chirurgiche a basso costo, senza comprometterne la qualità. Il nostro caso clinico ha dimostrato la possibilità di posizionare un impianto finale che rientrano nei parametri realizzabili tramite i sistemi di stampa 3D, con ottimi risultati clinici per la paziente.

Riferimenti bibliografici

1. Kola MZ, Shah AH, Khalil HS, Rahah AM, Harby NMH, Sabra SA, Raghav D: Surgical templates for dental implant positioning; current knowledge and clinical perspectives. *Niger J Surg* 21(1):1 – 5, 2015
2. Sarment, DP, Sukovic, P, Clinthorne, N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants. Inter J Oral Maxillofacial Implants* 28 M18(4):571 – 577, 2003
3. Greenberg A: Digital technologies for dental implant treatment planning and guided surgery. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am* 27:319 – 340, 2015
4. Nickenig HJ, Eitner S, Rothamel D, Wichmann M, Zoller JE: Possibilities and limitations of implant placement by virtual planning data and surgical guide templates. *International Journal of Computerized Dentistry* 15(1): 9 – 21, 2012
5. Arisan V, Karabuda CZ, Mumcu E, Ozdemir T: Implant positioning errors in freehand and computer-aided placement methods: a single blind clinical comparative study. *Inter J Oral Maxillofacial Implants* 28(1):190 – 204, 2013
6. Greenstein G, Cavallaro J, Romanos G, Tarnow D: Clinical recommendations for avoiding and managing surgical complications associated with implant dentistry: a review. *J Periodontol* 79(8):1317 – 1329, 2008
7. D'Souza KM, Aras MA: Types of implant surgical guides in dentistry: a review. *J Oral Implantology* 38(5):643 – 652, 2012
8. Torabi K, Farjood E, Hamedani S: Rapid prototyping technologies and their applications in prosthodontics, a review of literature. *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 16(1):1 – 9, 2015
9. Gallardo Y, Silva-Olivio IRT, Mukai E, Morimoto S, Sesma N, Cordaro L: Accuracy comparison of guided surgery for dental implants according to the tissue of support: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Research* 0: 1 – 11, 2016