Restauro completo dell'arcata con assistenza informatica per mezzo di impianti one-piece e guida componibile: una nota tecnica

di Mattia Manfredini 1,2 ,**Pier Paolo Poli** 1,2,* ,**Carlo Maiorana** 1,2, **Federica Eugenia Salina**1,2,**Marco Tandurella** 1,2 e **Mario Beretta**1,2

1 Dipartimento di Scienze Biomediche, Chirurgiche e Dentali, Università di Milano, 20122 Milano, Italia

2 Centro Impianti per l'Edentulismo e le Atrofie Mascellari, Chirurgia Maxillo-facciale e Unità Dentale, Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale Maggiore Policlinico, 20122 Milano, Italia

* Autore a cui la corrispondenza dovrebbe essere indirizzata.

Ant. J. **2023**, *11*(11), 256; **https://doi.org/10.3390/dj11110256**
Ricevuto: 28 agosto 2023/Revisionato: 22 ottobre 2023/Accettato: 30 ottobre 2023/Pubblicato: 1 novembre 2023

(Questo articolo appartiene al numero speciale **Implantologia orale e riabilitazione**)

Estratto

Questa nota tecnica mira a presentare un protocollo computer guidato di recente sviluppo caratterizzato da guide chirurgiche componibili rinforzate con titanio durante il posizionamento dell'impianto post-estrattivo e il successivo carico immediato. Un edentulismo mascellare totale è stato riabilitato con impianti one-piece a partire da una protesi mobile preesistente. Sono state eseguite scansioni digitali 3D della protesi mobile e delle arcate superiore e inferiore. Su questa base, un prototipo con risultati estetici e funzionali ideali è stato realizzato e replicato in una dima radiologica su misura con marcatori. La sovrapposizione dei file STL e DICOM ha permesso la pianificazione virtuale di impianti one-piece nella posizione ideale protesicamente guidata. Sono state quindi realizzate le guide componibili, composte da una dima di base fissa e da ulteriori componenti rimovibili. La dima fissa, inizialmente fissata con perni di ancoraggio all'osso (pin), non è stata più rimossa. I componenti rimovibili, che sono stati avvitati alla dima di base, sono stati utilizzati per eseguire la chirurgia implantare e il carico protesico immediato. Non si sono verificate complicazioni chirurgiche, gli impianti hanno raggiunto una coppia minima di inserimento di 35 Ncm ed è stato eseguito un carico protesico immediato. La dima di base ha permesso il mantenimento di un riferimento fisso durante l'intero flusso di lavoro, migliorando la transizione tra il progetto digitale, la procedura chirurgica e la riabilitazione protesica.
Parole chiave: **implantologia digitale**; **chirurgia implantare guidata da computer**; **flussi di lavoro digitali**; **carico immediato full-arc**; **dima chirurgica**

1. Introduzione

L'implantologia assistita da computer è stata introdotta più di 25 anni fa con l'obiettivo di ottimizzare le posizioni degli impianti secondo il progetto protesico [1]. Inoltre, la pianificazione dell'impianto, supportata dalla tomografia computerizzata a fascio conico (CBCT), aiuta a prevenire complicazioni intraoperatorie come lesioni dei nervi, perforazioni del seno, fenestrazioni o deiscenze [2]. Inoltre, la necessità di considerare fattori cruciali, come le distanze inter-impianto e dente-impianto, la profondità dell'impianto e la posizione rispetto alle (placche) corticali, ha reso la pianificazione virtuale uno strumento importante per ottenere risultati soddisfacenti [3,4]. L'implantologia guidata è resa possibile attraverso dime chirurgiche che consentono l'inserimento dell'impianto nella posizione pianificata. Sono disponibili diversi tipi di dime chirurgiche classificate in base alla loro stabilizzazione sulle strutture intraorali. Le dime chirurgiche supportate dai denti sono stabilizzate sui denti rimanenti, le dime supportate dalle ossa sono ancorate all'osso tramite viti o perni ossei, mentre le dime supportate dalla mucosa sono posizionate sulla gengiva [5]. Queste ultime sono per lo più utilizzate nelle procedure senza lembi, dove gli impianti possono essere inseriti senza sollevare i lembi mucoperiostei. In generale, un approccio senza lembo (flap-less) semplifica la fase chirurgica, diminuisce l'invasività dell'intervento chirurgico, riduce al minimo il dolore, preserva la circolazione sanguigna e previene i danni al periostio [6,7,8,9]. Ciò è particolarmente vero nei pazienti con volume osseo appropriato e gengiva cheratinizzata, poiché queste condizioni sono ideali per una tecnica senza lembo [10]. Al contrario, il sollevamento di un lembo mucoperiostale è indicato quando sono presenti carenze di tessuti duri e molli. In questo modo, la rigenerazione ossea e/o l'ottimizzazione dei tessuti molli possono essere condotte contemporaneamente all'impianto secondo il progetto protesico.
Inoltre, al fine di ottenere risultati estetici e funzionali ideali, specialmente nei settori anteriori, la progettazione protesica dovrebbe essere considerata in ogni fase chirurgica.
Le guide componibili sono costituite da una base fissa e componenti rimovibili. Questa funzione semplifica la supervisione di tutte le fasi chirurgiche e protesiche. Inoltre, la struttura componibile consente la gestione dei tessuti duri e molli senza rimuovere la base fissa.
Il posizionamento accurato dell'impianto è fondamentale in caso di protocolli di carico immediato, in modo che una protesi prefabbricata possa essere collegata agli impianti immediatamente dopo l'intervento chirurgico, evitando la necessità di impronte intraoperatorie [11]. Sfortunatamente, molti errori cumulativi possono portare a deviazioni di posizionamento durante l'intero flusso di lavoro. Alcuni di questi possono insorgere durante la procedura chirurgica di posizionamento e stabilizzazione della dima chirurgica [12]. A questo proposito, le guide chirurgiche componibili con riferimenti fissi possono migliorare l'accuratezza del posizionamento dell'impianto e il carico immediato [13]. In questo modo, il tempo operativo e il disagio del paziente sono ridotti. Inoltre, la capacità di potersi alimentare, la fonetica, l'estetica e il comfort vengono immediatamente ripristinati, consentendo ai pazienti di tornare alle loro normali attività in un breve lasso di tempo. È anche interessante notare che il carico immediato sugli impianti nei

restauri full-arch è associato a buoni tassi di successo in entrambe le arcate, rendendo questa procedura prevedibile e affidabile [14,15,16,17].
Oltre alle dime componibili, gli impianti one-piece combinati con flussi di lavoro guidati dal computer offrono molteplici vantaggi. L'assenza di una connessione interna impedisce l'infiltrazione batterica e riduce le complicanze protesiche. Inoltre, si ottiene una riduzione del numero di passaggi protesici. D'altra parte è obbligatoria una pianificazione digitale precisa, al fine di ottenere una stabilità primaria soddisfacente e una corretta posizione degli impianti one-piece [18]. In questo contesto, questo caso mira a presentare un protocollo di nuova concezione caratterizzato da guide chirurgiche componibili rinforzate con titanio per il posizionamento dell'impianto one-piece e il successivo carico immediato.

2. Materiali e metodi

Questo rapporto clinico è incluso in uno studio prospettico in corso condotto in conformità con i principi etici per la ricerca medica che coinvolge soggetti umani delineati nella Dichiarazione dell'Associazione Medica Mondiale di Helsinki, ed è stato inoltre approvato dal comitato etico locale (Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale Maggiore Policlinico, area 2 di Milano, registrazione ID #0002693-U). Un paziente maschio di 63 anni in buona salute generale (ASA 1) ha presentato un edentulismo completo mascellare riabilitato con una protesi mobile (**Figura 1).** Dopo aver discusso le possibili alternative terapeutiche con il paziente, è stata proposta ed accettata una riabilitazione implanto-supportata con 6 impianti one-piece. Un flusso di lavoro digitale è stato utilizzato per facilitare la pianificazione e la realizzazione del posizionamento dell'impianto completamente guidato e il ripristino immediato in una singola sessione chirurgica. L'uso di CBCT, fotografie, modelli digitalizzati, scansione intraorale e software interattivo di pianificazione del trattamento hanno permesso un'accurata pianificazione pre-chirurgica, la fabbricazione con un design innovativo della dima chirurgica completa e la gestione del restauro provvisorio in PMMA (polimetilmetacrilato), rinforzato con titanio.

Figura 1. Foto extraorali con la protesi mascellare mobile.

2.1. Pianificazione chirurgica

Il paziente ha presentato una dimensione verticale corretta che è stata utilizzata come riferimento durante la riabilitazione. Le scansioni 3D digitali della protesi mobile completa indossata dal paziente (scansionando sia le parti interne che esterne) e delle arcate superiore e inferiore sono state effettuate con uno scanner intraorale (CS 3600, Carestream Dental, Carestream Health, Atlanta, GA, USA). Sono state scattate fotografie intraorali ed extraorali per creare una ceratura diagnostica virtuale personalizzata, progettata con software dentale di progettazione assistita da computer (CAD) (Exocad 3.0 DentalCAD, exocad Gmb, Darmstadt, Germania) (**Figura 1** e **Figura 2).**

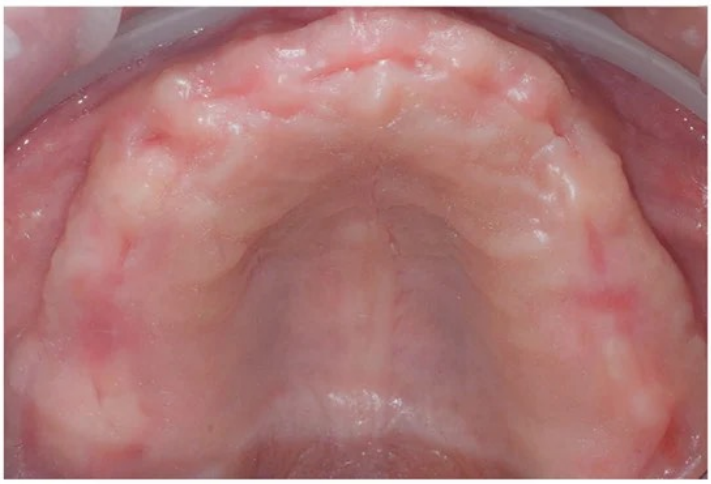

Figura 2. Vista intraorale.

Durante la progettazione della ceratura diagnostica, sono state necessarie modifiche della protesi totale mobile per ottenere risultati estetici ottimali. È stato stampato un prototipo, basato sulla ceratura digitale, che ha permesso un'ulteriore valutazione intraorale ed è servito anche come dima radiografica, dotata di marcatori radiopachi personalizzati (**Figura 3).** Il prototipo è stato creato utilizzando resina stampata (Clear MED610TM; Stratasys, Edina, MN, USA) con una stampante 3D (J5 DentaJet; Stratasys, Edina, MN, USA).

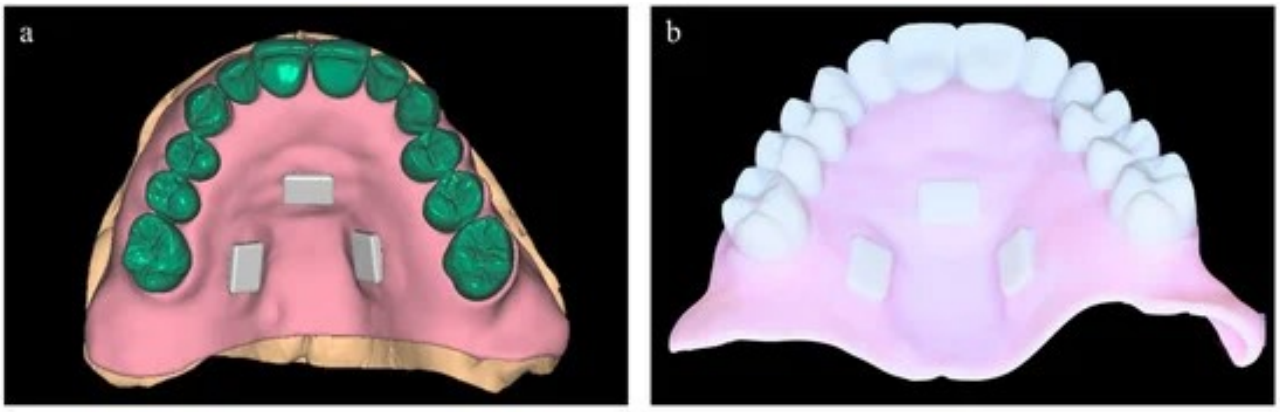

Figura 3. Pianificazione digitale della dima radiologica. (**a**) Progetto virtuale. (**b**) dima radiologica dotata di marcatori radiopachi.

Una scansione CBCT è stata eseguita per valutare l'anatomia dell'osso residuo (Carestream cs 9300, Rochester, New York, NY, USA). I file STL (linguaggio di triangolazione standard) ottenuti dalla scansione digitale sono stati allineati con i dati DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) recuperati dalla scansione CBCT. La sovrapposizione è stata ottenuta per mezzo di un algoritmo di adattamento best-fit che ha comportato la corrispondenza di superfici riconoscibili sia nei set di dati STL che DICOM (RealGuide; 3DIEMME, Figino Serenza, Italia). In questo caso, i marcatori personalizzati creati nella dima radiologica consistevano in forme geometriche riconoscibili che il software era in grado di identificare sia nei file DICOM che STL, consentendo la sovrapposizione di scansioni radiologiche e digitali.
La posizione ideale degli impianti one-piece protesicamente guidati è stata determinata attraverso la pianificazione virtuale eseguita utilizzando un software dedicato (RealGuide 5.2; 3DIEMME, Como, Italia) basata su una ceratura digitale (**Figura 4**). Pertanto, 6 impianti one-piece pre-angolati (FIXO; Oxy Implant Dental System, Biomec, Colico, Italia) sono stati pianificati nella mascella (**Figura 5**), come dettagliato di seguito:

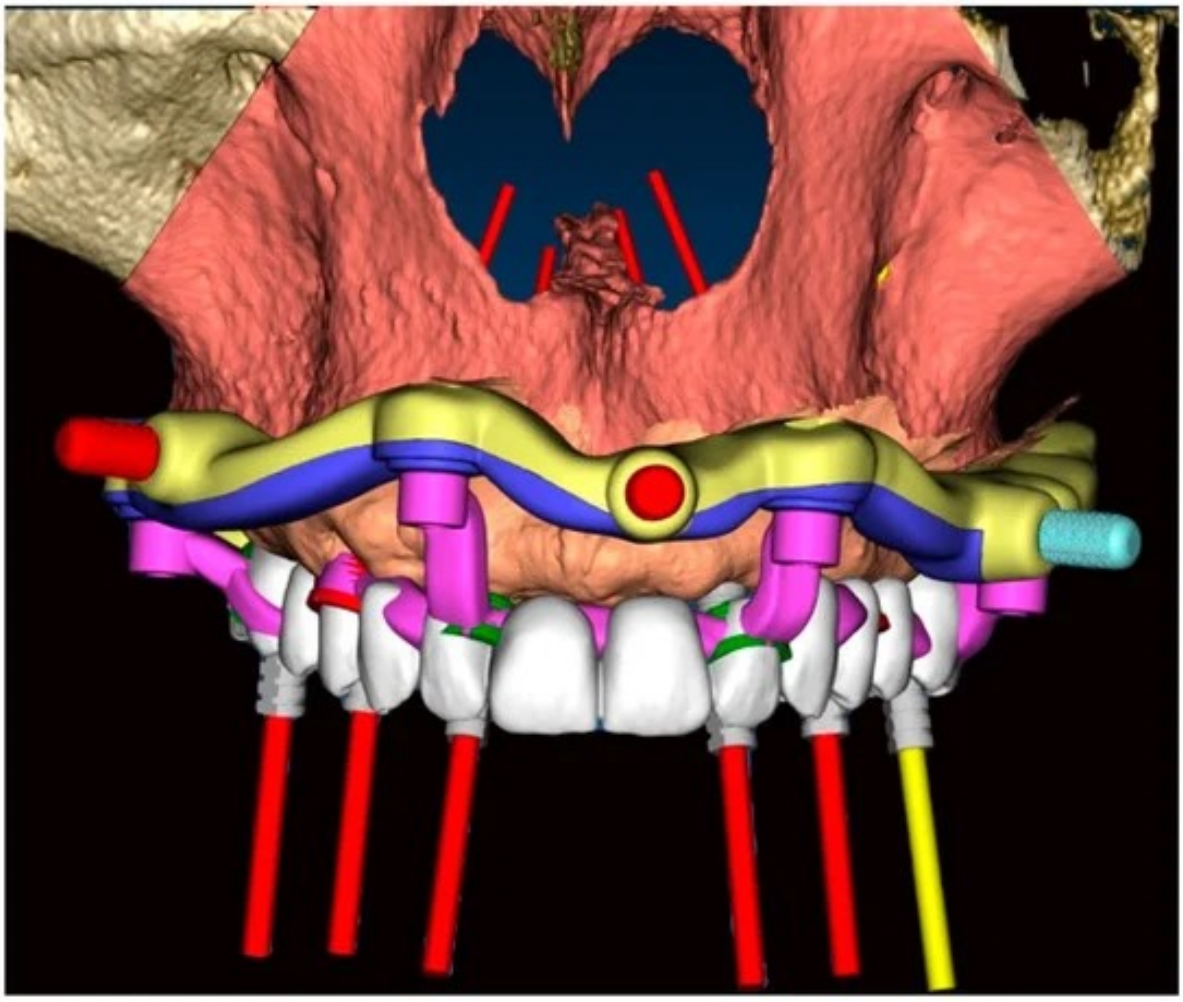

Figura 4. Pianificazione virtuale della posizione ideale dell'impianto: wax-up digitale, dima di base (giallo e blu) con boccole per perni di ancoraggio (rosso) e guida degli impianti (viola).

Figura 5. L'impianto one-piece con MUA integrato. 3 inclinazioni, 0°-17°-30°.

- 16: Oxy Implant FIXO Short 30° 4 × 10 mm
- 14: Oxy Implant FIXO Short 17° 4 × 10 mm
- 12: Oxy Implant FIXO Mini 17° 3,5 × 11,5 mm
- 22: Oxy Implant FIXO Mini 17° 3,5 × 13 mm
- 24: Oxy Implant FIXO Short 17° 4 × 11,5 mm
- 26: Oxy Implant FIXO Short 17° 4 × 8,5 mm

La guida componibile (**Figura 6**), fabbricata sulla base della posizione degli impianti nel progetto digitale, era caratterizzata dai seguenti componenti:

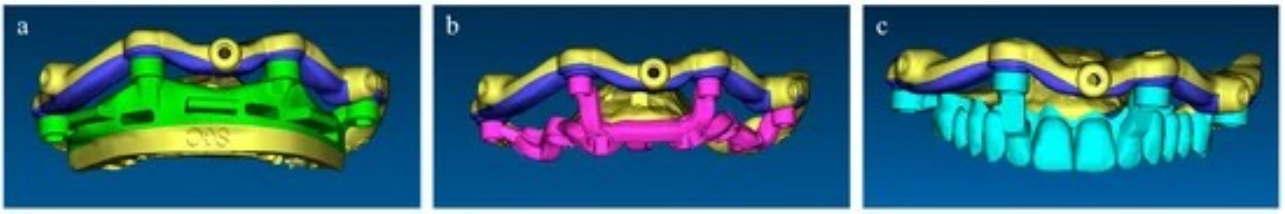

Figura 6. Progetto di guida componibile. (**a**) Dima di base (giallo e blu) con dima di posizionamento (verde e giallo). (**b**) Dima di base e dima di posizionamento degli impianti (viola). (**c**) Dima di base e protesi provvisoria.

- Componente fisso o dima di base: resina stampata (Clear MED610™; Stratasys, Edina, MN, USA), rinforzata con titanio fresato di grado 5 (SINERGIA DISK Ti; Nobil Metal, Bergamo, Italia).
- Componenti rimovibili, avvitati alla dima di base, costituiti da:
  - Dima di posizionamento: resina stampata (Clear MED610™; Stratasys, Edina, MN, USA);
  - Dima di posizionamento degli impianti (**Figura 7**): titanio fresato di grado 5 (SINERGIA DISK Ti; Nobil Metal, Bergamo, Italia);
  - Protesi provvisoria: PMMA fresato (Multilayer PMMA Disc; Dentsply Sirona, Verona, Italia) con un nucleo in titanio fresato di grado 5 (SINERGIA DISK Ti; Nobil Metal, Bergamo, Italia).

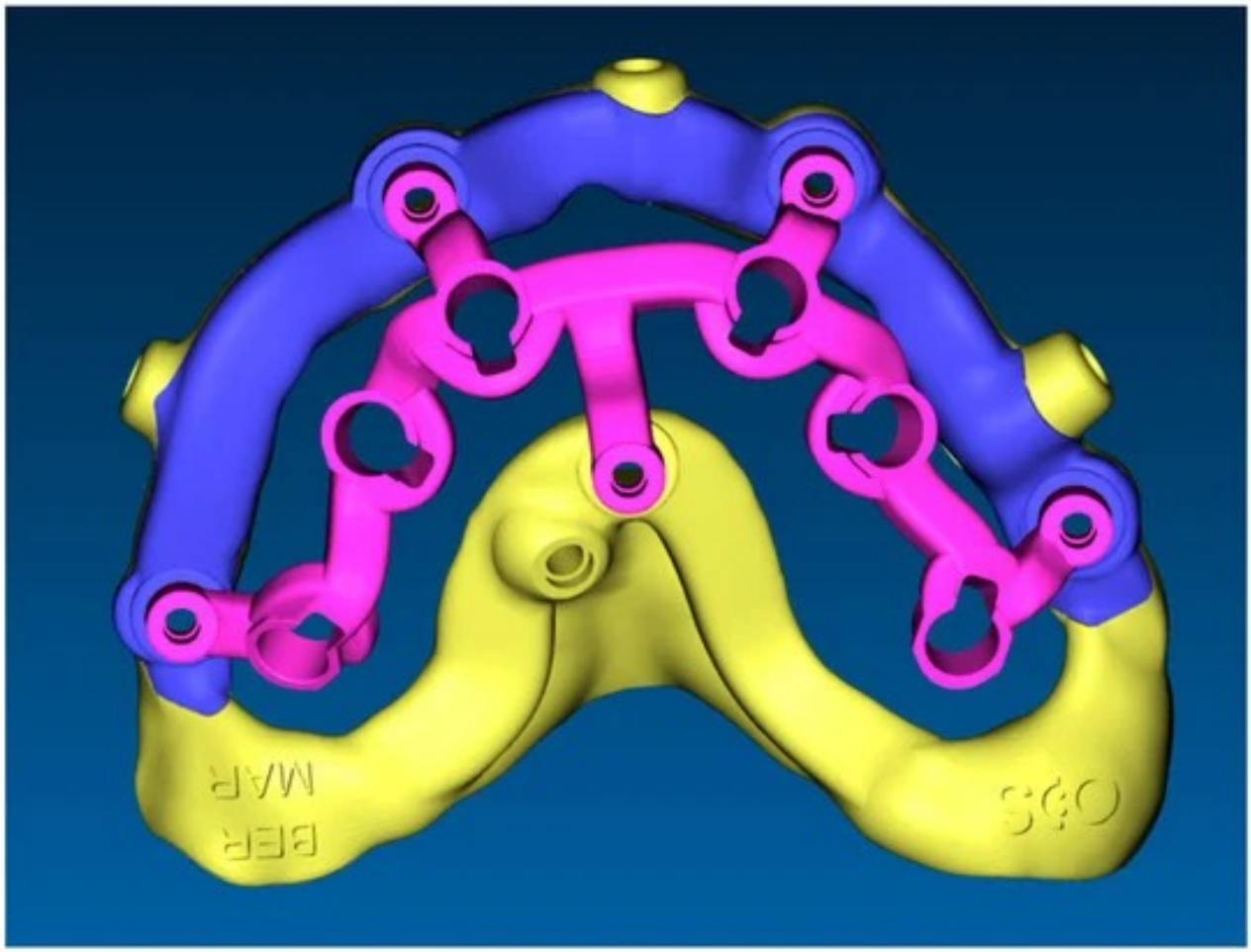

Figura 7. Vista occlusale della dima di base (giallo e blu) e della dima di posizionamento degli impianti (viola). Dettagli delle tacche nelle boccole per la posizione guidata dell'impianto.

Un fresatore specifico (XD182; Faimond, Vicenza, Italia) è stato utilizzato per fresare il titanio e il PMMA nella dima di base, nella dima di posizionamento degli impianti e nella protesi provvisoria. Una stampante 3D (J5 DentaJet; Stratasys, Edina, MN, USA) è stata utilizzata per stampare la dima di base in resina e la dima di posizionamento.

2.2. Chirurgia

La dima di base, collegata con viti alla dima di posizionamento supportata dalla mucosa, è stata posizionata nella cavità orale. Il corretto posizionamento della dima supportata dalla mucosa è stato ottenuto occludendo i denti dell'arcata opposta nelle aree designate sulla dima menzionata (**Figura 4**). Dopo aver verificato la corretta collocazione della dima di posizionamento attraverso i fori di ispezione, la dima di base collegata è stata stabilizzata per mezzo di perni di ancoraggio (pin) avvitati nell'osso, vestibolarmente e palatalmente. La dima di posizionamento supportata dalla mucosa è stata quindi rimossa, mentre la dima di base, ancorata all'osso, è stata lasciata in posizione fino al completamento della procedura. Al fine di preservare l'ampiezza della gengiva cheratinizzata, è stato eseguito il sollevamento di un lembo mucoperiosteo (**Figura 8**).

Figura 8. Flusso di lavoro chirurgico nell'edentulo. (**a**) Dima di base collegata alla dima di posizionamento. (**b**) Dima di base in posizione. (**c**) Lembo mucoperiostale. (**d**) Posizionamento degli impianti in posizione pianificata. (**e**) Protesi provvisoria collegata alla dima di base. (**f**) Protesi provvisoria per il carico immediato.

La dima dell'impianto, completamente realizzata in titanio fresato di grado 5, è stata avvitata alla dima di base ed è stato eseguito l'inserimento guidato da computer di impianti one-piece (FIXO; Oxy Implant Dental System, Biomec, Colico, Italia). Nelle regioni posteriori, per evitare procedure di innesto, sono stati selezionati impianti inclinati a 17° e 30°. Al fine di ottenere il corretto posizionamento dei dispositivi, sono stati inseriti impianti one-piece con un mounter di impianti appropriato. Questo specifico mounter è stato in grado di compensare l'angolazione dell'impianto durante l'inserimento. Per verificare la posizione corretta degli impianti, questo specifico mounter ha una tacca che deve coincidere con la corrispondendente tacca posizionata nella boccola della dima chirurgica, come previsto in fase progettuale (**Figura 7**). Una volta che le due tacche combaciano, gli impianti risultano correttamente posizionati a livello apico-coronale e rotazionale. A questo punto sono stati svitati sia i mounter dagli impianti che la dima di posizionamento degli impianti dalla dima di base. Tutti gli impianti hanno raggiunto una coppia di inserimento ≥35 Ncm. Infine sono state utilizzate suture di acido poliglicolico 6/0 per sigillare i lembi.

2.3. Restauro protesico

I monconi provvisori, regolati in altezza in base alla ceratura virtuale, sono stati collegati agli impianti. La protesi provvisoria è stata poi avvitata alla dima di base. Questa protesi è stata realizzata in PMMA rinforzato con una struttura metallica; progettata e fabbricata secondo la ceratura diagnostica. La protesi provvisoria è stata ribasata e collegata intraoralmente ai monconi provvisori con una resina composita autopolimerizzante (RelyX Ultimate; 3M Italia, Milano, Italia) (**Figura 8**). Dopo le regolazioni protesiche extraorali e la lucidatura, i fori di accesso alle viti protesiche dei monconi provvisori sono stati sigillati con un composito nano-ibrido fotopolimerizzabile (Tetric EvoFlow; Ivoclar Vivadent, Bolzano, Italia). Sono stati effettuati perfezionamenti di controllo occlusale per ottenere una corretta distribuzione delle forze masticatorie. Un'ortopantomografia post-operatoria è stata eseguita per la valutazione radiologica (**Figura 9**).

Figura 9. Ortopantomografia post-chirurgica.

3. Risultati

Durante la procedura non si sono verificate complicazioni intraoperatorie, come sanguinamento abbondante, lacerazioni dei tessuti molli, fratture della dima o spostamento degli impianti con conseguenti fenestrazioni o deiscence. Tutti gli impianti hanno raggiunto una coppia minima di inserimento di 35 Ncm, in modo che il carico protesico immediato potesse essere eseguito in sicurezza. Il paziente ha partecipato alle visite di follow-up ogni mese durante i primi 3 mesi di carico. Non sono state osservate complicazioni biologiche o biomeccaniche. Non ci sono stato stati i segni tipici di malattia peri-implantare, come gonfiore locale, arrossamento dei tessuti molli, dolore, sanguinamento al sondaggio, scarico di pus o presenza di fistole, entro i primi 3 mesi. Al contrario, i tessuti molli peri-

implantari sembravano essere clinicamente sani, caratterizzati da una mucosa cheratinizzata aderente che circonda gli abutment integrati. Le valutazioni radiografiche post-carico tramite ortopantomografo sono state eseguite sia dopo l'intervento chirurgico che dopo 3 mesi. I livelli ossei sono rimasti radiologicamente stabili, senza segni rilevabili di rimodellamento o riassorbimento patologico della cresta peri-implantare negli aspetti mesiali e distali.

4. Discussione

Lo scopo di questa nota tecnica è introdurre un approccio innovativo nell'implantologia guidata da computer costituito da dime componibili, utilizzate in sequenza per semplificare e migliorare la prevedibilità del flusso di lavoro, in combinazione con impianti one-piece. Finora sono state sviluppate diverse guide chirurgiche, a seconda del tessuto di supporto; generalmente ossa, mucosa o denti residui. Le dime supportate da denti e mucose sono più precise delle dime sostenute da ossa, perché le imprecisioni nell'esame 3D, nella segmentazione o nell'anatomia ossea irregolare possono alterare significativamente la posizione di quest'ultima e, quindi, la precisione del posizionamento degli impianti [5,19,20].
I protocolli convenzionali comportano l'uso di una guida iniziale sostenuta da denti o mucose, che viene utilizzata preliminarmente per creare fori per i perni ossei. La dima viene quindi rimossa, tutti i denti rimanenti vengono infine estratti e una seconda dima per impianti viene stabilizzata con perni di fissaggio inseriti nei fori realizzati con la guida precedente [11]. La rimozione e l'inserimento sequenziale di dime e perni possono portare a variazioni nella direzione del foro a causa del rimbalzo elastico dell'osso [21]. Questo può dislocare le dime chirurgiche, facendo si che potenzialmente assumano una posizione diversa da quella pianificata, portando a deviazioni lineari e angolari [22]. Per superare questo inconveniente, il metodo qui presentato prevede di fissare un dima di base come riferimento che rimane in posizione durante l'intera procedura. In questo modo, le viti di stabilizzazione vengono posizionate solo una volta, riducendo così al minimo gli errori nel riposizionamento della dima successiva alla dima di base, come riportato da Granata et al. S [23]. Inoltre, in questo protocollo, i perni di pressione convenzionali sono stati sostituiti da una nuova versione di perni avvitati, migliorando la stabilità del sistema [21,24]. Questi perni presentavano una filettatura di 1,5 mm nella parte terminale, che consente il corretto adattamento della dima di base ai tessuti sottostanti. Vale anche la pena notare che la dima di base fissa ha aiutato l'operatore a cambiare rapidamente le successive componenti avvitate, riducendo il tempo operativo complessivo.
Come accennato in precedenza, la stabilità è fondamentale nell'implantologia guidata. Nei protocolli modulari precedenti, i componenti successivi erano collegati alla dima di base utilizzando attacchi a sfera o magneti [23,24], questi ultimi avrebbero potenzialmente potuto portare a instabilità durante la procedura. Al contrario, in questa relazione tecnica, le viti sono state utilizzate per collegare le dime, migliorando la ritenzione e la stabilità dell'intero sistema.
Un'altra notevole differenza rispetto alle precedenti dime componibili è che, in questa nota tecnica, il paziente riabilitato era completamente edentulo, mentre la letteratura precedente si concentrava prevalentemente sulle riabilitazioni post-estrattive [23,24,25].

Il materiale utilizzato per fabbricare le dime componibili in questo protocollo merita alcune parole. Le guide stereolitografiche convenzionali a base di resina possono soffrire di deformazione o fratturazione durante la preparazione del sito dell'impianto [21,26]. In alternativa, le dime componibili sono state realizzate in cobalto-cromo [24,25] o PMMA in tutti i loro componenti [23]. Nel caso mostrato, per migliorare ulteriormente la stabilità e la rigidità dei componenti, sia la dima di base che la dima di inserimento degli impianti sono state fabbricate con l'inclusione di una struttura in titanio fresato (**Figura 6**). Il titanio migliora la rigidità, quindi il rischio di deformazione e frattura, durante la sequenza di perforazione, è stato ridotto al minimo [21].

Un'altra limitazione dei protocolli convenzionali che utilizzano dime chiuse è l'incapacità di raffreddare correttamente le frese chirurgiche con soluzione salina durante la preparazione del sito dell'impianto. Ciò può portare ad un aumento della temperatura ossea, compromettendo potenzialmente il processo di guarigione [27]. Ciò probabilmente si traduce nella formazione di tessuto cicatriziale e nella conseguente fibrointegrazione dell'impianto [28]. Al contrario, le guide componibili sono state progettate per essere aperte, consentendo il raffreddamento diretto delle frese chirurgiche durante la preparazione del letto dell'impianto.

La quantità e la stabilità dei tessuti duri e molli svolgono un ruolo chiave nel successo a lungo termine della riabilitazione [29,30]. Nell'implantologia guidata convenzionale, le dime chirurgiche spesso riducono la visibilità dell'intero campo operatorio. Inoltre, l'aspetto ingombrante dei modelli tradizionali impedisce la gestione dei futuri tessuti peri-implantari. Nel protocollo qui descritto, il design sottile e aperto della dima di base offriva una visione eccellente dell'area chirurgica e consentiva la gestione intraoperatoria dei tessuti sottostanti. Questo aspetto è particolarmente importante nei siti caratterizzati da uno spessore subottimale dei tessuti molli [31], dove la scissione della mucosa cheratinizzata è obbligatoria per raggiungere il successo a lungo termine. Per quanto riguarda i tessuti duri, una guida resettiva può essere collegata alla dima di base, consentendo l'osteoplastica guidata come precedentemente pianificato nel software, secondo la ceratura digitale. Inoltre, gli impianti one-piece non richiedono l'uso di un profilatore osseo , che viene normalmente utilizzato per creare spazio per i componenti protesici in impianti a due pezzi. Ciò si traduce in una maggiore conservazione ossea, anche grazie al ridotto spessore del collo dell'impianto, reso possibile dalla mancanza di una connessione interna e di una vite protesica [18]. In questa materia, l'assenza di una connessione impianto-abutment impedisce anche l'infiltrazione batterica, che è stata osservata negli impianti a due pezzi, riducendo così la probabilità di sviluppare complicazioni biologiche durante il follow-up [32]. È interessante notare che gli impianti one-piece possono anche ridurre il rischio di complicanze associate alla vite protesica. Quella utilizzata nel presente rapporto è caratterizzata da un diametro di 1,8 mm, aumentando la resistenza alla frattura.

Gli impianti one-piece inseriti con il flusso di lavoro sopra menzionato hanno raggiunto una coppia di inserimento minima di 35 Ncm. Nelle regioni posteriori, sono stati posizionati impianti inclinati a 17° o 30° per evitare procedure di innesto. Attraverso la pianificazione digitale, le tacche sono state incorporate nella guida di posizionamento dell'impianto in modo che l'asse del moncone corrispondesse

all'asse dei fori di accesso della protesi provvisoria. Per quanto riguarda i vantaggi protesici, l'uso di componenti componibili ha assicurato una posizione più precisa del provvisorio durante le procedure di ribasatura. In effetti, la protesi provvisoria è stata avvitata alla dima di base per replicare la posizione della struttura nel modo più accurato possibile secondo il progetto digitale. Questo rende possibile consegnare immediatamente la protesi senza dover prendere le impronte [33]. Vale anche la pena ricordare che l'aumento del livello di precisione ottenuto collegando il restauro provvisorio alla dima di base ha ridotto lo spazio tra la struttura in titanio e gli abutment temporanei. È interessante notare che non sono state osservate interferenze tra la protesi e gli abutment temporanei, dimostrando un buon livello di corrispondenza tra la posizione dell'impianto e il progetto digitale. Una limitazione può essere l'esperienza dell'operatore sia nella pianificazione che in quella operativa, poiché è necessaria una certa curva di apprendimento per eseguire flussi di lavoro full-digital computer guidati. Inoltre, la deviazione tra la posizione pianificata dell'impianto e quella raggiunta utilizzando dime modulari, che rappresenta un aspetto cruciale per determinare l'accuratezza del flusso di lavoro, rimane attualmente un problema irrisolto. Certamente l'uso corretto della digitalizzazione di tutte le procedure cliniche, chirurgiche e protesiche e l'abbinamento dei dati in un ambiente computerizzato, potrebbe sfruttare la combinazione di dati raccolti per non perdere informazioni utilizzando i passaggi manuali classici e migliorare l'accuratezza delle fasi di riabilitazione [34]. Ultimo ma non meno importante, i dati a lungo termine sono sicuramente necessari per convalidare i vantaggi delle dime componibili rispetto ai tradizionali flussi di lavoro guidati dal computer.

5. Conclusioni

L'utilizzo di dime componibili ha semplificato le fasi operative dal posizionamento dell'impianto al carico protesico. L'uso di una dima di base è servito come riferimento fisso e ha consentito il passaggio rapido e sicuro di dime sequenziali, riducendo i tempi operatori e, in definitiva, il disagio del paziente. L'inclusione di una struttura in titanio fresato ha ulteriormente aumentato la rigidità e la stabilità del sistema. Le mascherine aperte hanno inoltre reso possibile la visualizzazione del sito chirurgico durante l'intera procedura, la gestione dei tessuti molli, il raffreddamento delle frese durante la preparazione del letto implantare e la facile verifica del corretto inserimento degli impianti. La possibilità di avvitare il provvisorio alla dima base durante la fase di ribasatura costituisce un ulteriore vantaggio delle dime componibili. Ulteriori vantaggi associati all'utilizzo di impianti one-piece sono stati osservati in termini di preservazione dei tessuti duri, assenza di connessione impianto-moncone e fasi protesiche semplificate. Tutto ciò, insieme, ha portato ad un'adeguata stabilità primaria, consentendo un carico immediato, un adattamento ottimale dei tessuti molli intorno agli abutment integrati e la preservazione dei livelli ossei marginali a 3 mesi dal carico protesico.

Contributi dell'autore

M.B. e M.M., concettualizzazione; M.M. e P.P.P., analisi formale; M.M. e P.P.P., indagine e metodologia; F.E.S. e M.T., scrittura bozza originale; C.M. e P.P.P., scrittura-revisione e redazione; M.B. e C.M., amministrazione del progetto. Tutti gli autori hanno letto e accettato la versione pubblicata del manoscritto.

Finanziamento

Questo studio è stato finanziato dal Ministero della Salute italiano, ricerca attuale IRCCS.

Dichiarazione del comitato di revisione istituzionale

Lo studio è stato condotto in conformità con i principi fondamentali della Dichiarazione di Helsinki del 1975 sull'analisi clinica che coinvolge soggetti umani, come rivisto nel 2008, ed è stato inoltre approvato dal comitato etico locale della Fondazione IRCCS Cà Granda Ospedale Maggiore Policlinico (zona Milano 2), in relazione ai flussi di lavoro digitali (#0002693-U). Tutti i pazienti coinvolti nel presente studio hanno firmato un modulo di consenso informato per la partecipazione.

Dichiarazione di consenso informato

Il consenso informato è stato ottenuto dai soggetti coinvolti in questo studio.

Dichiarazione di disponibilità dei dati

I dati sono disponibili nell'articolo stesso.

Conflitti di interesse

Gli autori non dichiarano alcun conflitto di interessi.

Riferimenti

1. Negreiros, W.M. ; Hamilton, A. ; Gallucci, G.O. Un flusso di lavoro completamente digitale per la transizione da una dentizione fallita a protesi provvisorie supportate da impianti fissi ad arco completo: un rapporto clinico. *J. Prosthet. Dent.***2022**, *127*, 527–532. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
2. Verstreken, K. ; Van Cleynenbreugel, J. ; Marchal, G.; Naert, I. ; Suetens, P.; van Steenberghe, D. Pianificazione assistita da computer della chirurgia implantare orale: un approccio tridimensionale. *Int. J. Maxillofac orale. Impianto. 1996,11*, 806–810. [**Google Scholar**]
3. Hermann, J.S. ; Schoolfield, J.D. ; Schenk, R.K. ; Buser, D. ; Cochran, D.L. Influenza delle dimensioni del microgap sui cambiamenti dell'osso crestale intorno agli impianti di titanio. Una valutazione istometrica di impianti non sommersi scaricati nella mandibola canina. *J. Parodontolo. 2000 2001, 72*, 1372-1383. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
4. Tarnow, D.P. ; Eskow, R.N. ; Zamzok, J. Estetica e odontoiatria implantare. *Periodonologia 2000 1996, 11,* 85-94. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
5. Gargallo-Albiol, J. ; Barootchi, S. ; Salomó-Coll, O.; Wang, H.L. Vantaggi e svantaggi della chirurgia di navigazione implantare. Una revisione sistematica. *Ann. Anat. 2019, 225*, 1-10. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]

6. Fortin, T.; Bosson, J.L. ; Isidori, M. ; Blanchet, E. Effetto della chirurgia senza lembo sul dolore sperimentato nel posizionamento dell'impianto utilizzando un sistema guidato da immagini. *Int. J. Maxillofac orale. Impianto.* 2006, 21, 298–304. [**Google Scholar**]
7. Yamada, J. ; Kori, H. ; Tsukiyama, Y. ; Matsushita, Y. ; Kamo, M. ; Koyano, K. Caricamento immediato di protesi fisse ad arco completo per mascelle edentule dopo il posizionamento dell'impianto guidato senza lembo: uno studio clinico prospettico di 1 anno. *Int. J. Maxillofac orale. Impianto. 2015, 30*, 184–193. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
8. Wismeijer, D. ; Joda, T.; Flügge, T.; Fokas, G.; Tahmaseb, A. ; Bechelli, D. ; Bohner, L. ; Bornstein, M. ; Burgoyne, A. ; Caram, S.; et al. Rapporto di consenso ITI del gruppo 5: tecnologie digitali. *Clin. Impianti orali Res. 2018, 29* (Supplemento S16), 436–442. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
9. Merlone, A. ; Tetè, G.; Cantile, N. ; Manacorda, M. ; Cattoni, F. Procedura di protesi implantare digitale minimamente invasiva nella riabilitazione "all on 4" in pazienti con bisogni speciali: un follow-up triennale. *J. Biol. Regul. Homeost. Agenti 2021, 35*, 71-85. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
10. Li, J. ; Chen, Z.; Chan, H.L. ; Sinjab, K. ; Yu, H. ; Wang, H.L. L'apertura del lembo influenza o meno l'accuratezza del posizionamento dell'impianto semiguidato in siti parzialmente edentuli? *Clin. Adezione dell'impianto. Relat. Res.* 2019, 21, 1253–1261. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
11. Lopes, A. ; Maló, P.; de Araújo Nobre, M. ; Sánchez-Fernández, E. ; Gravito, I. Il concetto di trattamento NobelGuide® All-on-4® per la riabilitazione delle mascelle edentulose: un rapporto retrospettivo sui risultati clinici di 7 anni e sui risultati radiografici di 5 anni. *Clin. Adezione dell'impianto. Relat. Res.* 2017, 19, 233–244. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
12. Eftekhar Ashtiani, R. ; Ghasemi, Z.; Nami, M. ; Mighani, F.; Namdari, M. Accuratezza delle guide chirurgiche digitali statiche per gli impianti dentali basate sul sistema di guida: una revisione sistematica. *J. Stomatol. Maxillofac orale. Surg.***2021**, *122*, 600–607. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
13. García-Sala Bonmati, F.; Pérez-Barquero, J.A. ; Ilzarbe Ripoll, L.M. ; Labaig Rueda, C. ; Fernandez-Estevan, L. ; Revilla-León, M. Una guida chirurgica per impianti fabbricati in modo additivo, trattenuta magneticamente e componibile: Una tecnica dentale. *J. Prosthet. Ant.* **2023**, *130*, 444–452. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
14. Meloni, S.M. ; De Riu, G.; Pisano, M. ; Cattina, G.; Tullio, A. Pianificazione del software di trattamento dell'impianto e chirurgia guidata senza lembo con erogazione immediata della protesi provvisoria nella mascella completamente edentula. Un'analisi retrospettiva di 15 pazienti trattati consecutivamente. *Eur. J. Implantol orale. 2010, 3*, 245–251. [**Google Scholar**] [**PubMed**]
15. Fortin, Y. ; Sullivan, R.M. ; Rangert, B.R. Il ponte dell'impianto Marius: riabilitazione chirurgica e protesica per la mascella superiore completamente edentula con riassorbimento da moderato a grave: uno studio clinico retrospettivo di 5 anni.*Clin. Adezione dell'impianto. Relat. Res. 2002, 4*, 69–77. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
16. Chee, W. ; Jivraj, S. Efficienza dei restauri dell'impianto mandibolare full-arch immediatamente caricati. *Clin. Adezione dell'impianto. Relat. Res. 2003, 5*, 52-56. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]

17. Malo, P. ; Nobre Mde, A. ; Lopes, A. Riabilitazione immediata di archi completamente edentuli con un concetto di protesi a quattro impianti in condizioni difficili: uno studio di coorte aperto con un follow-up medio di 2 anni. *Int. J. Maxillofac orale. Impianto.* 2012, 27, 1177–1190. [**Google Scholar**]
18. Beretta, M. ; Manfredini, M. ; Poli, P.P. ; Tansella, S. ; Maiorana, C. Riabilitazione protesica maxillare senza dima digitale completo per mezzo di impianti one-piece: un rapporto clinico proof of concept con follow-up di tre anni. *Protesi 2022, 4*, 202–212. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
19. El Kholy, K. ; Lazarin, R. ; Janner, S.F.M. ; Faerber, K. ; Buser, R. ; Buser, D. Influenza del supporto della guida chirurgica e della posizione del sito dell'impianto sull'accuratezza della chirurgia statica assistita da computer. *Clin. Impianto orale. Res.***2019**, *30*, 1067–1075. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
20. Choi, K. ; Kuhn, J.L. ; Ciarelli, M.J. ; Goldstein, S.A. I moduli elastici del tessuto osseo subcondrale, trabecolare e corticale umano e la dipendenza dimensione del modulo osseo corticale. *J. Biomech.* 1990, 23, 1103–1113. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
21. Tatakis, D.N. ; Chien, H.H. ; Parashis, A.O. Rischi di chirurgia implantare guidata e loro prevenzione. *Periodonologia 2000 2019, 81*, 194–208. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
22. Chmielewski, K. ; Ryncarz, W. ; Yüksel, O.; Goncalves, P. ; Baek, K.W. ; Cok, S. ; Dard, M. Analisi dell'immagine delle riabilitazioni protesiche immediate full-arch guidate da un flusso di lavoro digitale: valutazione della discrepanza tra pianificazione ed esecuzione. *Int. J. Adezione dell'impianto. 2019, 5*, 26. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
23. Granata, S. ; Sforza, N.M. ; Giberti, L. ; Stellini, E. ; Di Fiore, A. Chirurgia implantare guidata da computer per l'impianto e il carico immediati: la tecnica STIL. *J. Prosthet. Ant. 2021, 126*, 155-163. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
24. Fang, T.; Gao, J. ; Wu, Q.; Xie, C. ; Zhang, Y. ; Lu, J. ; Yu, H. Flusso di lavoro digitale di guide labiali per la riduzione della cresta alveolare durante la riabilitazione full-arch supportata dall'impianto. *J. Prosthodont.* 2023; *vista anticipata*. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
25. Yang, J.W. ; Liu, Q.; Yue, Z.G.; Hou, J.X.; Afrashtehfar, K.I. Flusso di lavoro digitale per il posizionamento immediato dell'impianto Full-Arch utilizzando una guida chirurgica componibile fabbricata utilizzando la tecnologia SLM. *J. Prosthodont. 2021, 30*, 645–650. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
26. D'Haese, J. ; Ackhurst, J. ; Wismeijer, D. ; De Bruyn, H. ; Tahmaseb, A. Stato attuale dell'arte della chirurgia implantare guidata da computer. *Parodontiologia 2000 2017, 73*, 121–133. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
27. Boa, K. ; Barrak, I. ; Varga, E., Jr. ; Joob-Fancsaly, A. ; Varga, E. ; Piffko, J. Generazione intraossea di calore durante la perforazione chirurgica guidata: uno studio ex vivo dell'effetto della temperatura del fluido irrigante. *Br. J. Maxillofac orale. Surg. 2016, 54*, 904–908. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
28. Eriksson, A. Lesione del tessuto osseo indotta dal calore: un'indagine in vivo sulla tolleranza al calore del tessuto osseo e sull'aumento della temperatura nella perforazione dell'osso corticale. Dottorato di ricerca Tesi, Università di Göteborg, Göteborg, Svezia, 1984. [**Google Scholar**]
29. Supachaiyakit, P. ; Serichetaphongse, P. ; Chengprapakorn, W. L'influenza della progettazione dell'impianto sulla stabilità dell'impianto nell'osso a bassa

densità sotto dima chirurgica guidato in chirurghi inesperti: uno studio clinico pilota controllato randomizzato che utilizza l'analisi della frequenza di risonanza. *Clin. Adezione dell'impianto. Relat. Res. 2022, 24*, 444–454. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
30. Su, Y.H. ; Peng, B.Y. ; Wang, P.D. ; Feng, S.W. Valutazione della stabilità dell'impianto e dei cambiamenti marginali del livello osseo durante i primi tre mesi del processo di guarigione dell'impianto dentale: uno studio clinico prospettico. *J. Mech. Comportamento. Biomed. Mater. 2020, 110*, 103899. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
31. Tomasi, C. ; Donati, M. ; Cecchinato, D. ; Szathvary, I. ; Corrà, E. ; Lindhe, J. Effetto dell'innesto del socket con minerale osseo deproteinizzato: un RCT sulle alterazioni dimensionali dopo 6 mesi. *Clin. Impianto orale. Res. 2018,29*, 435–442. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
32. Gamper, F.B. ; Benic, G.I. ; Sanz-Martin, I. ; Asgeirsson, A.G.; Hämmerle, C.H.F.; Thoma, D.S. Studio clinico controllato randomizzato che confronta impianti dentali one-piece e two-piece che supportano protesi dentali fisse e rimovibili: osservazioni da 4- a 6-year. *Clin. Impianto orale. Res.* 2017, 28, 1553–1559. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]
33. Tallarico, M. ; Kim, Y.J. ; Cocchi, F.; Martinolli, M. ; Meloni, S.M. Precisione dei modelli di sleeve-designed di nuova concezione per l'inserimento di impianti dentali: uno studio clinico prospettico multicentrico. *Clin. Adezione dell'impianto. Relat. Res.* 2019, 21, 108-113. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]
34. Cattoni, F.; Merlone, A. ; Broggi, R. ; Manacorda, M. ; Vinci, R. Pianificazione protesica assistita da computer e progettazione di impianti con registrazione digitale integrata dei morsi: un protocollo di trattamento. *J. Biol. Regul. Homeost. Agenti2021*, *35*, 11-29. [**Google Scholar**] [**CrossRef**] [**PubMed**]

Disclaimer/Nota dell'editore: le dichiarazioni, le opinioni e i dati contenuti in tutte le pubblicazioni sono esclusivamente quelli dei singoli autori e collaboratori e non di MDPI e/o degli editori. MDPI e/o gli editori declinano la responsabilità per eventuali danni a persone o proprietà derivanti da qualsiasi idea, metodo, istruzione o prodotto a cui si fa riferimento nel contenuto.

© 2023 dagli autori. Licenziatario MDPI, Basilea, Svizzera. Questo articolo è un articolo ad accesso aperto distribuito secondo i termini e le condizioni della licenza Creative Commons Attribution (CC BY) (**https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/**).