

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

DOTTORATO DI RICERCA IN
scienze chirurgiche

Ciclo 31°

Settore Concorsuale: 06/E3 Neurochirurgia e Chirurgia Maxillo-Facciale

Settore Scientifico Disciplinare: MED/29 Chirurgia Maxillo-Facciale

**UTILIZZO IN CHIRURGIA ORTOGNATICA DI DIME DI TAGLIO
E PLACCHE DI OSTEOSINTESI CAD-CAM
STAMPATE CON TECNOLOGIA DMLS
PER L'OSTEOTOMIA ED IL RIPOSIZIONAMENTO MANDIBOLARE**

Presentata da: Enrico Betti

Coordinatore Dottorato

Prof.ssa Annalisa Patrizi

Supervisore

Prof. Claudio Marchetti

Esame finale anno 2019

INDICE

Introduzione.....	4
--------------------------	----------

CAPITOLO I: LA CHIRURGIA ORTOGNATICA E LE DISMORFIE DENTO-FACCIALI	6
---	----------

1. La Chirurgia Ortognatica	7
1.1 Incidenza e Eziologia.....	19
1.2 Classificazione delle dismorfie dento-scheletriche	10
1.3 Inquadramento clinico	13
• Anamnesi	13
• Esame Obiettivo	13
1.4 Diagnosi	16
• Analisi delle fotografie.....	16
• Analisi delle radiografie	17
• Modelli in gesso	18
• CBCT.....	19
• Scansione intraorale	19
1.5 Trattamento.....	20
• Correzione dei rapporti sagittali, verticali e trasversali...22	
• Chirurgia mascellare.....	23
• Chirurgia mandibolare.....	25
• Genioplastica	28

CAPITOLO II: CHIRURGIA ORTOGNATICA IN 3D.....	30
--	-----------

2.1 Limiti della tecnica 2D tradizionale.....	31
2.2 Virtual <i>Planning</i> in Chirurgia Ortognatica	33
2.3 La tecnica CAD-CAM e gli impianti paziente specifici (PSI)...35	

CAPITOLO III: STUDIO SPERIMENTALE: DIME DI TAGLIO E PLACCHE CAD-CAM IN CHIRURGIA ORTOGNATICA... ..	39
---	-----------

3.1 Introduzione	40
• Scopi e Obiettivi	45
3.2 Materiali e Metodi.....	46
• Workflow Operativo	47

• Evoluzione del disegno delle dime	51
• Analisi dei risultati.....	54
3.3 Risultati	56
3.4 Discussione	59
3.5 Conclusione.....	64
Bibliografia... ..	65

Introduzione

Obiettivo: Lo scopo di questa tesi è di illustrare lo Studio “Utilizzo in Chirurgia Ortognatica di Dime di taglio per le osteotomie e Placche di osteosintesi CAD-CAM”, uno Studio Clinico, Prospettico che propone una nuova metodica, con approccio Mandible-first, che prevede l’utilizzo di tre presidi chirurgici prodotti con tecnologia CAD/CAM quali le guide di taglio per le osteotomie mandibolari, le placche di osteosintesi premodellate e gli splint chirurgici. L’obiettivo primario del nostro studio è quello di valutare la *riproducibilità* e l’*efficacia* di questo sistema nel realizzare intraoperatoriamente ciò che si è progettato virtualmente cercando quindi di ricreare il profilo osseo virtuale desiderato per il paziente. Abbiamo inoltre valutato se l’utilizzo degli impianti paziente-specifici (PSI) potesse aiutare nel *riposizionare il segmento prossimale* mandibolare nella posizione pianificata. Obiettivo secondario dello studio è la valutazione di un’eventuale *riduzione dei tempi operatori*, e quindi un minor rischio perioperatorio per il paziente

Metodo: Nove pazienti sottoposti a chirurgia ortognatica bimascellare sono stati arruolati tra Luglio 2017 e Maggio 2018 e hanno eseguito una CBCT (*Cone-Beam Computed Tomography*) preoperatoria; i modelli 3D dell’anatomia dei pazienti sono stati studiati utilizzando il software IPS Case Designer (KLS Martin, Germany) per la simulazione chirurgica virtuale dell’intervento. La posizione del frammento condilo-portatore è stata pianificata in base allo spostamento condilare minimo compatibile con una corretta anatomia mandibolare. Sono state quindi progettate e realizzate le guide di taglio e le placche mandibolari CAD-CAM personalizzate. Tutti i pazienti sono stati operati dallo stesso chirurgo con un approccio “*Mandible-First*” utilizzando il sistema individualizzato, mentre il mascellare superiore è stato posizionato secondo la migliore posizione verticale e fissato utilizzando le classiche placche in titanio modellate a mano intraoperatoriamente. Un mese dopo la chirurgia tutti i pazienti hanno eseguito una scansione CBCT. I dati postoperatori sono stati confrontati con quelli del *planning* virtuale, al fine di valutare l’accuratezza della metodica e

di analizzare lo spostamento dei rami mandibolari e la relazione condilo/fossa. Sono stati analizzati anche i tempi operatori. **Risultati:** L'accuratezza della posizione mandibolare è risultata soddisfacente e gli errori sono stati omogenei tra i casi. E' stato ottenuto un leggero spostamento condilare (movimento rotatorio $<4^\circ$, traslatorio $<1\text{mm}$), che non ha provocato disturbi funzionali acuti o tardivi dell'articolazione temporo-mandibolare. La relazione condilo/fossa è stata per lo più mantenuta. I risultati relativi alla posizione delle placche sono risultati insignificanti confermando l'accuratezza del kit dima-placca. I tempi operatori non sono stati significativamente migliorati. **Conclusioni:** I risultati ottenuti suggeriscono che l'utilizzo delle guide di taglio e delle placche di osteosintesi CAD/CAM può rappresentare una possibile soluzione per incrementare la riproducibilità trasferendo, con notevole precisione, il progetto virtuale in sala operatoria; inoltre si sono dimostrate adeguate nel riposizionamento del segmento prossimale garantendo un maggior controllo della posizione condilare e quadri postoperatori molto stabili. Tuttavia l'introduzione di ulteriori passaggi intraoperatori può essere responsabile del mancato miglioramento o addirittura dell'allungamento dei tempi chirurgici.

CAPITOLO I

**LA CHIRURGIA ORTOGNATICA E
LE DISMORFIE DENTO-FACCIALI**

1. La Chirurgia Ortognatica

La Chirurgia Ortognatica è la branca della Chirurgia Maxillo-Facciale che si occupa della diagnosi e del trattamento delle dismorfie dento- scheletriche, intese come variazione delle proporzioni facciali e dei rapporti dentali, dovute ad una alterata crescita in eccesso o in difetto dei mascellari, che determinano un deficit sia estetico che funzionale.

Le ossa facciali sono l'architettura del volto, pertanto la loro forma e posizione, unitamente a quelle dei denti, determinano sia una buona morfologia del volto sia una corretta funzione masticatoria.

A seconda della combinazione tra le alterazioni di forma, dimensione, e posizione dei denti e dei mascellari, si possono realizzare diversi tipi di dismorfosi dento-facciali. Le principali alterazioni che si osservano sono l'eccessiva o la ridotta crescita del mascellare superiore o della mandibola che più frequentemente si presentano associate, con conseguente necessità di effettuare spostamenti di entrambi i mascellari.

Queste deformità dello scheletro facciale, congenite o di sviluppo, unitamente alla malocclusione dentale possono essere tali da creare delle limitazioni importanti.

A causa di *un'alterata funzione masticatoria* il paziente mette in atto dei movimenti compensatori che causano uno sforzo masticatorio superiore alla norma che, a lungo andare, può dar luogo a vere e proprie patologie come la "Sindrome algico-disfunzionale dell'ATM.

Le malposizioni dento-scheletriche possono causare anche *problemi di linguaggio* o di tipo *respiratorio* come "la sindrome da apnee ostruttive" con le relative conseguenze sull'apparato cardiocircolatorio.

In secondo luogo è importante considerare le possibili ripercussioni di carattere psicologico che può causare una dismorfia facciale, soprattutto in una società come quella di oggi dove viene data sempre più importanza all'aspetto esteriore.

E' evidente che un volto gradevole esercita sulla mente dell'individuo un effetto positivo, inteso come sicurezza di sé e autostima; al contrario, è frequente che un soggetto affetto da una grave alterazione dento-scheletrica possa sviluppare un'insicurezza tale da arrivare a una vera e propria *sindrome depressiva* più o meno grave che, nei casi più gravi, può sfociare in istinti suicidi.

Questo è dimostrato dal fatto che i fattori estetici e il desiderio di migliorare la propria immagine compaiono tra il 41% e l'89% delle motivazioni dei pazienti che si sottopongono a interventi di chirurgia ortognatica (Kiyak et al., 1991), mentre i disturbi funzionali, il discomfort ed il dolore sono spesso meno importanti dell'effetto derivato dall'aspetto del volto.

Per questa ragione, negli anni, gli obiettivi si sono evoluti da una semplice correzione oclusale ad una simultanea ristrutturazione estetico-funzionale.

È tuttavia l'alleanza ortodontico-chirurgica a far sì che si venga ad attuare un miglioramento dell'aspetto facciale tale da rendere i pazienti che si sono sottoposti a questo iter soddisfatti dei risultati ottenuti e del percorso intrapreso.

Dati in letteratura attestano un grado di soddisfazione complessiva del 90% circa a seguito dell'intervento maxillo-facciale, inoltre l'80% dei pazienti attesta di essere disposta a rifare l'operazione e di consigliarla ad altre persone con la stessa problematica.(1)

Questi risultati sono possibili unicamente grazie alla formulazione di una corretta diagnosi ed un appropriato piano di trattamento; il miglioramento ed il perfezionamento di questi ultimi è stato ottenuto nel tempo con la contestuale evoluzione delle tecnologie utilizzate. Infatti è in questo clima di frenetica innovazione tecnologica che l'approccio alla chirurgia va a modificarsi. Lo scopo del lavoro è di analizzare e confrontare una nuova metodica operativa "L'utilizzo in Chirurgia ortognatica di Dime di taglio e Placche individualizzate CAD-CAM", attraverso l'analisi di una serie consecutiva di pazienti inclusi in un protocollo di ricerca e trattati con tale metodica.

1.1 Incidenza ed Eziologia

Da un punto di vista numerico e statistico le dismorfie dento-facciali di maggior interesse per il chirurgo sono le seconde e le terze classi scheletriche, le asimmetrie dento-facciali e il morso aperto scheletrico.

Esistono anche altre situazioni, più rare, associate a malocclusioni dentarie di prima classe o anche a normocclusioni, che necessitano di una correzione chirurgica per una soluzione globale del problema; tra queste ricordiamo il morso incrociato laterale, il morso profondo scheletrico e la *long face syndrome* pura.

L'incidenza delle seconde e terze classi scheletriche presenta delle variazioni geografiche, probabilmente legate a *fattori familiari e/o ereditari* che, invece, incidono meno sulle asimmetrie.

In alcuni casi tali anomalie sono dovute a una singola causa specifica, ma il più delle volte sono il risultato di una complessa interazione tra molteplici fattori che influenzano la crescita e lo sviluppo. Infatti nella maggior parte dei casi è impossibile indicare uno specifico fattore eziologico.

Accanto a un'eziopatogenesi ereditaria esistono *fattori intrinseci ed estrinseci* che nelle varie fasi dello sviluppo contribuiscono all'insorgenza delle Dismorfie Dento-Scheletriche di **Seconda e Terza classe**. Tra questi ci sono:

- Stenosi o insufficienza delle prime vie aeree, con conseguente iposviluppo del mascellare superiore;
- Ipertrofia tonsillare con la conseguente stenosi oro-faringea e tendenza alla protrusione mandibolare;
- Respirazione orale;
- Agenesia o perdita traumatica di elementi dentali dell'arcata superiore o inferiore (soprattutto incisivi e premolari);
- Perdita precoce dei molari inferiori con perdita di contatti posteriori e conseguente scivolamento in avanti della mandibola;
- Anomalie posizionali della lingua (ad esempio il *frenulo linguale corto*);

- Deglutizione viziata;
- Traumi condilari in età di crescita.

Per quanto riguarda le **Asimmetrie**, invece, la causa principale sembra essere la crescita asimmetrica dei condili mandibolari, la cui patogenesi è da ricercare nell'iperattività delle cellule precartilaginee a livello del centro di crescita condilare.

Diverse possono essere le cause:

- Traumi a livello del condilo in età infantile;
- Anchilosi temporo-mandibolari con conseguente iposviluppo condilare monolaterale;
- Disturbi neurotrofici;
- Alterazioni del circolo locale;

1.2 Classificazione delle deformità dento-scheletriche

Le dismorfie possono essere legate ad un problema dentale (una malocclusione) e/o ad un alterazione scheletrica.

Malocclusione dentale

Classificazione di Angle

- *I classe - Normocclusione*: la cuspidi del primo molare superiore occlude esattamente nel solco vestibolare del primo molare inferiore;
- *II classe – Distocclusione o retrognatismo*: la cuspidi del primo molare superiore occlude mesialmente (verso i denti incisivi) rispetto al solco mesiovestibolare del primo molare inferiore;
- *III classe – Mesiocclusione o prognatismo*: la cuspidi del primo molare superiore occlude distalmente rispetto al solco mesiovestibolare del primo molare inferiore. (*Figura n°1*)

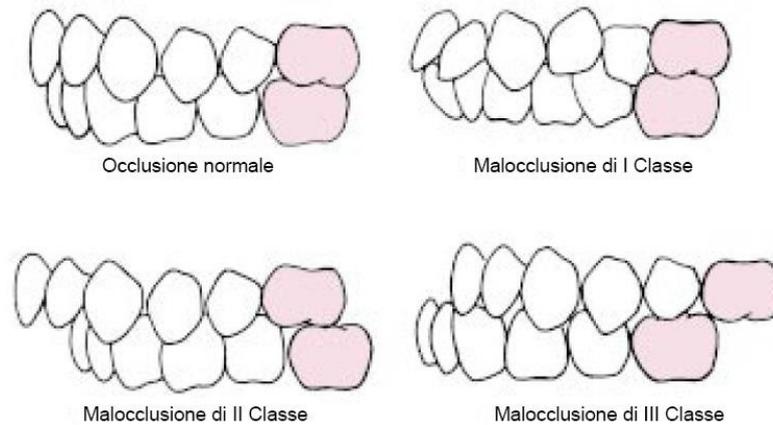


Figura n°1: Classificazione di Angle delle malocclusioni dentali

Altri tipi di malocclusione

- *Morso profondo*: i molari occludono correttamente mentre gli incisivi anteriori dell'arcata superiore sono spostati in avanti e sono conformati in maniera tale da coprire quelli dell'arcata inferiore per più della metà della lunghezza di questi;
- *Morso aperto*: i molari e i premolari occludono in maniera perfetta mentre gli altri denti non si sovrappongono lungo la direzione verticale e rimangono distanti senza toccarsi; si sviluppa più tipicamente nella parte anteriore della bocca, ossia tra incisivi superiori e inferiori, ma si può avere la presenza di un morso aperto anche nei settori posteriori, mono o bilateralmente.
- *Morso incrociato*: uno, più o tutti gli elementi dentali dell'arcata superiore si trovano, all'occlusione, all'interno dell'arcata inferiore anziché all'esterno; questo problema può interessare sia i denti anteriori che i laterali.

Difetti scheletrici

- *III classe Scheletrica*: consiste in un alterato rapporto tra i mascellari per cui si verifica una protrusione mandibolare, ossia la mandibola risulta in

una posizione troppo avanzata rispetto al mascellare superiore e questo comporta un alterato rapporto dentale (malocclusione di III classe di Angle), e disarmonia del volto. La III classe può essere dovuta ad un eccesso di crescita della mandibola, ad una ipoplasia del mascellare superiore, o, come spesso accade, ad entrambe le ragioni.

- *II classe Scheletrica*: la mandibola si trova in posizione arretrata rispetto al mascellare a causa di una sua ridotta crescita. (Figura n°2)

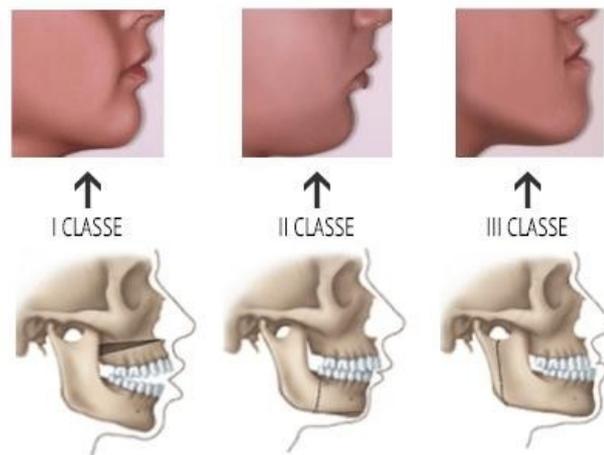


Figura n°2: Esempi di malocclusione scheletrica

- *Long face*: è una condizione caratterizzata da un eccesso di sviluppo verticale del mascellare superiore con conseguente aumento dell'altezza totale del volto, evidente soprattutto nel terzo inferiore.
- *Short face*: condizione caratterizzata da una ridotta dimensione verticale del terzo inferiore del volto; la causa può essere una ridotta crescita del mascellare superiore, della mandibola o di entrambi.
- *Asimmetrie facciali*: consistono in uno squilibrio di crescita di un lato del volto rispetto al controlaterale; l'asimmetria di crescita può interessare il mascellare, la mandibola o entrambi.

Nel 1986 Obwegeser e Makek nella loro pubblicazione (2) distinguono due forme: l'iperplasia e l'allungamento emimandibolare.

L'*iperplasia emimandibolare* è caratterizzata da un ingrandimento

tridimensionale di un solo lato della mandibola che può interessare solo il condilo o comprendere anche il ramo e il corpo mandibolare.

L'accrescimento si arresta in corrispondenza della linea mediana senza causare una deviazione della sinfisi mentoniera; inoltre può essere presente un quadro più o meno grave di inclinazione del piano occlusale a causa della squilibrata crescita dei mascellari.

L'*allungamento emimandibolare* è caratterizzato da una deviazione in senso orizzontale della mandibola e conseguentemente del mento, solitamente senza ripercussioni sul piano occlusale.

Esistono anche forme miste, a seconda che prevalga la direzione in senso verticale o orizzontale della crescita in eccesso (3).

1.3 Inquadramento clinico

Anamnesi

Uno degli obiettivi principali della prima visita è quello di stabilire la reale motivazione che ha spinto il paziente a rivolgersi al chirurgo. Egli infatti deve indagare sulle motivazioni e sulle aspettative che il paziente ripone nell'intervento di chirurgia ortognatica perché lo stato psicologico del paziente affetto da dismorfia facciale è di primaria importanza.

Altrettanto importante è lo stato fisico del paziente, il chirurgo deve quindi ricercare stati patologici acuti e cronici che possano interferire con il percorso terapeutico (diabete mellito, ipertiroidismo, patologie cardiache, anemia falciforme, artrite reumatoide).

Esame Obiettivo

L'esame clinico del paziente dismorfico si articola in varie fasi che comprendono l'analisi del volto nel complesso, l'osservazione del cavo orale, quindi la ricerca di eventuali patologie dentali (carie, fratture) e la valutazione del parodonto

(tasche, retrazioni gengivali); inoltre è sempre da effettuare l'esame obiettivo dell'ATM alla ricerca di eventuali sofferenze, attraverso la palpazione della muscolatura masticatoria, e la ricerca di click articolari o di episodi di lussazione, attraverso movimenti di apertura, protrusione e lateralità. L'esame obiettivo dell'ATM va sempre eseguito, anche se diversi studi hanno dimostrato che la prevalenza della sindrome disfunzionale nei pazienti dismorfici, sia sostanzialmente sovrapponibile a quella dei pazienti sani.(4)

Analisi del volto

Esame frontale

Occorre valutare l'armonia esistente tra i tre terzi del volto (*Figura n°3*)considerando che un volto ideale dovrebbe poter essere diviso in tre parti uguali tra loro, da linee orizzontali passanti per l'attaccatura dei capelli, la glabella, la base del naso ed il mento .(5)

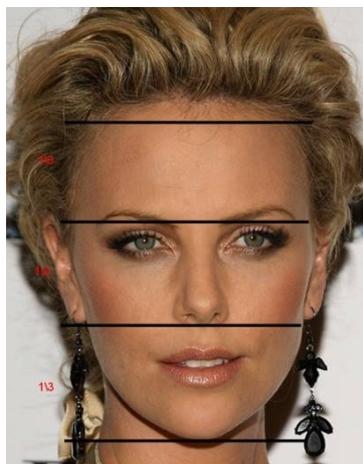


Figura n°3: Divisione del volto in terzi

Il terzo medio e il terzo inferiore rappresentano la parte più importante da analizzare e il terzo inferiore a sua volta dovrebbe avere al suo interno un rapporto di 1:2 tra labbro superiore e inferiore. Inoltre è molto importante valutare anche la simmetria rispetto al piano mediano.

Notevole importanza è da attribuire alla competenza labiale valutando la contrazione della muscolatura del mento e l'esposizione degli incisivi sia con le

labbra rilassate (3-4 mm), sia nel sorriso. L'eccesso di esposizione dentale viene valutata meglio a labbra rilassate, tenendo in considerazione che una esposizione a riposo di tutto il dente o quasi, si accompagna sempre ad un'eccessiva esposizione gengivale nel sorriso.

Esame di profilo

L'angolo del profilo, secondo Arnett, dovrebbe essere compreso tra 165° e 175°; valori superiori indicherebbero la tendenza alla terza classe, mentre valori inferiori alla seconda classe.

Inoltre è indispensabile valutare:

- la posizione della glabella rispetto alla base del naso, che dovrebbero essere allo stesso livello;
- la proiezione della fronte;
- la forma del naso;
- la proiezione delle labbra, la cui corretta posizione si ha quando sono leggermente everse rispetto alla base, conferendo una certa esposizione del bordo del vermiglio;
- i solchi naso-genieni;
- l'angolo naso-labiale, che può presentarsi retto, acuto o ottuso;
- la distanza mento-collo;
- la divergenza dell'angolo mandibolare.

Analisi del sorriso

Per ottenere un sorriso ben equilibrato è importante posizionare i denti e le gengive in modo corretto, in modo tale che vengano esposti in modo adeguato. Una delle principali caratteristiche da osservare in un sorriso è l'esposizione incisale e gengivale tenendo in considerazione che le labbra dovrebbero sollevarsi fino ad esporre completamente gli incisivi, anche se un

certo grado di esposizione gengivale può essere gradevole (1-2 mm). (*Figura n°4*)



Figura n°4: Analisi del sorriso

L'eccesso di esposizione gengivale può essere dovuta :

- Ridotta altezza del filtro;
- Eccesso di verticalità del mascellare;
- Eccessiva lunghezza della corona dentale;
- Palatoversione degli incisivi.

Una ridotta esposizione dentale può invece derivare da :

- Eccesso di altezza del filtro;
- Ridotta altezza mascellare;
- Lunghezza coronale inadeguata (perdita tessuto dentale) ;
- Incisivi superiori vestibolarizzati.

1.4 Diagnosi

Analisi delle fotografie

La raccolta di una completa documentazione iconografica è fondamentale in Chirurgia Ortognatica perché alcuni valori (lineari o angolari) e proporzioni possono essere meglio ricavate sulle fotografie rispetto all'esame obiettivo.

Il set minimo di fotografie del volto è composto da:

- Frontale a labbra rilassate
- Frontale in sorriso
- Laterali
- “Tre quarti”

A queste si possono aggiungere proiezioni aggiuntive in base alla necessità, come la foto “submentale” (per la valutazione di eventuali asimmetrie mandibolari e dismorfosi nasali), foto per lo studio del sorriso e per la valutazione del tilt del piano occlusale.

Foto endorali:

- Frontale in occlusione
- Laterali in occlusione
- Overjet/overbite
- Occlusale mandibolare e mascellare

Analisi delle radiografie

Le 3 radiografie indispensabili per la diagnosi in Chirurgia Ortognatica sono l’OPT (ortopantomografia) e le teleradiografie del cranio nelle due proiezioni AP (antero-posteriore) e LL (latero-laterale) ; a queste si possono eventualmente aggiungere la scintigrafia, per la ricerca di ipercaptazione del centro di crescita condilare nelle asimmetrie mandibolari, e la RMN per uno studio raffinato del condilo e dell’ATM, nei casi con associata patologia articolare.

Sulle teleradiografie del cranio nelle due proiezioni (AP e LL) è possibile costruire il tracciato cefalometrico il quale, tracciando una serie di punti di repere, permette di effettuare delle misurazioni per verificare la posizione dei denti e dei segmenti ossei, in base a valori definiti “nella norma”. (*Figura n°5*)

L’analisi cefalometrica comprende misurazioni scheletriche, angolari o lineari, rapporti tra basi ossee e la base cranica, misurazioni sui tessuti molli, rapporti dento-labiali e dento-scheletrici. L’analisi cefalometrica non può mai prescindere dall’esame clinico, con il quale deve essere sempre rapportata, e in caso di

discordanza tra le due valutazioni deve essere privilegiata quella più utile al raggiungimento di un ottimale risultato estetico e funzionale.

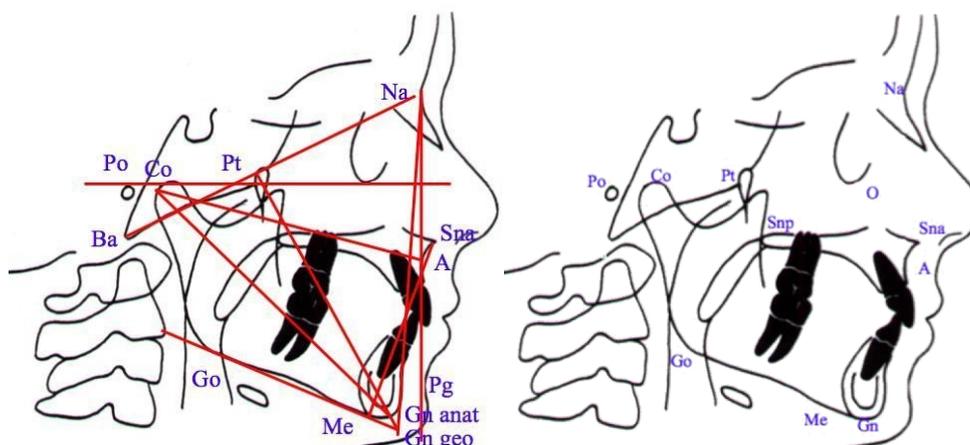


Figura n°5: Analisi cefalometrica

Modelli in gesso

I modelli in gesso delle arcate dentali (*Figura n°6*) sono parte essenziale della documentazione diagnostica in chirurgia Ortognatica, infatti sono indispensabili sia nella diagnosi, che nella pianificazione del trattamento ortodontico pre-chirurgico. I modelli vanno analizzati dapprima separatamente andando a valutare la forma dell'arcata (parabolica, triangolare, quadrata), l'entità dell'affollamento, le rotazioni dentarie e la curva di Spee; successivamente vengono esaminati i rapporti tra le due arcate posizionando manualmente i molari in prima classe per valutare le discrepanze tra le arcate e farsi una prima idea circa le necessità e gli obiettivi del trattamento ortodontico pre-operatorio.

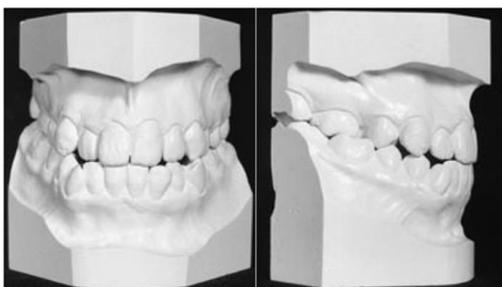


Figura n°6: Modelli in gesso delle arcate dentali

La tecnologia bidimensionale e i cefalogrammi 2D sono stati tradizionalmente utilizzati nella pianificazione in chirurgia ortognatica, nonostante presentassero dei limiti relativi al fatto che il corpo umano è una struttura tridimensionale e le immagini bidimensionali non ne permettono una corretta valutazione .

I recenti progressi della tecnologia hanno generato una grande varietà di metodiche tridimensionali che permettono di acquisire nelle tre dimensioni dello spazio sia le strutture di superficie che le basi scheletriche. Queste metodiche comprendono la scansione intraorale delle arcate e la CBCT (*Cone-Beam Computer Tomography*).

CBCT

L'avvento della Tomografia Computerizzata Cone Beam (CBCT) a fascio conico ha permesso di ricostruire tridimensionalmente le strutture anatomiche esaminate. La CBCT è un tipo di Tomografia in grado di acquisire dati ed immagini di uno specifico volume del massiccio facciale e del cranio. Tali informazioni, mediante appositi software di elaborazione, vengono riprodotte nei tre piani dello spazio e ricostruite con immagini 3D, esponendo il paziente a dosi radianti relativamente basse.

Scansione intraorale

Allo stesso modo anche l'ortodontista oggi ha a disposizione maggiori records tridimensionali ricavati da software in grado di realizzare cefalometrie 3D e scanner intraorali in grado di sostituire i modelli in gesso tradizionali con modelli virtuali.

La sostituzione di modelli fisici in gesso, che sono soggetti a perdita, frattura e degradazione, con i corrispettivi digitali presenta diversi vantaggi potenziali, tra cui:

- L'immediata accessibilità delle informazioni 3D senza necessità di recuperare i modelli in gesso da un'area di deposito;
- La capacità di eseguire accuratamente e con più facilità il *planning* dei casi ortodontici;
- Possibilità di trasferimento delle immagini virtuali ovunque nel mondo per divulgazione o consultazione;
- Analisi obiettiva del modello nelle tre dimensioni.

1.5 Trattamento

In un paziente in crescita le malocclusioni scheletriche, entro certi limiti, si possono trattare anche solo ortodonticamente, invece, nel paziente adulto l'ortodontista non è più in grado di modificare la sua struttura scheletrica, e si rende pertanto necessario l'intervento a livello osseo dei chirurghi maxillo facciali.

È attualmente possibile definire in linea di massima i limiti del trattamento ortodontico per garantire un'occlusione armonica. Con il diagramma "*envelope of discrepancy*" (gradi delle discrepanze) è possibile valutare l'entità del cambiamento ottenibile. (*Figura n°7*)

Nel primo envelope rientrano le modificazioni che possono essere ottenute dall'ortodontista con il solo movimento ortodontico. Il secondo envelope indica gli spostamenti dentali ottenibili ortodonticamente compatibilmente con la crescita del paziente. Il terzo envelope infine mostra i cambiamenti risultanti con la chirurgia ortognatica.

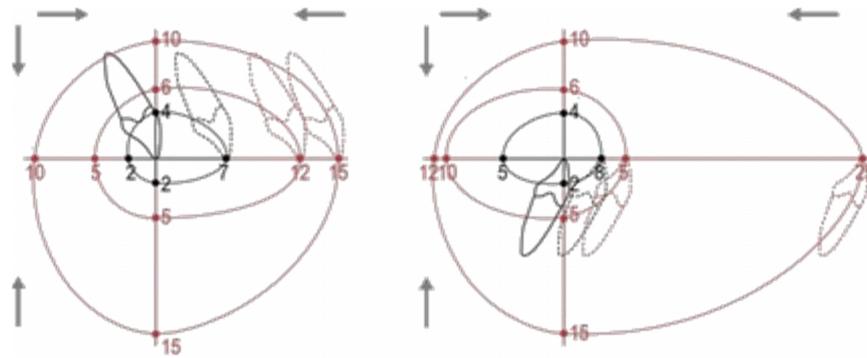


Figura n° 7: Envelope of discrepancy

In pazienti con presenza di residua crescita si deve prendere in considerazione il fatto di una terapia ortopedica con apparecchiature funzionali al fine di sfruttare il residuo di crescita a favore di una riduzione delle discrepanze mascellari scheletriche.

In pazienti a fine crescita, invece, la chirurgia dei mascellari è indicata quando ci si trova ad affrontare un problema non risolvibile con la sola ortodonzia.

Possiamo quindi dire che le distorsioni dento-facciali richiedono un trattamento combinato ortodontico-chirurgico che si articola nelle seguenti fasi:

1. *Ortodonzia pre-chirurgica*: consiste nella preparazione ortodontica alla chirurgia; fondamentale è la stretta collaborazione tra il Chirurgo maxillo-facciale e l'Ortodontista. In questa fase l'ortodontista, utilizzando delle apparecchiature ortodontiche fisse, riallinea le arcate dentali e rimuove i cosiddetti "compensi dentali", ossia quei vizi di posizione dovuti alla distorsione scheletrica. I denti vengono quindi allineati in previsione degli spostamenti ossei che verranno eseguiti durante l'intervento chirurgico, in modo tale da ottenere, già al termine dell'intervento, un'occlusione dentale sufficientemente stabile.
2. *Chirurgia Ortognatica*: l'intervento chirurgico consiste nella mobilizzazione di uno o entrambi i mascellari attraverso delle osteotomie, il loro spostamento nella posizione stabilita e la loro fissazione rigida attraverso placche e viti in titanio.

3. *Ortodonzia postchirurgica*: quando il chirurgo ritiene che il processo di guarigione sia tale da garantire una buona stabilità clinica, si può iniziare l'ortodonzia postchirurgica; in genere questo avviene intorno alle 6-8 settimane dall'intervento. Una volta appurata una buona stabilità dei segmenti ossei, l'ortodonzia postchirurgica svolge il compito di "rifinitura occlusale". La durata di questa terza fase è variabile, oscillando fra i 6 e i 12 mesi.

Correzione dei rapporti sagittali, verticali e trasversali

Per mezzo di tale chirurgia è possibile, nei limiti biologicamente accettati, riposizionare i mascellari nei tre piani dello spazio e pertanto, esistono diversi tipi di osteotomie le quali sono più o meno indicate nel trattamento di problemi di natura sagittale, verticale o trasversale.

Per intervenire su di una discrepanza scheletrica **sagittale**, i mascellari possono essere mobilitati chirurgicamente sia anteriormente sia posteriormente. Nello specifico, sebbene la mandibola possa essere spostata nelle due direzioni abbastanza liberamente (ponendo attenzione all'adattamento neuro muscolare e ai tessuti molli), la maxilla può essere avanzata, ma non facilmente arretrata a causa dell'ostacolo causato dalle strutture scheletriche che la costituiscono.

Per il trattamento di un'**altezza** facciale deficitaria o eccessiva che può esitare in deep o open bite importanti, la maxilla può essere spostata verso l'alto con successo, a differenza del suo dislocamento in basso che è meno predicibile. Analogamente la mandibola può essere portata verso l'alto o verso il basso nella sua porzione anteriore, ma non può essere portata in basso stabilmente a livello dell'angolo goniaco.

A livello **trasversale** si possono riscontrare due tipi di problematiche: la più frequente è quella caratterizzata da un restringimento o un allargamento

asimmetrico dell'arcata superiore, la meno frequente è quella dovuta ad un'asimmetria mandibolare.

A livello mascellare si può attuare un'espansione attraverso delle osteotomie parasagittali a livello delle zone laterali del pavimento delle cavità nasali oppure, in alternativa, si può attuare un'espansione palatale chirurgicamente assistita con l'applicazione di un espansore a vite.

A livello mandibolare il restringimento è possibile attraverso l'osteotomia del corpo mandibolare in zona anteriore; l'espansione mandibolare, invece, dipende posteriormente dal rapporto condilo/fossa glenoidea e anteriormente dai tessuti molli i quali possono aumentare la loro entità attraverso una distrazione osteogenetica. Pertanto, a differenza del mascellare superiore, che può essere allargato o ristretto con una ragionevole stabilità, la mandibola può essere per lo più ristretta in quanto l'espansione della stessa risulta fattibile solo in misura limitata per i rapporti dell'osso con l'articolazione temporo-mandibolare.

Chirurgia mascellare: la tecnica più utilizzata in chirurgia ortognatica per la mobilizzazione del mascellare superiore è l'*osteotomia di Le Fort I*, il cui nome deriva dal chirurgo francese che descrisse le più frequenti linee di frattura nei traumi facciali, coinvolgenti il mascellare superiore.

Il primo tentativo di correggere una deformità dentofacciale attraverso un'osteotomia del mascellare fu del chirurgo tedesco Herman Wassmund nel 1921, egli però non mobilizzò la mascella dopo l'osteotomia, ma per spostarla utilizzò una trazione ortopedica nel periodo postchirurgico. (6) Nel 1934 Auxhausen, allievo di Wassmund, ricorse alla mobilizzazione della maxilla per la correzione di un open bite scheletrico. (7)

Tecnica chirurgica: previa infiltrazione di anestetico locale con una soluzione costituita da anestetico e vasocostrittore diluiti con fisiologica (adrenalina 1:200000-400000) si effettua, mediante bisturi a lama fredda o elettrobisturi,

un'incisione a livello del fornice vestibolare superiore, al di sopra della giunzione muco-gengivale, che si estende dal processo zigomatico a livello del primo molare di un lato fino al corrispondente punto controlaterale, facendo attenzione a non ledere i dotti di Stenone (dotto escretore della ghiandola parotide). In seguito all'incisione mucoso-muscolo-periostale si procede con la scheletrizzazione, rigorosamente sottoperiosteale, del mascellare iniziando dalla superficie anteriore e laterale del mascellare per poi proseguire verso il processo zigomatico (arrivando a visualizzare l'emergenza del nervo infraorbitario) portandosi posteriormente verso il tuber ed i processi pterigoidei dell'osso sfenoide. E' molto importante, soprattutto in questa fase di scollamento della regione tubero-pterigoidea, mantenersi sottoperiosteali per la presenza dell'arteria mascellare interna.

Successivamente con uno scollatore ricurvo si distacca il mucoperiostio dalla parete laterale del naso, in corrispondenza dell'apertura piriforme, il pavimento nasale (per una profondità di qualche centimetro) e la spina nasale anteriormente. A questo punto, con una fresa oscillante a fessura sottile, è possibile eseguire l'osteotomia di LeFort I (*Figura n°8*) che si estende dall'apertura piriforme del naso fino alla giunzione pterigo-mascellare, passando attraverso la fossa canina e la base del processo zigomatico mascellare, mantenendosi sempre qualche millimetro sopra gli apici dentari.

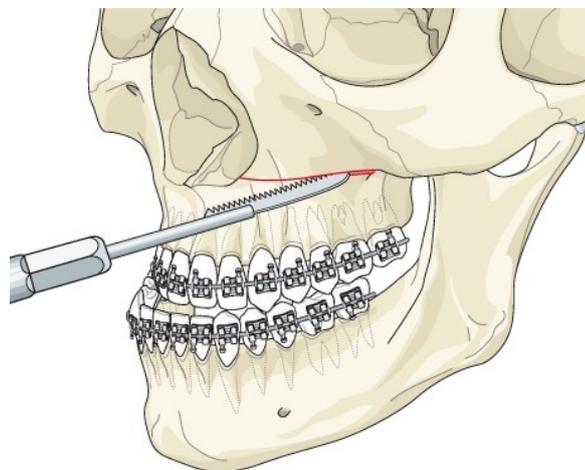


Figura n°8: Osteotomia sec. LeFort I

A questo punto si può completare la disinserzione del setto nasale dal mascellare

utilizzando un osteotomo a coda di rondine, facendo attenzione a non lacerare la mucosa nasale.

Quindi si passa alla disgiunzione pterigo-mascellare: si posiziona come riferimento il dito indice a livello palatale e si inserisce un osteotomo curvo e tagliente nella porzione bassa della fessura pterigo-mascellare; spingendo con leggeri colpi di martello avviene la disgiunzione, che risulta completa quando il dito del chirurgo percepisce la punta dell'osteotomo che sporge al di sotto della mucosa. A questo punto è possibile mobilizzare il mascellare verso il basso (*Down fracture*) che può essere fatto manualmente, con una digitopressione verso il basso nella zona anteriore o, più spesso, con l'ausilio di apposite pinze da divaricazione, le quali vengono inserite nella sezione osteotomica qualche mm al di dietro del bordo dell'apertura piriforme.

Il mascellare superiore è ora libero di essere spostato nelle 3 dimensioni dello spazio; il riposizionamento può essere fatto mediante l'utilizzo di uno "*splint intermedio*" e quindi della neo-occlusione pianificata prima dell'intervento. Una volta bloccate in occlusione le due arcate dentali, il mascellare viene fissato con placche e viti di titanio, che vengono modellate a mano dal chirurgo intraoperatoriamente.

Nei casi in cui sia previsto un importante avanzamento o abbassamento del mascellare, si possono utilizzare degli innesti di osso autologo per riempire i gap ossei, favorendo i processi di guarigione ossea e aumentando la stabilità del risultato.

Infine si procede alla sutura dell'accesso chirurgico, ponendo particolare attenzione alle ali nasali che vanno spesso incontro ad un processo di allargamento. Pertanto è necessario procedere con una sutura con filo non riassorbibile trazionando l'ala nasale verso il basso e medialmente. La chiusura dello strato mucoso può avvenire mediante l'allestimento di una V-Y, tecnica che può influire sull'entità dell'avanzamento dei tessuti molli e sulla possibilità di ottenere un maggior riempimento e una migliore rappresentazione del labbro

superiore.

Chirurgia mandibolare: Le prime procedure chirurgiche per correggere le deformità scheletriche mandibolari furono descritte agli inizi del secolo scorso, tuttavia l'osteotomia per la correzione del prognatismo mandibolare fu attuata di routine solo a partire dagli anni '50. La tecnica chirurgica maggiormente utilizzata nella chirurgia mandibolare è l'osteotomia sagittale dei rami secondo Obwegeser-Dal Pont, così chiamata perché descritta per la prima volta da Obwegeser nel 1957 (8) e successivamente modificata nel 1958 da Dal Pont (9).

L'osteotomia sagittale dei rami permette di far eseguire movimenti di avanzamento o arretramento alla mandibola, per ristabilire il corretto rapporto con il mascellare superiore, o di trasversalità, per la correzione di anomalie di simmetria del terzo inferiore del volto. Inoltre è un'osteotomia sagittale bilaterale (Bilateral Sagittal Split Osteotomy, BSSO) tesa a preservare la struttura nervosa che decorre nella mandibola, il nervo mandibolare, il quale emerge dalla spina dello Spix.

Tecnica chirurgica: previa infiltrazione di anestetico locale e vasocostrittore lungo la linea obliqua esterna della mandibola, estendendosi sul versante vestibolare dalla regione del primo molare fino a circa 2-3 cm distalmente al terzo molare e sul versante linguale in corrispondenza della spina dello Spix, si incide la mucosa in corrispondenza delle zone infiltrate. Si espongono le fibre del muscolo Buccinatore che vengono poi sezionate previa accurata coagulazione bipolare, così da evitare il sanguinamento dell'arteria buccinatoria che decorre in questa regione.

Mediante l'ausilio di uno scollaperiostio si scheletrizza la corticale esterna del corpo mandibolare dalla regione molare fino a circa 1 cm sotto l'incisura sigmoidea del ramo mandibolare, comprendendo il bordo inferiore e l'angolo della mandibola. Procedendo cranialmente nello scollamento si evidenzia la base del processo coronoide e le prime fibre del tendine del muscolo Temporale che

vengono distaccate permettendo l'inserimento di un apposito retrattore a coda di rondine che consente di mantenere adeguatamente divaricati i tessuti molli. Quindi si procede con un accurato scollamento sottoperiosteo della regione mediale del ramo mandibolare in modo da individuare la spina dello Spix, al di sotto della quale decorre il fascio vascolo-nervoso.

Si pratica quindi, con una fresa di Lindemann lunga, la sezione della corticale interna del ramo mandibolare al di sopra della lingula, estesa dalla base del coronoide al bordo posteriore della mandibola. La profondità dell'osteotomia non è uguale in tutto il suo decorso poiché il ramo ha spessore variabile: è maggiore nella parte più anteriore, alla base del coronoide, mentre è più sottile posteriormente per cui occorre essere molto più superficiali a mano a mano che ci si dirige verso il bordo posteriore del ramo.

Terminata questa fase, con la stessa fresa di Lindemann si esegue una seconda corticotomia, quella vestibolare, che si fa solitamente in regione tra il settimo e l'ottavo dente, ponendo particolare attenzione al bordo inferiore della mandibola. Completata questa fase si passa all'esecuzione dell'osteotomia che raccorda le due corticotomie, procedendo con successivi piccoli movimenti di allargamento che permettano di evidenziare il fascio nervoso. (Figura n°9)

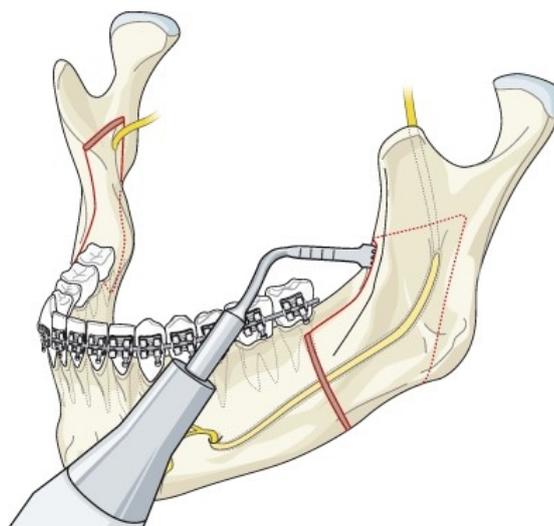


Figura n°9: Osteotomia Sagittale del ramo mandibolare sec. Obwegeser-Dal Pont

In questo modo si crea uno scorrimento tra il frammento condilo-portatore e quello dento-portatore preservando così il nervo nel mezzo. La parte condilo-portatrice rimane nella posizione nativa, cioè all'interno della cavità glenoide, senza essere dislocata, per evitare tutte le problematiche articolari che possono seguire.

Una volta verificata la completa mobilitazione e indipendenza dei due monconi, e dopo aver effettuato le stesse procedure chirurgiche sull'altro lato della mandibola, si blocca l'arcata dentaria secondo l'occlusione stabilita e si esegue la fissazione rigida definitiva eseguita mediante viti bicorticali o miniplacche con viti monocorticali.

Nei casi in cui la sola osteotomia sagittale dei rami non è sufficiente a garantire una buona armonia del volto, si completa la chirurgia mandibolare con una genioplastica.

Genioplastica: Dopo infiltrazione con vasocostrittore si incide orizzontalmente la mucosa, da 2° premolare di un lato fino al controlaterale, mantenendosi 2-3 mm al di là del fondo del vestibolo. Mentre nelle regioni laterali l'incisione interessa solo la mucosa, onde non correre il rischio di ledere i rami dei nervi mentali, nel settore anteriore, da canino a canino, si sezionano anche le fibre muscolari più alte del m. mentale fino a raggiungere il periostio.

Con lo scollamento sottoperiosteale si espone la sinfisi mentoniera quasi fino al bordo inferiore per poter posizionare in regione mediana un apposito retrattore che, abbracciando il bordo inferiore del mento, tenga divaricati i tessuti molli. Lateralmente lo scollamento va proseguito fino ad evidenziare i fori mentonieri ed identificare i nervi mentali, andandoli ad isolare poi dai tessuti molli per via smussa. Solo a questo punto è possibile incidere i tessuti sottomucosi sovrastanti il nervo ed esporre il bordo mandibolare inferiore oltre la regione del forame mentoniero. Si evidenzia così la sinfisi mentoniera e parte della corticale vestibolare del corpo della mandibola.

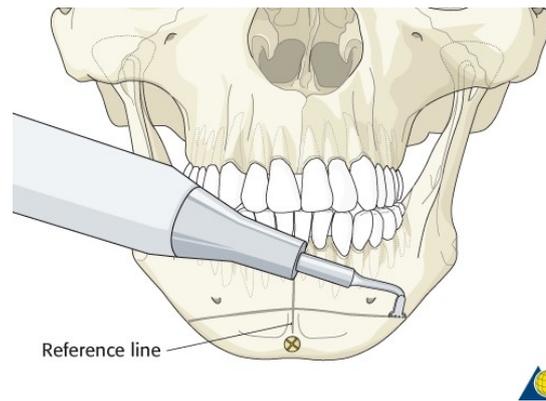


Figura n°10: Genioplastica

Con una fresa da fessura si traccia a questo punto una linea osteotomica orizzontale, interessante soltanto la corticale esterna della sinfisi, estesa posteriormente oltre i forami mentonieri, proteggendo i nervi omonimi. Prima di procedere alla sezione completa del frammento mentale è opportuno tracciare con una fresa da fessura una linea mediana verticale a cavallo della sezione orizzontale. (*Figura n°10*) Tale linea servirà come riferimento per valutare eventuali spostamenti laterali una volta mobilizzato il mento.

Si completa poi con una sega oscillante l'osteotomia, ponendo particolare attenzione in corrispondenza dei fori mentali, proteggendo adeguatamente i nervi.

Terminata l'osteotomia (completandola eventualmente ricorrendo all'azione di leva con uno scalpello), si afferra il mento con apposita pinza e lo si posiziona nella nuova sede prestabilita.

CAPITOLO II

CHIRURGIA ORTOGNATICA IN 3D

2.1 Limiti della tecnica 2D tradizionale

Con la metodica 2D i movimenti scheletrici chirurgici vengono visualizzati sui *tracciati cefalometrici*, realizzati sulle radiografie latero-laterali e antero-posteriori.

Le immagini cefalometriche bidimensionali presentano alcuni limiti (10):

- A causa della sovrapposizione delle strutture, alcuni punti di riferimento cefalometrici non sono ben identificabili;
- A causa dei fasci di raggi x non paralleli, l'immagine è soggetta a distorsione e ingrandimento;
- Non consentono una completa visualizzazione dell'asimmetria delle strutture craniofacciali;
- Non sono in grado di fornire informazioni complete sulle strutture anatomiche tridimensionali;
- Eventuali movimenti rotatori della testa del paziente provocano errori di proiezione;
- Non consente di analizzare alcuni movimenti, in particolare lo *yaw* (rotazione lungo l'asse y).

La metodica tradizionale prevede, in prima istanza, l'utilizzo dell'arco facciale o "arco di trasferimento" (*Figura n°11*), che è lo strumento utilizzato in odontoiatria per il corretto rilevamento stereometrico della posizione del mascellare rispetto a predefiniti piani di analisi. Grazie all'arco facciale, i modelli in gesso vengono montati nella posizione corretta sull'articolatore (*Figura n°12*), che è lo strumento usato in ambito odontoiatrico e odontotecnico atto a riprodurre quanto più fedelmente possibile le posizioni spaziali ed i movimenti reciproci delle due arcate dentarie.

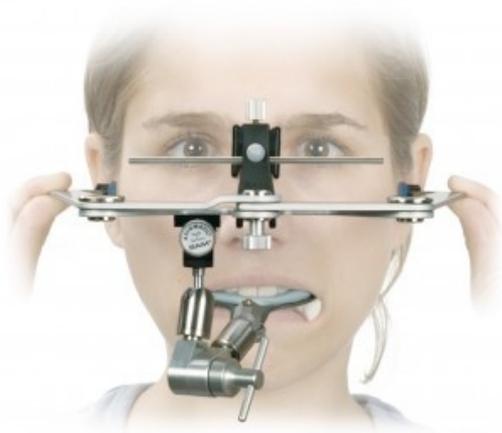


Figura n°11: Arco facciale



Figura n°12: Articolatore dentale

L'articolatore e l'arco facciale sono strumenti indispensabili per la "Chirurgia dei Modelli": i modelli in gesso delle arcate dentali, montati in articolatore, vengono sezionati e riposizionati fino a trovare la corretta occlusione dentale.

Sia l'utilizzo dell'arco facciale che la chirurgia dei modelli sono metodiche suscettibili di errore, che si traduce in una minor precisione nella riproduzione del progetto chirurgico in sala operatoria(11). Uno degli errori più comuni si verifica nel montaggio dei modelli sull'articolatore; inoltre la registrazione cinematica del trasferimento dell'arco facciale è accompagnata da errori intrinseci nella regolazione dello strumento sul viso del paziente e nel posizionamento dello strumento.(12)(13)

Secondo tale tecnica, una volta stabilita l'entità degli spostamenti, vengono costruiti gli *splints* chirurgici, che guideranno le basi ossee durante l'intervento. Ovviamente gli errori derivanti dalla registrazione dell'arco facciale o dal trasferimento dei modelli sull'articolatore vengono trasferiti nello *splint* chirurgico andando ad influenzare l'accuratezza del risultato finale. Infatti, usando questa tecnica, sono state descritte malposizioni fino a 5 mm (11). Mentre i movimenti di sagittalità e trasversalità vengono riprodotti con relativa precisione, il principale limite dello *splint* chirurgico resta il controllo dei movimenti di verticalità e di rotazione del mascellare rispetto alla base del cranio

a causa della mobilità della mandibola.

I progressi nella tecnologia di imaging 3D hanno portato allo sviluppo di una serie di progetti destinati a fornire nuovi strumenti informatici per la realizzazione del *planning* virtuali e per la produzione di *splint* chirurgici. La metodica 3D rende virtuale lo studio del caso e la simulazione chirurgica; questo permette inoltre la realizzazione di *splint* chirurgici CAD- CAM interamente progettati e realizzati al computer. (14)

2.2 Virtual *Planning* in chirurgia ortognatica

La pianificazione chirurgica, metodo preoperatorio di pre-visualizzazione di un intervento chirurgico al fine di predefinire l'iter chirurgico stesso, è stata tradizionalmente eseguita utilizzando tecnologia bidimensionale e cefalogrammi 2D.

Queste tecniche presentano dei limiti, dovuti al fatto che durante l'esecuzione del *planning* chirurgico le immagini cefalometriche bidimensionali non sono in grado di fornire informazioni complete sulle strutture anatomiche tridimensionali del volto, il che non permette di prevedere pre-operatoriamente la posizione delle ossa in seguito alle osteotomie, creando dei problemi imprevedibili quali:

- il contatto tra il segmento dento portatore e il segmento condilo portatore ;
- la discrepanza di rotazione *pitch*¹, *roll*² e *yaw*³;
- la discrepanza della linea mediana;
- il posizionamento del mento.

L'introduzione della tomografia computerizzata negli anni '70 e l'utilizzo della stessa da parte di G. Hounsfield per la registrazione dei dati sull'anatomia dei

¹ Rotazione lungo l'asse x

² Rotazione lungo l'asse z

³ Rotazione lungo l'asse y

pazienti, ha permesso in campo medico la visualizzazione di tutte le componenti dello splancnocranio, consentendo la diagnosi e soprattutto la pianificazione dell'atto chirurgico.

Diversi sono gli autori che si sono maggiormente interessati al *planning* chirurgico virtuale.

Nel 2000 Xia J. pubblica alcuni lavori dove presenta un sistema di “computer-assisted three-dimensional virtual osteotomy system” (CAVOS) in chirurgia ortognatica (15), mentre in un altro lavoro si dedica alla simulazione dei tessuti molli (16) mediante il software “*Computer-Assisted Three-Dimensional Virtual Reality Soft Tissue Planning And Prediction For Orthognathic Surgery*” (CASP).

Anche la Scuola di Bologna, nel 2006, si dedica al *planning* chirurgico mediante la validazione di uno strumento pensato per la chirurgia virtuale (VISU) utilizzato per la simulazione dei tessuti duri e dei tessuti molli nelle malocclusioni dento-scheletriche (17). Nel 2009 Swennen (18) presenta un approccio di pianificazione virtuale tridimensionale (3D) in chirurgia ortognatica, utile nella routine clinica e descrive le varie fasi del processo e di flusso di lavoro per la pianificazione virtuale dei trattamenti 3D.

Nel 2009 Choi (19) realizza un *planning* chirurgico tridimensionale fabbricando il relativo wafer chirurgico virtuale 3D utilizzando una tecnica stereolitografica. Nel 2010 Nadjmi e Bergé (20) comprendono la necessità di ottenere con il *planning* chirurgico la miglior occlusione dentale postoperatoria avverabile e quindi presentano uno strumento per la realizzazione di un'occlusione virtuale 3D che definisce un'interazione realistica tra arcata superiore ed inferiore facilitando il chirurgo nella realizzazione di un'occlusione ottimale e fisicamente possibile. Cevidanes (21) nel 2011 integra la simulazione chirurgica (computer-aided CMF surgery) con la navigazione intraoperatoria.

Swennen (22), autore che più di altri si è dedicato al virtual *planning* con la pubblicazione di svariati articoli e libri dedicati, nel 2014 analizza in modo

retrospettivo la sua personale esperienza su 350 pazienti sottoposti a chirurgia ortognatica studiati con *planning* virtuale preoperatorio.

Le ricerche in campo di simulazione chirurgica computer assistita hanno visto anche molti autori dedicarsi alla correlazione tra simulazione delle strutture ossee e relativa simulazione dei tessuti molli (Bianchi (23) , Van Hemelen (24)).

Ad oggi, il *Virtual Surgery Planning* (VSP) non è un'alternativa ai metodi tradizionali, ma uno strumento ancillare per gestire i casi più difficili. Infatti l'ambiente digitale consente simulazioni combinate di ossa e tessuti molli, nonché accurate misurazioni quantitative che contribuiscono ad un outcome più soddisfacente in termini di estetica, funzione e occlusione.

Dunque il VSP è un prerequisito essenziale per l'utilizzo dei moderni sistemi quali *splint* progettati e realizzati con tecnica CAD (Computer-Assisted Design) – CAM (Computer-Assisted Manufacturing), placche personalizzate e navigazione chirurgica.

2.3 La tecnica CAD-CAM e gli impianti paziente specifici (PSI)

La CBCT a bassa dose consente un'accurata ricostruzione del modello scheletrico 3D ed è stata ampiamente applicata nel *planning* della chirurgia ortognatica (15). In partciolar modo ha rivoluzionato la pianificazione ortodontica e chirurgica in pazienti con asimmetria facciale in quanto un *planning* 3D è in grado di mostrare:

- il grado della rotazione yaw sia a livello mascellare che a livello mandibolare;
- il canting⁴ del piano occlusale;
- la lunghezza differenziale del corpo e dei rami mandibolari.

⁴Inclinazione

Le immagini tridimensionali, rispetto a quelle bidimensionali, offrono delle informazioni anatomiche più accurate e di conseguenza danno la possibilità di eseguire misure quantitative più precise. (25)

I sistemi tridimensionali di chirurgia ortognatica computer-assistita di recente sviluppo comprendono software di simulazione, tecniche CAD-CAM e tecnologie imaging-guidate che offrono un alto livello di precisione, elemento essenziale per un'ottimale pianificazione del trattamento, nonché per una corretta esecuzione intraoperatoria.

La tecnica CAD-CAM è stata adottata per migliorare l'accuratezza del *planning* preoperatorio e l'esecuzione dell'intervento chirurgico tramite utilizzo delle guide di taglio, delle placche di osteosintesi personalizzate e degli *splint* chirurgici.

La pianificazione del trattamento per la chirurgia ortognatica è stata notevolmente migliorata dall'uso della tecnologia CAD / CAM come riportano Gateno et al. Nel 2003 (26) e Xia et al. Nel 2009 (27).

Nel 2012 F.H. Alfaro (14) descrive, su una casistica di 16 pazienti, i vantaggi della pianificazione 3D nella previsione dei risultati postoperatori e della produzione di *splint* chirurgici adoperando la tecnologia CAD-CAM ed utilizzando il software Simplant OMS.

W. Polley nel 2013 (28) utilizza un nuovo sistema di posizionamento ortognatico (OPS) basato sull'occlusione che comprende dispositivi intraoperatori in grado di trasferire in *planning* chirurgico in sala operatoria. Egli afferma che questo sistema è in grado di eliminare le inaccurattezze comunemente associate ai tradizionali metodi di *planning* (29) e semplificare l'esecuzione dell'intervento chirurgico.

T. Schouman nel 2015 (30) pubblica uno studio in cui valuta l'accuratezza degli *splint* chirurgici CAD-CAM prodotti con metodica stereolitografica e dimostra una grande accuratezza nel riprodurre i reciproci rapporti maxillo-mandibolari

pianificati virtualmente. Questi strumenti si sono dimostrati molto efficaci ed accurati nel riposizionamento del mascellare superiore, eccetto per i movimenti antero-posteriori; al contrario, i movimenti della mandibola, soprattutto in senso medio-laterale e antero-posteriore, sono risultati suscettibili di numerosi errori principalmente a causa della difficoltà di riprodurre la posizione del condilo pianificata.

Tuttavia, l'uso di dispositivi di posizionamento e di *splint* intraoperatori sono fasi soggette a errori e che richiedono tempo, pertanto negli ultimi anni si stanno sviluppando nuove tecniche che prevedono l'utilizzo di impianti paziente-specifici (**PSI**) come guide di posizionamento e placche di osteosintesi personalizzate.

Nel 2014 Gander (31) propone un nuovo approccio nella chirurgia ortognatica che consente il posizionamento mascellare senza l'uso di *splint* occlusali ma con l'utilizzo di guide osteotomiche e materiali di osteosintesi progettati e fabbricati individualmente; egli afferma che questi assicurano la fissazione semi-rigida del mascellare nella posizione desiderata evitando passaggi di pianificazione e di esecuzione intraoperatoria dispendiosi in termini di tempo.

Anche la Scuola di Bologna (32) si è dedicata all'utilizzo della tecnologia CAD-CAM customizzata nella fissazione rigida in chirurgia ortognatica. Lo studio è stato effettuato su 10 pazienti e testava una procedura di progettazione virtuale al computer di dime di taglio per l'esecuzione delle osteotomie del mascellare superiore, e di placche di osteosintesi di precisione, premodellate su misura per il paziente (custom-made), che guidino il mascellare nella posizione pianificata. I risultati ottenuti suggeriscono che l'utilizzo di placche di osteosintesi CAD/CAM può rappresentare una possibile soluzione per incrementare la riproducibilità trasferendo, con notevole precisione, il progetto virtuale in sala operatoria senza l'utilizzo degli *splint* chirurgici; inoltre afferma che questa tecnica abbrevia i tempi operatori perché nonostante la fase delle osteotomie fosse più lunga, la modellazione delle placche e il controllo della posizione finale del mascellare

sono notevolmente accelerati.

Un altro studio condotto su 32 pazienti presso l'*Helsinki University Central Hospital* da J.Suojanen nel 2016 (33) dimostra i chiari benefici degli impianti paziente specifici e delle guide di taglio disegnate virtualmente nel riposizionare il mascellare superiore in maniera stabile e precisa.

CAPITOLO III

STUDIO SPERIMENTALE: DIME DI TAGLIO E PLACCHE CAD-CAM IN CHIRURGIA ORTIGNATICA, STUDIO PROSPETTICO

3.1 Introduzione

La chirurgia ortognatica è quella branca della chirurgia maxillo-facciale che si occupa della diagnosi e del trattamento delle dismorfosi dento-scheletriche, con l'obiettivo di raggiungere una buona occlusione dentale ed una maggiore armonia estetica del volto del paziente.

L'intervento chirurgico prevede l'esecuzione di osteotomie dei mascellari che permettano lo spostamento degli stessi nella posizione tridimensionalmente più corretta; oggi ogni intervento chirurgico viene simulato virtualmente al computer a partire dai dati TC, per ottenere il piano terapeutico più adatto per il paziente.

Da sempre una delle principali difficoltà in chirurgia ortognatica è la **riproducibilità** del *planning* virtuale e quindi il trasferimento dello stesso in sala operatoria.

Tradizionalmente le osteotomie del mascellare superiore e della mandibola vengono eseguite seguendo delle linee convenzionali, il cui rispetto dipende dalla precisione del chirurgo. Il successivo spostamento delle basi ossee viene guidato dalla nuova e corretta occlusione dentale, grazie all'interposizione di *splints* chirurgici, spessori in materiale plastico che si interpongono alle arcate dentali superiore ed inferiore, che però hanno dei limiti e delle imprecisioni che non consentono di riprodurre perfettamente il *planning* virtuale.

La fissazione delle basi ossee è attualmente ottenuta con placche e viti in titanio che vengono modellate a mano intraoperatoriamente dal chirurgo per adattarle allo spostamento ottenuto. Tuttavia questa tecnica è suscettibile di errori perché il modellamento della placca è una tecnica operatore-dipendente e una placca non perfettamente aderente alla superficie ossea, che rimane quindi biomeccanicamente attiva, nei mesi successivi all'intervento può causare un ulteriore spostamento dei segmenti scheletrici andando ad alterare il risultato estetico e funzionale.

Pertanto negli anni, anche grazie all'evoluzione tecnologica, sono stati proposti diversi sistemi, come la navigazione chirurgica, le guide osteotomiche o le

placche premodellate CAD-CAM, che permetterebbero di aumentare la prevedibilità delle procedure e degli outcome del trattamento chirurgico.

Già nel 2010 Mazzoni et al.(34) hanno cercato di superare questo problema introducendo il sistema di navigazione durante la chirurgia ortognatica, che permette al chirurgo di visualizzare qualsiasi discrepanza tra l'osso nativo e la posizione pianificata del frammento osteotomizzato e di determinare in tempo reale se l'effettivo riposizionamento concordi con quello pianificato. Usando questo metodo, la riproducibilità media del piano chirurgico preoperatorio era dell'86,5% (errore <2 mm). Tali risultati erano particolarmente promettenti soprattutto per il controllo verticale della mascella, perché questo metodo, nonostante avesse la limitazione intrinseca di dover impostare molti punti di riferimento, è stato il primo serio tentativo di introdurre una metodica che riproducesse fedelmente il movimento verticale del mascellare.

Tuttavia, tale navigazione non è diventata una procedura standard, sebbene molti gruppi abbiano lavorato con questa tecnica negli ultimi anni. Ciò potrebbe riflettere gli alti costi dei sistemi di navigazione commerciale e la necessità di investire nella ricerca per superare gli attuali limiti tecnici.

Bai et al. Nel 2012 pubblicano uno studio in cui descrivono una serie di casi trattati con l'uso di guide osteotomiche CAD-CAM e placche in titanio premodellate per guidare lo spostamento del mascellare superiore. L'approccio proposto in questo articolo evita l'utilizzo dello *splint* intermedio e prevede l'utilizzo di dime di taglio che contengono tutte le informazioni necessarie per il corretto riposizionamento della mascella, quali il disegno delle linee osteotomiche e i fori per le viti per il successivo posizionamento della placca premodellata. Con il semplice atto di fissare le placche in titanio nei rispettivi fori, la mascella può essere posizionata facilmente nella posizione preassegnata senza uno *splint* intermedio e misurazioni intraoperatorie.

Allo stesso modo, nel 2013 Biao Li et al.(35) descrivono un'esperienza simile in 6 pazienti trattati con guide osteotomiche CAD-CAM che hanno raggiunto una precisione nel riposizionamento della *maxilla* con errore <1mm; questa procedura è risultata particolarmente utile nei casi in cui la maxilla necessitava di essere ruotata o impattata superiormente. Inoltre evidenziano come, evitando l'utilizzo dello *splint* intermedio, si evita di aggiungere ulteriori errori causati dall'autorotazione della mandibola.

Anche la Scuola di Bologna nel 2015(32) dedica uno studio all'utilizzo di guide di taglio e placche premodellate CAD-CAM per il riposizionamento del mascellare superiore senza l'utilizzo dello *splint* intermedio ma con l'aiuto del navigatore chirurgico. Per valutare la riproducibilità di questa metodica sono state confrontate la posizione del mascellare superiore virtualmente pianificata e quella effettivamente ottenuta, valutando gli errori di sovrapposizione tra le due utilizzando un valore soglia <2mm; la frequenza di tali errori è stata utilizzata come misura di precisione e secondo tale definizione l'accuratezza è stata del 100% in 7 pazienti.

Anche se meno numerosi, in letteratura possiamo trovare studi in cui la tecnica CAD-CAM è applicata anche alla *mandibola* nel guidare l'osteotomia sagittale bilaterale (BSSO).

Li et al. Nel 2017 pubblicano uno studio in cui valutano un sistema di guide e placche personalizzate, mascellari e mandibolari, in chirurgia ortognatica senza l'utilizzo dello *splint* chirurgico; si tratta di uno studio condotto su 10 pazienti i cui risultati mostrano che questo sistema è in grado di trasferire accuratamente il *planning* chirurgico in sala operatoria anche senza l'utilizzo dello *splint*. Questo lavoro rappresenta uno dei pochi articoli in letteratura che parla di un metodo che utilizza le placche mandibolari con metodica *splintless*.

Anche Suojanen J. nel 2017(36), dopo l'esperienza mascellare, si dedica alla mandibola ma, differentemente dal gruppo di Li, conclude che l'utilizzo di PSI (patient-specific implant) mandibolari senza l'utilizzo dello *splint* non è raccomandato perché, in base alla loro esperienza, i PSI fittavano su entrambi i lati della mandibola con una precisione totale solo in 11 pazienti su 30; in 17 pazienti sono state effettuate delle modifiche alla placca o alla posizione delle viti; in 2 pazienti su 30 non sono stati utilizzati. Secondo Suojanen la ragione più probabile del mancato adattamento delle placche mandibolari alla superficie ossea corrispondente è da ricercare nella dislocazione del segmento condilare e alla presenza d'interferenze osse non identificate nella zona dell'osteotomia.

Pertanto, oltre alla riproducibilità del *planning*, anche il **riposizionamento del segmento prossimale** (porzione condilare) nella posizione originale o in quella pianificata ha sempre rappresentato un grande problema in sala operatoria. Soprattutto nei casi di movimenti asimmetrici della mandibola di particolare entità, come nelle forme più gravi di asimmetrie dento-facciali, il rischio di causare spostamenti condilari è più elevato, anche nelle mani più esperte.

Al fine di risolvere queste problematiche, Luhr nel 1986 (37) ideò e propose l'utilizzo di un dispositivo particolare per mantenere il condilo nella posizione pre-operatoria: si tratta di una placca a "T", sufficientemente rigida, che viene passivamente adattata e fissata, prima di completare l'osteotomia della mandibola, da un lato alla superficie esterna del ramo mandibolare e dall'altro lato a una struttura fissa non interessata dalle osteotomie (come la mensola maxillo-malare) (Figura n°13). Durante questa manovra le due arcate devono essere tenute in bloccaggio intermascellare secondo l'occlusione centrica pre-operatoria con una cera di occlusione precedentemente rilevata, senza dislocazioni della testa condilare; la placca viene poi rimossa e, una volta completata l'osteotomia bilateralmente, si ripassa al bloccaggio intermascellare e si riposiziona il segmento prossimale con l'ausilio del dispositivo descritto, fissandolo nei fori precedentemente usati. Teoricamente in questo modo il rapporto condilo-fossa dovrebbe essere mantenuto.

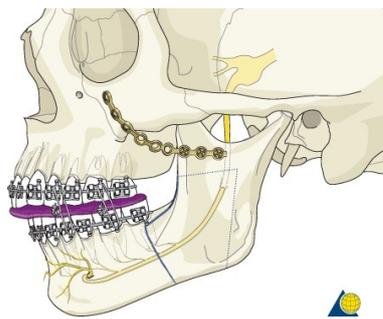


Figura n°13: Placca di Luhr

E' risaputo che la posizione del condilo può essere alterata da una serie di fattori come la posizione del paziente, l'edema dell'articolazione temporo-mandibolare, l'abilità o l'esperienza del chirurgo nel riposizionamento del condilo, il tipo di fissazione e il posizionamento del segmento prossimale e distale.(38)

Dal momento che la posizione del condilo rappresenta uno dei fattori più importanti in chirurgia ortognatica, sono stati eseguiti numerosi studi clinici e numerose tecniche per guidare il condilo nella posizione corretta.

Ad oggi, grazie alla simulazione chirurgica computer-assistita (*CASS Computer-assisted Surgery Simulation*) è possibile visualizzare la posizione dei mascellari e aiutare in qualche modo a riposizionare correttamente il segmento prossimale, la cui dislocazione rappresenta uno dei fattori maggiormente responsabile delle recidive. Questo è quanto riporta uno studio di Lee et al. del 2015 (39) che descrive un nuovo protocollo che utilizza delle guide di taglio per eseguire le osteotomie sia del mascellare che della mandibola con placche premodellate e uno *splint* chirurgico fabricato con una metodica di prototipizzazione rapida, che funge da guida per il riposizionamento condilare, affermando che questa tecnica può essere una soluzione per eseguire un intervento chirurgico accurato, realizzando risultati reali il più vicino possibile a quelli pianificati.

A fronte delle esperienze sul CAD-CAM mascellare, di una letteratura più limitata sul CAD-CAM mandibolare e con casistiche poco numerose, abbiamo

pensato di valutare se la stessa metodica fosse applicabile anche alla mandibola con uno Studio Prospettico condotto su 9 pazienti.

Scopo e Obiettivi

Scopo di questa tesi è di illustrare lo studio “Utilizzo in Chirurgia Ortognatica di Dime di taglio per le osteotomie e Placche di osteosintesi CAD-CAM” che utilizza una procedura di progettazione virtuale al computer di dime di taglio per l’esecuzione delle osteotomie della mandibola, e di placche di osteosintesi di precisione, premodellate su misura per il paziente, che guidino, nella fase di fissazione, lo spostamento osseo nella posizione pianificata.

Alla luce di quanto detto, l’obiettivo primario del nostro studio è quello di valutare la *riproducibilità* e l’*efficacia* delle dime e delle placche CAD-CAM nel realizzare intraoperatoriamente ciò che si è progettato virtualmente cercando quindi di ricreare durante l’intervento chirurgico il profilo osseo virtuale desiderato per il paziente. Il razionale dello Studio si basa sul fatto che il modellamento manuale e artigianale intraoperatorio di una placca di osteosintesi è operatore dipendente ed anche in mani molto abili non può comunque essere preciso.

Per fare ciò è stato necessario utilizzare la tecnica “*Mandible-First*”, soprattutto per evitare che eventuali errori nel riposizionamento del mascellare potessero alterare il corretto inserimento della dima e/o della placca, andando ad alterare i risultati finali.

Tradizionalmente la scelta tra la tecnica “*Maxilla-First*” o “*Mandible-First*” è sempre stata a discrezione del chirurgo, anche se generalmente è preferito l’approccio “*Maxilla-first*”, che prevede prima l’osteotomia di Le Fort I seguita poi dall’osteotomia sagittale bilaterale (BSSO). Tuttavia, l’approccio “*Mandible-first*” presenta dei vantaggi e pertanto dovrebbe essere preferito soprattutto in alcuni casi come: quando il *planning* prevede di riposizionare inferiormente il segmento posteriore del mascellare (la tecnica *maxilla-first* creerebbe un open-

bite anteriore a causa del precontatto molare posteriore); quando la fissazione mascellare non appare rigida a causa di un osso troppo sottile o fragile; quando c'è necessità di eseguire contemporaneamente anche la chirurgia dell'articolazione temporo-mandibolare; quando è richiesto un grande avanzamento mandibolare o una segmentazione mascellare.

Inoltre occorre ricordare che il posizionamento errato del condilo ha il potenziale rischio di causare un errato riposizionamento della mascella, pertanto altro obiettivo del nostro studio è di analizzare i movimenti impressi ai rami mandibolari e valutare se l'utilizzo degli impianti paziente-specifici (PSI) ci abbia aiutato nel *riposizionare il segmento prossimale* nella posizione pianificata e se quindi permettano un maggior controllo della posizione condilare.

Obiettivo secondario dello studio è la valutazione di un'eventuale *riduzione dei tempi operatori*, e quindi un minor rischio perioperatorio per il paziente.

3.2 Materiali e Metodi

Per valutare l'utilità di questa nuova procedura, un gruppo di 9 pazienti (*Tabella n°1*) affetti da dismorfia dentoscheletrica è stato arruolato nel periodo compreso tra Luglio 2017 e Maggio 2018 in uno studio clinico, prospettico, esplorativo, con l'obiettivo di valutare *l'outcome* di una tecnica innovativa basata sull'utilizzo di dime di taglio e placche premodellate CAD-CAM per la riproduzione del progetto virtuale. Tale protocollo chirurgico è stato approvato dal Comitato Etico Istituzionale (238/2012/0/Disp PL02). Tutti i pazienti sono stati informati sulla procedura pianificata e hanno firmato un relativo consenso. La casistica è formata da N°9 pazienti (età media 25 anni, range 18-43) affetti da Dismorfia Dento-Scheletrica di Seconda e Terza Classe (rapporto 1:2) con indicazione a intervento di chirurgia ortognatica bimascellare.

PAZIENTI	ETA'	GENERE	CLASSE SCHELETRICA
P1	43	F	2°
P2	18	F	3°
P3	20	M	3°
P4	30	M	3°
P5	18	F	3°
P6	18	F	3°
P7	24	M	2°
P8	25	F	2°
P9	34	F	3°

Tabella n°1: Pazienti affetti da dismorfia dento-scheltrica

Workflow Operativo

Il “*Workflow*” descrive la sequenza operativa seguita da ciascun paziente che deve sottoporsi a un intervento di chirurgia ortognatica. Questi esami permettono lo studio tridimensionale del paziente con l’obiettivo di utilizzare le tecnologie e i records 3D per la diagnosi, il *planning* e il trattamento chirurgico maxillo-facciale.

Esso si compone di diversi momenti, fondamentali per la corretta pianificazione e realizzazione della chirurgia:

1. Fase anamnestica e raccolta dati
2. Progetto chirurgico in 3D
3. Produzione di dime osteotomiche e placche di fissazione con metodica CAD-CAM
4. Chirurgia

1) Fase anamnestica e raccolta dati

I pazienti candidati all’intervento effettuano come normale protocollo assistenziale una serie di esami mirati all’inquadramento diagnostico della loro dismorfia.

Molti di questi esami utilizzano tecnologie 3D.

Il primo passo è un esame obiettivo intra ed extra orale dove vengono considerati gli aspetti funzionali e morfologici della dismorfosi al fine di elaborare una corretta diagnosi. Al momento della visita vengono inoltre eseguite le foto del viso e delle arcate.

Una volta accertata la natura della disfunzione, il paziente intraprende un iter kinesiografico, elettromiografico e di T.E.N.S. per il raggiungimento della posizione di miocentrica, "posizione in cui i muscoli porterebbero la mandibola se non esistessero fattori deflettenti" (40), utile alla costruzione di una "cera di miocentrica". Analogamente, nei pazienti non disfunzionali sarà registrata una "cera di primo contatto".

2) Progetto chirurgico in 3D

Il *planning* inizia con l'acquisizione di una TC ad alta risoluzione e basso dosaggio (CBCT) effettuata con la cera miocentrica a lui precedentemente assegnata. Successivamente viene eseguita la scansione digitale delle arcate dentali con lo scanner intraorale CS 3600 (Carestream Health Inc, Rochester, NY, USA). In alcuni casi particolari, come quelli che necessitano di una segmentazione del mascellare (bi/tripartizione), è necessario effettuare un set-up fisico sulla stampa 3D delle scansioni o su modello in gesso standard; il set-up viene quindi digitalizzato nuovamente mediante scanner a banco, sia singolarmente che in occlusione con l'arcata inferiore. Viene inoltre scattata una foto 3D del volto del paziente per mezzo della Stereofotogrammetria 3D (3DMD – California, USA). (Figura n°14)



Figura n°14: La CBCT, lo scanner intraorale e la macchina stereofotogrammetrica

I dati TC (in formato DICOM) e i dati derivati dalla scansione intraorale dei modelli (in formato STL) vengono importati dal chirurgo nel software IPS Case Designer (KLS Martin, Tuttlingen, Germania), al quale è affidato il *planning* 3D (Figura n°15). Tale software permette di ottenere una ricostruzione tridimensionale dei tessuti molli e dei tessuti duri del paziente che dovranno essere mobilizzati per raggiungere il risultato estetico-funzionale desiderato. L'intervento chirurgico viene interamente simulato al computer dal chirurgo, disegnando le linee osteotomiche e gli spostamenti ossei a cui il mascellare o la mandibola dovrà essere sottoposto. Viene quindi determinata la modalità di costruzione dello *splint* CAD-CAM mediante una procedura dedicata.

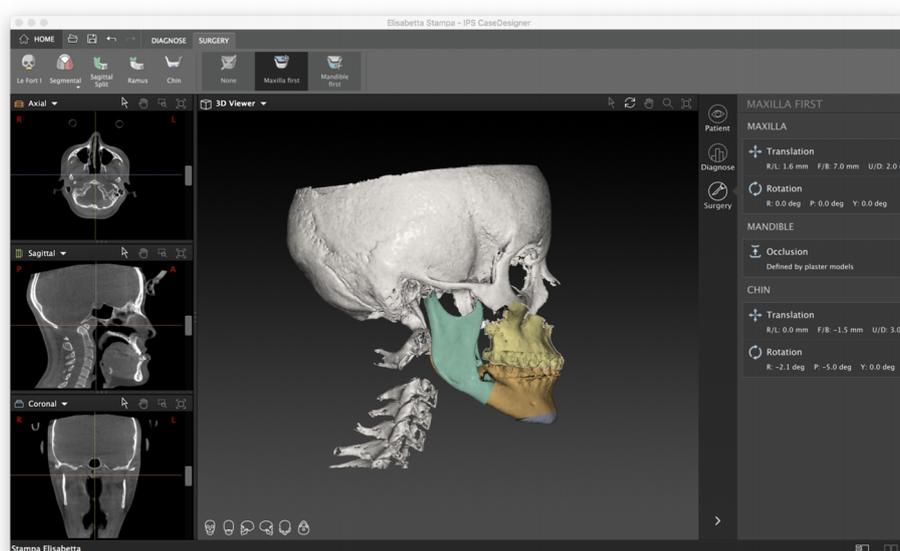


Figura n°15: Simulazione dell'intervento chirurgico con IPS Case Designer

3) Produzione di dime osteotomiche e placche di fissazione con metodica CAD-CAM

L'elaborazione che consente di ottenere le dime e placche mandibolari CAD-CAM prevede l'invio del *planning* al servizio tecnico attraverso il portale on-line "IPS Gate" fornito dalla ditta KLS Martin. Il file del *planning* unitamente al file dello *splint* CAD-CAM consentono all'ingegnere (Wild Heiner) della company KLS Martin di progettare a computer le dime di taglio per le osteotomie, le placche di osteosintesi personalizzate e gli *splint* CAD-CAM, sotto la guida del

chirurgo attraverso una web-conference on-line. Tali dispositivi fungeranno da guida per lo spostamento della mandibola; la fissazione rigida del mascellare superiore è affidata alle tradizionali placche di osteosintesi.

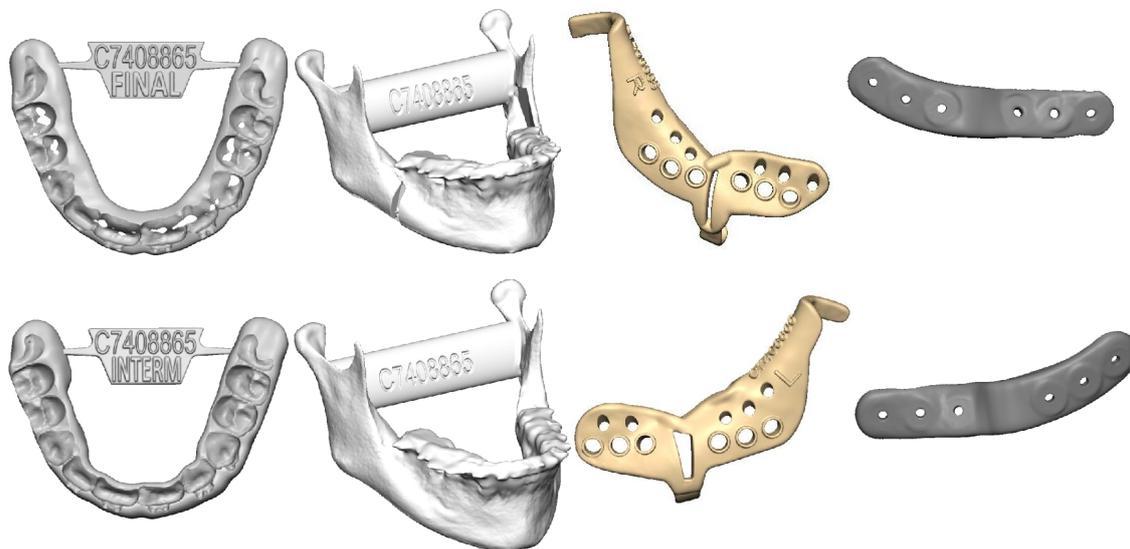


Figura n°16: Disegno delle dime di taglio, placche di osteosintesi e *splint* chirurgici CAD-CAM

Il file STL relativi alla progettazione dei presidi vengono quindi importati in una stampante 3D (*Figura n°17*) che utilizza la tecnologia DSLM (Direct-Metal-Laser-Sintering): utilizzando un raggio laser come fuoco, la polvere di metallo viene trasformata nell'oggetto solido desiderato. (*Figura n°18*)



Figura n°17: Stampante 3D



Figura n°18: Placca premodellata CAD-CAM

4) Fase Chirurgica

L'intervento è eseguito utilizzando la tecnica "Mandible First" per cui si inizia con un'incisione a livello mandibolare, dalla regione dell'elemento dentario molare estesa distalmente lungo la branca ascendente della mandibola; si procede quindi alla scheletrizzazione sino ad esporre la superficie ossea desiderata. Si procede al posizionamento della dima osteotomica che viene fissata con viti di

osteosintesi ed utilizzata dal chirurgo per disegnare le linee osteotomiche mediante strumento piezoelettrico e/o strumenti rotanti/oscillanti. Si procede alla rimozione della dima e alla mobilizzazione del frammento mandibolare dentoportatore previo completamento dell'osteotomia stessa e la rimozione di eventuali frammenti ossei in eccesso; a questo punto la mandibola può essere riposizionata e fissata secondo il progetto virtuale preoperatorio utilizzando le placche premodellate e lo splint ottenuti con tecnologia CAD-CAM. (Figura n°19)

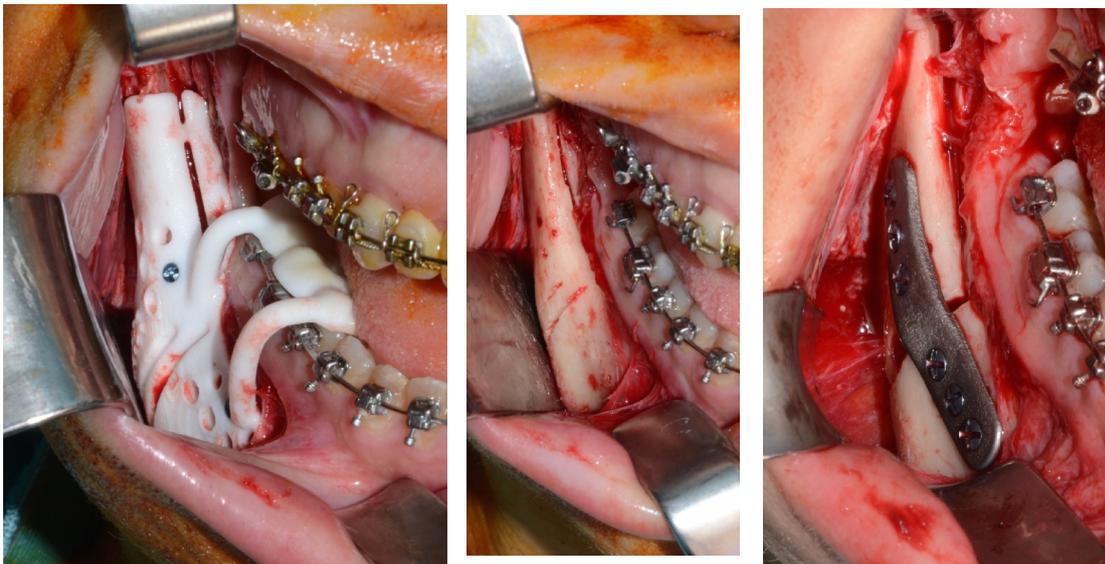


Figura n°19: Posizionamento intraoperatorio della dima di taglio e delle placche di osteosintesi premodellate

EVOLUZIONE DEL DISEGNO DELLE DIME

Le dime osteotomiche permettono al Chirurgo di replicare in vivo la linea osteotomica progettata al computer durante il *planning*, così da conferirle il corretto orientamento nello spazio.

Per aderire nel migliore dei modi vengono progettate secondo la naturale superficie ossea della mandibola, in modo tale da permetterne uno stabile ed univoco posizionamento durante la chirurgia; inoltre il disegno della dima comprende anche il posizionamento dei fori per la fissazione della dima e della placca, effettuata con le relativi viti in titanio, prestando attenzione a non

coinvolgere le radici dentali (*Figura n°20*).

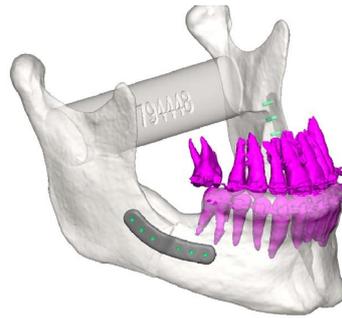


Figura n°20: I fori per le viti vengono posizionati evitando le radici dentali.

Diversamente dalla superficie ossea del mascellare superiore, l'anatomia della mandibola risulta particolarmente complessa, motivo per cui non è stato semplice realizzare una dima di taglio che aderisse perfettamente alla superficie ossea del ramo e del corpo mandibolare e, soprattutto, che non necessitasse di un'incisione ed uno scollamento maggiori rispetto alla norma per l'inserimento della dima. Tenendo in considerazione questi due fattori si è disegnata la prima bozza della dima osteotomica e della placca di osteosintesi mandibolare (*Figura n°21*).

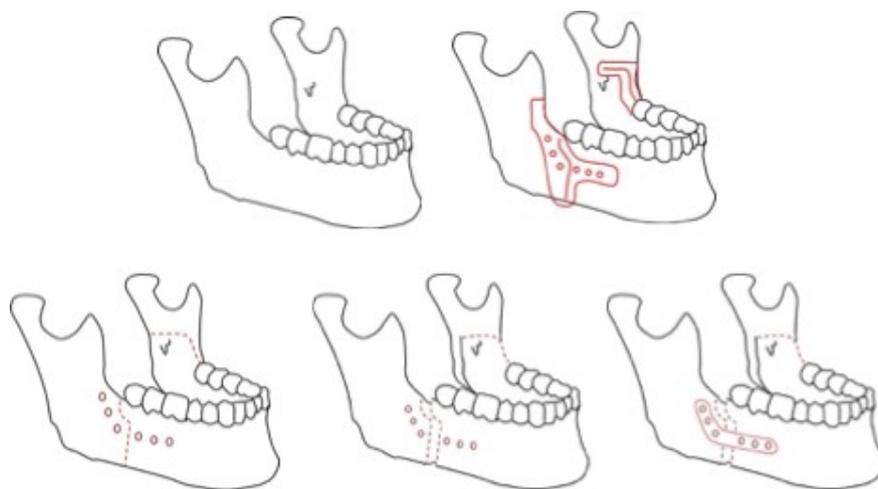


Figura n° 21: Primo disegno delle dime di taglio e placche di osteosintesi

Si è passati pertanto alla realizzazione del primo tipo di dima composta da: un braccetto superiore con la funzione di aderire e fissarsi al ramo mandibolare; un uncino inferiore che aderisce al bordo inferiore del corpo mandibolare; fori di 1,5mm di diametro sul margine superiore per la fissazione della dima stessa;

inferiormente a questi sono presenti fori di 2mm che fungono da guida per la realizzazione dei fori ossei successivamente utilizzati per fissare la placca; le scanalature con il disegno delle osteotomie (eventualmente scanalature doppie nel caso di arretramenti mandibolari che prevedono la rimozione di frammenti ossei in eccesso). (Figura n°22)



Figura n°22: Primo modello di dima osteotomica

Durante l'esecuzione dell'intervento chirurgico ci si è resi conto di alcune imperfezioni della dima, fonte di possibili errori, che necessitavano di alcuni aggiustamenti. Prima fra tutte le *dimensioni della dima osteotomica* sono risultate eccessivamente grandi, cosa che causava un difficile inserimento della stessa e la necessità di espandere leggermente l'incisione mucosa; in secondo luogo ci si è resi conto che la *posizione dei fori* sia per la dima che per la placca fosse troppo bassa, cosa che richiedeva un accesso extraorale per l'utilizzo del sistema transbuccale per effettuare i fori e l'inserimento delle rispettive viti in direzione perfettamente perpendicolare al segmento osseo; infine la dima risultava *troppo aderente alla gengiva* distale dell'ultimo molare inferiore ed essendo la gengiva esuberante andava ad alterarne il corretto posizionamento.

Per questi motivi si è deciso di intervenire modificando il disegno della dima di taglio. Per prima cosa sono state ridotte le dimensioni totali della dima per consentirne un miglior inserimento; i fori sono stati posizionati più in alto in modo da utilizzare esclusivamente l'accesso intraorale; inoltre è stato modificato il disegno della dima riducendo la porzione aderente al margine distale del molare inferiore. Immaginando che questo potesse alterare la stabilità della dima, mancando l'elemento dentario che impediva la traslazione anteriore della stessa,

si è pensato di aumentare la larghezza dell'uncino inferiore in modo da aumentare l'ancoraggio alla superficie ossea perfettamente corrispondente. (Figura n°23)



Figura n°23: Secondo modello di dima osteotomica con le rispettive modifiche

Nonostante questi aggiustamenti rimanevano delle incertezze nel posizionamento intraoperatorio della dima quindi per garantire la massima precisione e per aumentare la stabilità si è pensato di aggiungere un appoggio dentale come punto di reperi e di aumentare di molto l'estensione superficiale dell'uncino inferiore. (Figura n°24)



Figura n°24: Dime di taglio con repere dentale

ANALISI DEI DATI

Per valutare l'accuratezza della metodica sono stati comparati i dati relativi al progetto virtuale e all'effettiva posizione della mandibola dopo la chirurgia.

Ad un mese dall'intervento è stata eseguita una nuova CBCT, utilizzando la stessa macchina e parametri della precedente scansione. Dopo aver settato gli

stessi parametri soglia, i dati DICOM vengono processati ad ottenere un modello 3D con i relativi file STL dello scheletro facciale e della placca singolarmente. I dati pre- e post-operatori vengono dunque confrontati utilizzando il Software SimPlant® O&O (SimPlant® O&O, Dentsply – Germania) (*Figura n°25*) e le immagini tridimensionali vengono fuse con un metodo di matching point-to-point usando come punti di riferimento per la registrazione i segmenti non mobilizzati dalla chirurgia, quali i fori mentonieri e le cuspidi dentali.

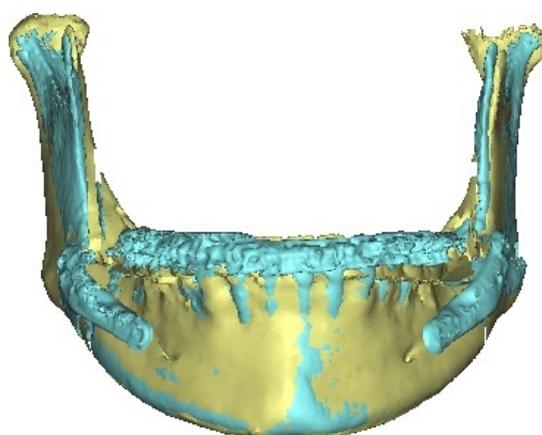


Figura n°25: Sovrapposizione TC postoperatoria (azzurro) e progetto virtuale (giallo)

Successivamente si è proseguito valutando la discrepanza tra la **posizione dei rami mandibolari** stabilita nel *planning* virtuale con quella postoperatoria effettivamente realizzata analizzando i movimenti di :

- TRASLAZIONE laterale (+ laterale, - mediale), antero-posteriore (+ anteriore, - posteriore) e verticale (+ craniale, - caudale)
- ROTAZIONE sagittale (+ craniale, - caudale), coronale (+ mediale, - laterale) e assiale (+ mediale, - laterale)

Questi movimenti sono calcolati mediante inclusione dei segmenti in bonding-box omologhe e valutando lo spostamento traslazionale dei baricentri e rotazionale degli assi. (*Figura n°25*)

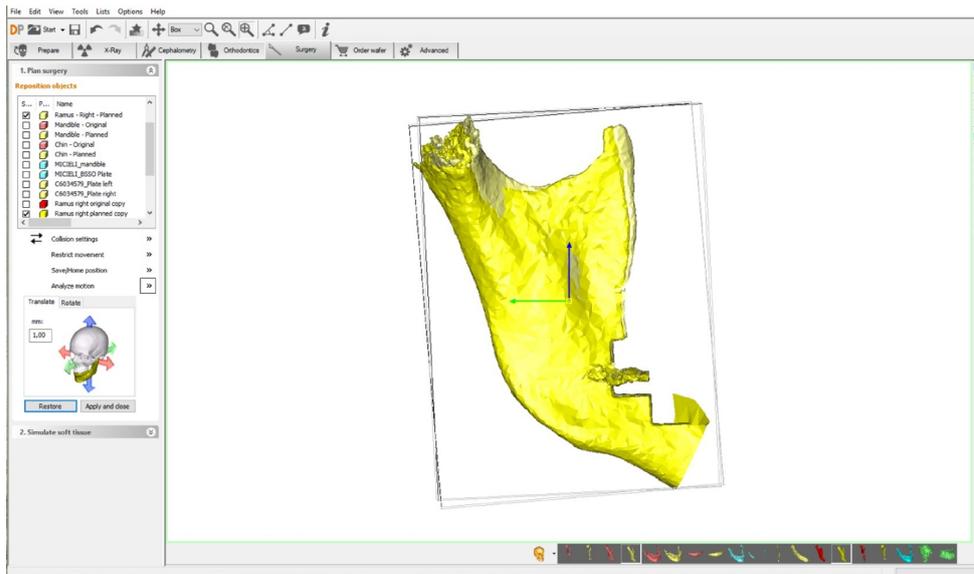


Figura n°25: Confronto dei rami pianificati vs ottenuti con Software Simplant O&O

Allo stesso modo sono state eseguite le analisi per valutare se la **posizione della placca** fosse uguale a quella programmata (*Figura n°26*), calcolando gli spostamenti di traslazione e rotazione, per valutare l'efficacia e la precisione delle dime di taglio.



Figura n°26: Sovrapposizione posizione placca pianificata(giallo) e ottenuta (azzurro)

3.3 Risultati

La sovrapposizione della CBCT pre e postoperatoria di 10 pazienti (corrispondenti a 20 rami mandibolari e 20 placche di osteosintesi) mostra delle differenze lineari e angolari tra la posizione pianificata e quella ottenuta. Sono state considerate le discrepanze con il segno (+ o -) ed in valore assoluto. Le medie con il segno rappresentano le oscillazioni intorno al valore 0 (ottimale),

mentre le medie assolute rappresentano l'errore a prescindere dalla direzione verso la quale è stato commesso. Tutti i dati relativi alla posizione dei **rami mandibolari** sono inseriti nella Tabella 2, di seguito spiegata.

I valori relativi di *traslazione* laterale sono risultati trascurabili (MEDIA 0,26 mm con DS 1,08mm), così come quelli di traslazione antero-posteriore (MEDIA 0,47mm con DS 1,13mm) e verticale (MEDIA 0,22mm con DS 1mm). Sono stati analizzati anche i valori medi assoluti, che quindi non tengono conto del segno positivo o negativo, che rimangono entro 1mm (LAT:0,76mm; A/P:0,97mm; VER:0,81mm) e pertanto suggeriscono una buona accuratezza della metodica nella gestione dei movimenti traslatori.

Per quanto riguarda le *rotazioni*, la media dei valori relativi rimane entro 1mm, mentre la deviazione standard aumenta, il che indica una maggiore variabilità dei movimenti. L'errore maggiore è presente nella rotazione assiale (MEDIA 1.06° con DS 3,86°; range da -5,23° a +8,05°), mentre nella sagittale e coronale diminuiscono, anche se non di molto, sia l'errore medio che la deviazione standard (rispettivamente MEDIA 0,53° con DS 2,53° e MEDIA -0,52° con DS 2,59°). Anche qui grande importanza è attribuita ai dati ottenuti confrontando i valori assoluti che evidenziano un errore maggiore in tutte e tre le rotazioni/direzioni: la rotazione assiale rimane quella più affetta (MEDIA 3,37° con DS 2.02°), ma è evidente come aumenta sia l'errore della rotazione sagittale (MEDIA 2,13° con DS 2.00°) che della coronale (MEDIA 1.89° con DS 1,64°).

PT	RAMUS	TR LAT	[TR LAT]	TR A/P	[TR A/P]	TR VER	[TR VER]	RT SAG	[RT SAG]	RT COR	[RT COR]	RT AXI	[RT AXI]
1	1	0,01	0,01	0,41	0,41	1,01	1,01	4,87	4,87	-3,11	3,11	-2,95	2,95
1	2	0,36	0,36	0,38	0,38	1,16	1,16	-4,36	7,36	-1,29	1,29	-1,81	1,81
2	1	1,66	1,66	0,12	0,12	-0,50	0,50	3,48	3,48	-6,13	6,13	-3,74	3,74
2	2	0,24	0,24	1,81	1,81	-0,09	0,09	-0,26	0,26	0,74	0,74	4,62	4,62
3	1	-0,29	0,29	-1,65	1,65	-0,25	0,25	1,27	1,27	-0,31	0,31	-0,03	0,03
3	2	0,34	0,34	0,68	0,68	-0,31	0,31	4,28	4,28	3,38	3,38	3,72	3,72
4	1	2,24	2,24	-2,48	2,48	1,73	1,73	0,40	0,40	-1,47	1,47	4,09	4,09
4	2	2,66	2,66	-0,12	0,12	0,52	0,52	-2,59	2,59	-2,89	2,89	5,79	5,79
5	1	0,43	0,43	2,22	2,22	-0,61	0,61	-4,10	4,10	0,62	0,62	3,71	3,71
5	2	-0,06	0,06	1,73	1,73	1,76	1,76	-0,20	0,20	1,83	1,83	5,61	5,61
6	1	-1,05	1,05	0,99	0,99	-0,13	0,13	0,65	0,65	-2,51	2,51	-3,60	3,6
6	2	0,10	0,10	-0,26	0,26	-1,48	1,48	0,66	0,66	1,39	1,39	1,40	1,4
7	1	-1,78	1,78	1,02	1,02	-1,53	1,53	1,80	1,80	0,29	0,29	-1,98	1,98
7	2	0,80	0,80	0,80	0,80	1,59	1,59	2,62	2,62	4,11	4,11	8,05	8,05
8	1	-0,69	0,69	0,90	0,90	0,56	0,56	2,03	2,03	-3,08	3,08	-5,23	5,23
8	2	-0,16	0,16	0,93	0,93	0,12	0,12	-0,61	0,61	-0,02	0,02	1,56	1,56
9	1	-0,43	0,43	0,3	0,30	-0,46	0,46	0,41	0,41	-0,2	0,20	-1,42	1,42
9	2	0,36	0,36	0,65	0,65	0,84	0,84	-0,74	0,74	-0,71	0,71	1,36	1,36
	MEDIA	0,26	0,76	0,47	0,97	0,22	0,81	0,53	2,13	-0,52	1,89	1,06	3,37
	DEV.ST.	1,08	0,80	1,13	0,72	1,00	0,59	2,54	2,00	2,49	1,64	3,86	2,02

Tabella 2: Analisi Excel dei movimenti dei rami mandibolari: in giallo è evidenziata la Media dei valori relativi, in grigio la Media dei valori assoluti; in verde la Deviazione Standard dei valori relativi; in rosa la Deviazione Standard dei valori assoluti. (1=ramo destro; 2=ramo sinistro).

Successivamente si è passati ad analizzare i movimenti roto-traslatori delle **placche mandibolari CAD-CAM** per poter valutare l'accuratezza del kit dima-placca, andando a valutare la discrepanza tra la posizione programmata e quella raggiunta.

I dati relativi alla *posizione della placca* sono inseriti nella Tabella 3. Nell'analisi statistica definitiva abbiamo ritenuto opportuno escludere i dati relativi ad una singola placca di un singolo paziente in quanto presentava un valore eccessivamente grande e fuori scala, responsabile di un notevole errore (che tuttavia non ha determinato un errore significativo del posizionamento del relativo ramo mandibolare); questo ha permesso di osservare dei valori medi più omogenei. Infatti è possibile notare come la rotazione sagittale, quella maggiormente affetta, abbia una MEDIA di $-1,95^\circ$ con una DS $3,96^\circ$, considerando i valori relativi; lo stesso è stato fatto per i valori assoluti, che mettono ancor meglio in evidenza l'errore presente, infatti vediamo una MEDIA di $3,61^\circ$ con una DS di $2,41^\circ$.

I valori relativi ai movimenti di traslazione possono essere considerati trascurabili, fatta eccezione per la traslazione antero-posteriore che, anche se di

poco, è risultata superiore ad 1mm, sia con i valori assoluti che relativi.

PT	PLATE	TR LAT	[TR LAT]	TR A/P	[TR A/P]	TR VER	[TR VER]	RT SAG	[RT SAG]	RT COR	[RT COR]	RT AXI	[RT AXI]
1	1	-0,35	0,35	-0,39	0,39	1,88	1,88	-5,11	5,11	-2,93	2,93	-1,46	1,46
1	2	0,79	0,79	-1,65	1,65	1,58	1,58	-5,42	5,42	-0,62	0,62	-2,07	2,07
2	1	-0,17	0,17	-2,04	2,04	0,37	0,37	-1,17	1,17	-3,57	3,57	1,72	1,72
2	2	0,66	0,66	-1,38	1,38	-0,56	0,56	-0,55	0,55	-4,14	4,14	-1,99	1,99
3	1	-0,34	0,34	-0,82	0,82	-0,13	0,13	-6,02	6,02	0,16	0,16	3,24	3,24
3	2	2,05	2,05	-4,14	4,14	1,13	1,13	3,90	3,90	-1,34	1,34	-0,18	0,18
4	1	-2,24	2,24	-5,20	5,20	2,18	2,18	-19,64	19,64	-14,49	14,49	4,77	4,77
4	2	0,63	0,63	-1,74	1,74	1,08	1,08	-2,69	2,69	-3,66	3,66	-1,71	1,71
5	1	-0,83	0,83	-0,81	0,81	-0,59	0,59	2,24	2,24	-0,1	0,10	-1,27	1,27
5	2	0,41	0,41	-0,33	0,33	0,23	0,23	-7,56	7,56	5,59	5,59	-0,51	0,51
6	1	-0,89	0,89	-1,40	1,40	0,49	0,49	5,15	5,15	-1,55	1,55	-4,15	4,15
6	2	0,48	0,48	-1,93	1,93	-0,31	0,31	2,76	2,76	-3,68	3,68	-1,47	1,47
7	1	-0,64	0,64	-0,68	0,68	0,16	0,16	-0,15	0,15	0,71	0,71	-1,23	1,23
7	2	-0,10	0,10	-0,65	0,65	1,25	0,25	-8,14	8,14	0,32	0,32	-2,63	2,63
8	1	-0,03	0,03	-0,88	0,88	-0,24	0,24	-3,45	3,45	-1,00	1,00	0,06	0,06
8	2	0,02	0,02	-1,45	1,45	0,88	0,88	-3,69	3,69	1,40	1,40	-1,80	1,80
9	1	0,13	0,13	-0,57	0,57	-0,28	0,28	0,08	0,08	2,03	2,03	0,88	0,88
9	2	0,09	0,09	-0,88	0,88	0,99	0,99	-3,35	3,35	0,23	0,23	-2,09	2,09
	MEDIA	-0,02	0,60	-1,50	1,50	0,56	0,74	-2,93	4,50	-1,48	2,64	-0,66	1,85
								-1,95	3,61	-0,71	1,94	-0,98	1,67
	DEV.ST.	0,88	0,63	1,28	1,28	0,85	0,62	5,67	4,44	4,06	3,37	2,17	1,24
								3,96	2,41	2,50	1,67	1,74	1,04

Tabella 3: Analisi Excel dei movimenti della placca CAD-CAM: in giallo è evidenziata la Media dei valori relativi, in grigio la Media dei valori assoluti; in verde la Deviazione Standard dei valori relativi; in rosa la Deviazione Standard dei valori assoluti. (1=placca destra; 2=placca sinistra).

3.4 Discussione

Per ottenere un buon risultato sia dal punto di vista funzionale che estetico in Chirurgia Ortognatica, è fondamentale che la mandibola venga riposizionata correttamente nella posizione pianificata. Nel nostro studio abbiamo deciso di utilizzare la tecnica “Mandible-First” per non introdurre un errore dovuto al malposizionamento del mascellare che non consentirebbe un corretto utilizzo dei PSI; in secondo luogo perché con questa tecnica per l’introduzione dello *splint* è necessaria una rotazione della mandibola minore rispetto alla tecnica Maxilla-First e questo rappresenta un vantaggio dal momento in cui maggiore è l’autorotazione della mandibola maggiore è la probabilità di introdurre degli errori.

Secondo Cottrel e Wolford (41), l’approccio “Mandible-first “ renderebbe più affidabile l’intervento di chirurgia ortognatica bimascellare evitando il possibile

spostamento di tensione sul mascellare durante la fase mandibolare che si verifica nell'approccio Maxilla-first, concludendo che la stabilità e la prevedibilità sia migliore mobilizzando prima la mandibola. Inoltre, il completamento della BSSO come primo step dell'intervento riduce al minimo la formazione di edemi articolari che possono causare errori nel riposizionamento del condilo.(42)

La nuova metodica descritta, che prevede l'utilizzo di dime osteotomiche e placche di osteosintesi CAD-CAM, rappresenta un tentativo di ottenere un ulteriore aumento di precisione nella riproduzione del progetto chirurgico 3D. La dima di taglio aiuta il chirurgo nel disegno dell'osteotomia sagittale bilaterale del ramo mandibolare(BSSO); permette inoltre di rimuovere l'esatta quantità di spessore bilateralmente, o monolateralmente, come nei casi di importanti asimmetrie. L'innovazione maggiore è l'utilizzo della placca di fissazione premodellata personalizzata, che guida la mandibola nei suoi spostamenti nelle 3 dimensioni dello spazio, con l'obiettivo di riprodurre precisamente la posizione del ramo mandibolare programmata virtualmente.

Il design della dima è stato modificato durante lo studio: inizialmente si è optato per una dima libera dall'appoggio dentale, pensando che fosse più maneggevole intraoperatoriamente; in realtà ci si è resi conto che la stabilità della dima non era sufficientemente adeguata e pertanto si è pensato di aggiungere un repere dentale che si è dimostrato decisamente più comodo ed affidabile nel garantire il suo corretto posizionamento. Le modifiche apportate, nonostante abbiano aumentato le dimensioni totali della dima, si sono rivelate fondamentali in quanto hanno permesso una riduzione dei tempi di inserimento e di fissaggio della dima, una maggiore stabilità della stessa e soprattutto una migliore riproducibilità del *planning* virtuale, testimoniata dal fatto che gli errori di posizionamento dei rami e delle placche nei casi che avevano quest'ultimo tipo di design sono stati più bassi.

Anche B. Li nel 2017(43) pubblica un articolo in cui descrive uno studio

preliminare su 10 pazienti in cui valuta i dispositivi di guida chirurgica personalizzati (POSG) in chirurgia bimascellare senza l'utilizzo dello *splint* chirurgico. Questi dispositivi sono stati disegnati per entrambi i mascellari e comprendono guide di taglio e placche in titanio personalizzate; la dima di taglio è costituita da due porzioni: quella superiore con la guida dentale per un inserimento intraoperatorio veloce e accurato e quella inferiore con la guida per disegnare, con una matita, la linea di taglio per l'osteotomia verticale (che viene eseguita solo dopo la rimozione della guida); le placche sono state disegnate per aderire sulla superficie ossea dei segmenti prossimale e distale nella posizione finale pianificata, in modo da raggiungere tale posizione semplicemente inserendo le viti nei rispettivi fori precedentemente realizzati con l'utilizzo della dima. Per valutare i risultati delle misurazioni di accuratezza sono state considerate clinicamente irrilevanti le differenze $<2\text{mm}$ tra il risultato pianificato e quello postoperatorio; anche le differenze di orientamento $<4^\circ$ sono state considerate insignificanti. I risultati di questo studio dimostrano che questo sistema è in grado di trasferire accuratamente il *planning* virtuale in sala operatoria. I Limiti di questo sistema sono rappresentati dalla difficoltà di modificare intraoperatoriamente il *planning* chirurgico, perchè ogni procedura è predeterminata dalle guide chirurgiche e dalle placche customizzate pertanto l'accuratezza del *planning* chirurgico diventa sempre più importante; inoltre il materiale delle placche era talmente rigido che raramente riusciva ad essere rimodellato durante la chirurgia.

Considerando questi limiti la nostra metodica propone l'utilizzo dello *splint* chirurgico, realizzato con tecnica CAD-CAM, che rappresenta un piano B nel caso in cui le dime o le placche non vadano bene e, in ogni caso, aiuta a stabilizzare l'occlusione, sia intraoperatoriamente che nel postoperatorio, dato che i due segmenti mandibolari, prossimale e distale, sono completamente mobili (a differenza del mascellare superiore che viene fissato al basicranio, struttura fissa). Lo *splint* CAD-CAM sembra essere migliore del tradizionale *splint* prodotto a mano con la chirurgia dei modelli, che è una metodica soggetta a possibili errori di riposizionamento fino ad un massimo di 5mm (11); inoltre

sembra che lo *splint* contribuisca a riposizionare con precisione i segmenti prossimali e quindi aiuti nel riposizionamento del condilo.

Un altro vantaggio del nostro studio rispetto a quello proposto da Li B. è che le nostre guide osteotomiche presentano una porzione superiore che guida l'osteotomia che dalla regione del molare risale lungo il margine anteriore del ramo mandibolare fino ad arrivare sul versante linguale in corrispondenza della spina dello Spix; grazie a questa guida l'osteotomia viene eseguita con maggiore precisione e consente di evitare danni diretti al nervo alveolare inferiore, la cui posizione è tenuta in considerazione durante la progettazione sia della dima che dei fori della placca.

Uno studio retrospettivo condotto su 68 pazienti sottoposti a BSSO, la cui fissazione rigida è affidata a viti bicorticali o mini-placche con viti monocorticali, mostra che nelle regioni stabilizzate con le viti bicorticali la frequenza del danno neurosensoriale è del 34% a differenza del 15% dei siti fissati con le monocorticali. (44) Analizzando, invece, l'andamento postoperatorio della nostra casistica, nessuno dei 10 pazienti ha riportato danni alle strutture nervose, e i casi che presentavano un lieve grado di parestesia si sono risolti nell'arco di 1-3 mesi confermando l'efficacia della metodica CAD-CAM personalizzata nel ridurre al minimo gli errori intraoperatori.

Il principale obiettivo del nostro studio è stato quello di analizzare i movimenti impressi ai rami mandibolari per valutare se l'utilizzo degli impianti paziente-specifici (PSI) ci abbia aiutato nel riposizionare il segmento prossimale nella posizione pianificata. Da precedenti studi sappiamo che la posizione del segmento prossimale non solo rappresenta uno dei principali fattori responsabili della recidiva (45) ma anche che, riflettendo la posizione del condilo, un suo errato posizionamento ha il potenziale rischio di causare anche un errato posizionamento del mascellare superiore.

I risultati ottenuti dall'analisi indicano che le Dime di Taglio e le Placche premodellate hanno mostrato un ottimo controllo del segmento prossimale dato

che i valori di traslazione laterale (MEDIA 0,76 mm), antero/posteriore (MEDIA 0,87 mm) e verticale (MEDIA 0,81 mm) sono risultati insignificanti in quanto <1mm, così come la rotazione sagittale (MEDIA 2,13°), e coronale (MEDIA -1,89°); un errore leggermente maggiore è stato registrato nella rotazione assiale (MEDIA 3,37° ma una DS di 2,02°) ma rimane comunque clinicamente insignificante.

Le dime hanno consentito anche un corretto posizionamento delle placche premodellate con un errore medio di traslazione laterale di 0,69 mm e verticale di 0,74 mm che possono essere considerati insignificanti; l'errore maggiore si è presentato nella traslazione antero-posteriore (MEDIA 1,50 mm) che può essere attribuito all'instabilità della dima di taglio. Tra le rotazioni quella sagittale risulta quella più affetta con una media di 3,61° e una DS di 2,41°.

Alla luce di questi dati possiamo ritenerci soddisfatti perché emerge un dato incoraggiante, cioè che c'è stato un certo grado di precisione della metodica CAD-CAM nel riprodurre la posizione mandibolare programmata virtualmente, con degli errori molto piccoli. Dato che lo studio non è uno studio caso-controllo, non abbiamo un campione a cui fare riferimento e i dati in nostro possesso non ci permettono di derivare se la riduzione degli errori dipende dall'evoluzione del design della dima o dalla curva di apprendimento che è andata migliorando; tuttavia questi rappresentano dei dati oggettivi molto promettenti.

Pertanto possiamo rienerci complessivamente soddisfatti considerando che i dispositivi sono stati utilizzati in tutti i pazienti, hanno garantito una grande stabilità chirurgica nei mesi successivi all'intervento, non ci sono stati casi di malposizionamento dei segmenti scheletrici e tutti i pazienti hanno raggiunto una buona occlusione finale.

L'unico svantaggio di questa metodica è il fatto che l'inserimento e la rimozione delle guide di taglio può complicare ulteriormente la procedura chirurgica e aumentare i tempi operatori. Pertanto rimane in discussione se l'aumento dei tempi operatori possa essere un compromesso accettabile per una maggiore

precisione e accuratezza.

3.5 Conclusioni

I risultati ottenuti suggeriscono che l'utilizzo di placche di osteosintesi CAD/CAM può rappresentare una possibile soluzione per incrementare la riproducibilità trasferendo, con notevole precisione, il progetto virtuale in sala operatoria; inoltre si sono dimostrate adeguate nel riposizionamento del segmento prossimale garantendo un maggior controllo della posizione condilare e quadri postoperatori molto stabili.

Tuttavia l'introduzione di ulteriori passaggi intraoperatori può essere responsabile del mancato miglioramento o addirittura dell'allungamento dei tempi chirurgici. I dati in nostro possesso non ci permettono di valutare se aumentando il numero dei casi e migliorando la curva di apprendimento i tempi possano diminuire.

Sicuramente per confermare la superiorità di questa metodica sono necessari futuri studi prospettici, con gruppi più ampi e gruppi controllo in cui venga utilizzata la metodica tradizionale vs la metodica CAD/CAM con placche premodellate.

BIBLIOGRAFIA

1. Cunningham SJ, Crean SJ, Hunt NP et al. *Preparation, perceptions and problems: a long-term follow-up study of orthognathic surgery*. 1996;
2. Obwegeser H.L., Makek M.S. : *Hemimandibular hyperplasia-hemimandibular elongation*. 1986;14: 183-208.
3. Obwegeser. *Mandibular groth anomalies*. 2000;
4. McNamara, Jr., James A. *Orthodontic treatment and temporomandibular disorders*. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1997;83:107-17.
5. Sarver, Mosby. *Esthetic Orthodontic and Orthognatic surgery*. Mosby. 1998;
6. Wassmund M. *Frakturen und Luxationen des Gesichtsschadels*. 1927;
7. Auxhausen G. *Zur Behandlung veralteter disloziert geheitte, Oberkieferbruche*. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilk*. 1934;334–9.
8. Obwegeser H , Trauner R. et al. *Surgical correction of mandibular prognatism and retrognathism with consideration of genioplasty*. *Oral Surg*. 1957;677–97.
9. Dal Pont G. *L'osteotomia retromolare per la correzione della progenia*. *Min. Chir*. 1958;14, 1138–45.
10. Kim J-H, Park Y-C, Yu H-S, Kim M-K, Kang S-H, Choi YJ. *Accuracy of 3-Dimensional Virtual Surgical Simulation Combined With Digital Teeth Alignment: A Pilot Study*. *J Oral Maxillofac Surg*. novembre 2017;75(11):2441.e1-2441.e13.
11. Ellis III et al. *Accuracy of model Surgery: Evaluation of an old technique and introduction of a new one*. *J oral maxillofac Surg*. 1990;48:1161-1167.
12. Sharifi A, Jones R, Ayoub A, Moos K, Walker F, Khambay B, et al. *How accurate is model *planning* for orthognathic surgery?* *Int J Oral Maxillofac Surg*. dicembre 2008;37(12):1089–93.
13. Bowley JF., Michaels GC. *Reliability of face bow transfer procedure*. *J Pros Dent*. 1992;67: 491-498.
14. Hernández-Alfaro F, Guijarro-Martínez R. *New protocol for three-*

dimensional surgical planning and CAD/CAM splint generation in orthognathic surgery: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* dicembre 2013;42(12):1547–56.

15. . Xia J, Ip HH, Samman N, et al. Computer-assisted three-dimensional surgical planning and simulation: 3D virtual osteotomy. 2000;29(1):11-7. Feb; 2000.

16. Xia J1, Samman N., Yeung RW., Wang D. Computer-assisted three-dimensional surgical planing and simulation. 3D soft tissue planning and prediction. agosto 2000;29(4):250-8.

17. Marchetti C., Bianchi A., Bassi M., Gori R, Lamberti C., Sarti A. Mathematical modeling and numerical simulation in maxillo-facial virtual surgery (VISU). luglio 2006;17(4):661-7; discussion 668;

18. Swennen GR1., Mollemans W., Schutyser F. J. Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. :67(10):2080-92.

19. Choi J-Y, Song K-G, Baek S-H. Virtual model surgery and wafer fabrication for orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* dicembre 2009;38(12):1306–10.

20. Nadjmi N, Mollemans W, Daelemans A, Van Hemelen G, Schutyser F, Bergé S. Virtual occlusion in planning orthognathic surgical procedures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* maggio 2010;39(5):457–62.

21. Cevidanes LHC, Tucker S, Styner M, Kim H, Chapuis J, Reyes M, et al. Three-dimensional surgical simulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* settembre 2010;138(3):361–71.

22. Swennen GRJ. Timing of Three-Dimensional Virtual Treatment Planning of Orthognathic Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin N Am.* novembre 2014;26(4):475–85.

23. Bianchi A, Muyldermans L, Di Martino M, Lancellotti L, Amadori S, Sarti A, et al. Facial Soft Tissue Esthetic Predictions: Validation in Craniomaxillofacial Surgery With Cone Beam Computed Tomography Data. *J Oral Maxillofac Surg.* luglio 2010;68(7):1471–9.

24. Van Hemelen G, Van Genechten M, Renier L, Desmedt M, Verbruggen E, Nadjmi N. Three-dimensional virtual planning in orthognathic surgery enhances the accuracy of soft tissue prediction. *J Cranio-Maxillofac Surg.* luglio 2015;43(6):918–25.
25. Ho C-T, Lin H-H, Liou EJW, Lo L-J. Three-dimensional surgical simulation improves the planning for correction of facial prognathism and asymmetry: A qualitative and quantitative study. *Sci Rep.* 10 gennaio 2017;7:40423.
26. Gateno J, Teichgraeber JF, Xia JJ. Three-Dimensional Surgical Planning for Maxillary and Midface Distraction Osteogenesis: *J Craniofac Surg.* novembre 2003;14(6):833–9.
27. Xia JJ, Gateno J, Teichgraeber JF. New Clinical Protocol to Evaluate Craniomaxillofacial Deformity and Plan Surgical Correction. *J Oral Maxillofac Surg.* ottobre 2009;67(10):2093–106.
28. Polley JW, Figueroa AA. Orthognathic Positioning System: Intraoperative System to Transfer Virtual Surgical Plan to Operating Field During Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* maggio 2013;71(5):911–20.
29. Ellis E, Tharanon W, Gambrell K. Accuracy of face-bow transfer: Effect on surgical prediction and postsurgical result. *J Oral Maxillofac Surg.* giugno 1992;50(6):562–7.
30. Schouman T, Rouch P, Imholz B, Fasel J, Courvoisier D, Scolozzi P. Accuracy evaluation of CAD/CAM generated splints in orthognathic surgery: a cadaveric study. *Head Face Med [Internet].* dicembre 2015 [citato 8 giugno 2018];11(1). Available at: <http://head-face-med.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13005-015-0082-9>
31. Gander T, Bredell M, Eliades T, Rucker M, Essig H. Splintless orthognathic surgery: A novel technique using patient-specific implants (PSI). *J Cranio-Maxillofac Surg.* aprile 2015;43(3):319–22.
32. Mazzoni S, Bianchi A, Schiariti G, Badiali G, Marchetti C. Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Cutting Guides and Customized Titanium Plates Are Useful in Upper Maxilla Waferless

- Repositioning. *J Oral Maxillofac Surg.* aprile 2015;73(4):701–7.
33. Suojanen J, Leikola J, Stoor P. The use of patient-specific implants in orthognathic surgery: A series of 32 maxillary osteotomy patients. *J Cranio-Maxillofac Surg.* dicembre 2016;44(12):1913–6.
 34. Mazzone S, Badiali G, Lancellotti L, Babbi L, Bianchi A, Marchetti C. Simulation-Guided Navigation: A New Approach to Improve Intraoperative Three-Dimensional Reproducibility During Orthognathic Surgery. *J Craniofac Surg.* novembre 2010;21(6):1698–705.
 35. Li B, Zhang L, Sun H, Yuan J, Shen SGF, Wang X. A novel method of computer aided orthognathic surgery using individual CAD/CAM templates: a combination of osteotomy and repositioning guides. *Br J Oral Maxillofac Surg.* dicembre 2013;51(8):e239–44.
 36. Suojanen J, Leikola J, Stoor P. The use of patient-specific implants in orthognathic surgery: A series of 30 mandible sagittal split osteotomy patients. *J Cranio-Maxillofac Surg.* giugno 2017;45(6):990–4.
 37. Luhr H.G. The significance of condylar position using rigid fixation in orthognathic surgery. *Clin Plast Surg.* 1989 Jan;16(1):147-56.
 38. Kang JK. The positional change of condylar head after orthognathic surgery using simplified condyle positioning device. *J. Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2004;26:578-573.
 39. Lee Y-C, Sohn H-B, Kim S-K, Bae O-Y, Lee J-H. A novel method for the management of proximal segment using computer assisted simulation surgery: correct condyle head positioning and better proximal segment placement. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* [Internet]. dicembre 2015 [citato 15 giugno 2018];37(1). Available at: <http://www.jkamprs.com/content/37/1/21>
 40. Electronic control of muscular contraction. A new clinical era in occlusion and prostodontics. Jankelson B. *Sci.Ed.Bull.Int.Coll.Dent.* 2, 29,1969.
 41. Cottrell DA, Wolford LM. Altered orthognathic surgical sequencing and a modified approach to model surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* ottobre 1994;52(10):1010–20.
 42. Ritto FG, Ritto TG, Ribeiro DP, Medeiros PJ, de Moraes M. Accuracy of

maxillary positioning after standard and inverted orthognathic sequencing. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* maggio 2014;117(5):567–74.

43. Li B, Shen S, Jiang W, Li J, Jiang T, Xia JJ, et al. A new approach of splint-less orthognathic surgery using a personalized orthognathic surgical guide system: A preliminary study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* ottobre 2017;46(10):1298–305.

44. Neurosensory function of the inferior alveolar nerve after bilateral sagittal ramus osteotomy: a retrospective study of 68 patients. *J. Oral Maxillofac Surg* 45:20-26;1987.

45. Alder ME. Short-term changes of condylar position aftersagittal split osteotomy for mandibular advancement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio IEndod* 87(2):159–165; 1999.