



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI MILANO-BICOCCA**

**FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA**

**Dottorato di Ricerca in Parodontologia Sperimentale**

**STEMATICA SIMPLEX NELLA PROGETTAZIONE DEI  
CASI IN IMPLANTO-PROTESI. LIMITI E VANTAGGI.**

**Coordinatore: Prof. Marco Baldoni**

**Correlatore: Dott. Riccardo Monguzzi**

**Tesi di dottorato:**

**Dott. Pietro Ferrari**

**Matricola 708146**

**Ciclo XXII - Anno Accademico 2008/2009**

# Introduzione

L'implantologia osteointegrata oggi giorno costituisce una possibilità di trattamento molto importante per tutti quei pazienti che sono andati incontro alla perdita dei denti naturali.

La percentuale di successo delle procedure implantari è correlata con la posizione e la direzione del carico sugli impianti (14, 29).

Le normali procedure di indagine prechirurgica includono la valutazione della struttura ossea disponibile per l'inserimento di impianti di lunghezza e diametro adeguati alla protesi definitiva; per queste ragioni è stato suggerito l'inserimento di guide radiopache replicanti il profilo delle protesi definitive durante le fasi di diagnostica per immagini.

La diagnostica per immagini include molteplici tecniche tra le quali la più completa e affidabile risulta essere la Tomografia Assiale Computerizzata (TAC); infatti la possibilità di acquisire un intero volume di dati e poter successivamente effettuare ricostruzioni sui diversi piani dello spazio, consente di visualizzare anche le sezioni trasversali dell'osso disponibile unitamente all'assoluta minor deformazione d'immagine (134).

Tutto ciò rende questa tipologia di radiografie il *gold standard* in tema di pianificazione implantare.

Inizialmente le immagini ottenute dall'esame TC del paziente venivano rielaborate solo con software Dentascan.

In seguito la Materialise ha sviluppato un ulteriore software (Simplant) che prevede una pianificazione iniziale attraverso la chirurgia virtuale con l'inserimento degli impianti al Personal Computer tramite l'interazione del software con le immagini TC del paziente.

Inoltre il Simplant, permette ricostruzioni grafiche 3D dei mascellari allo scopo di allestire precise guide (SurgiGuides) per le frese al momento della preparazione del sito implantare, che, rispetto alle guide standard, permettono al chirurgo un approccio più sicuro e facilmente prevedibile, col vantaggio di dare la giusta angolazione alla fresa, riducendo notevolmente il rischio di ledere strutture anatomiche critiche e riducendo inoltre i tempi di intervento, il dolore post-operatorio, l'edema post-chirurgico e il discomfort legato al trauma dei tessuti molli.

Questo software dà quindi l'opportunità di evidenziare la possibilità o l'impossibilità di esecuzione dell'intervento implantologico, evitando in tal modo all'odontoiatra di compiere grossolani errori nel corso della pianificazione o dello svolgimento della procedura.

Fino a qualche tempo fa non era possibile trasferire con semplicità il disegno/progetto così definito sul computer nella realtà clinica operativa.

Adesso è ormai possibile a costi anche accettabili e in tempi vantaggiosi.

La Materialise trasferisce nel software i file del disegno CAD (Computer Aided Design) con il progetto disegnato dall'operatore/chirurgo a un sistema CAM (Computer Aided Manufacturing) che costruisce tramite laser il modello del sito chirurgico con le guide che guideranno l'inserimento esatto degli impianti (72, 135, 136).

# Capitolo 1

## Anatomia delle ossa mascellari

### 1.1 Il mascellare superiore

L'osso mascellare è appiattito trasversalmente.

Offre, pertanto, a considerare due facce: laterale e mediale, e quattro margini: anteriore, posteriore, superiore e inferiore.

La faccia laterale ( **fig. 1.1** ) è grosso modo convessa e rivolta di lato e in avanti.

Da essa si stacca superiormente, il *processo zigomatico*, robusta sporgenza ossea, a forma di piramide a base triangolare, con l'apice tronco rivolto lateralmente, che si articola con l'osso zigomatico.

Delle tre facce del processo zigomatico, quella superiore corrisponde alla parete inferiore dell'orbita; essa è percorsa longitudinalmente dal *solco infraorbitale*, entro cui decorrono il nervo ed i vasi infraorbitari e che si continua in avanti con il *canale infraorbitale*.

La faccia anteriore presenta il *foro infraorbitale*, che corrisponde all'apertura esterna del canale omonimo.

La faccia posteriore infine è foggata a doccia verticale.

La faccia mediale mostra un voluminoso processo a forma di lamina disposta orizzontalmente, il *processo palatino*, che prende parte, con il suo versante inferiore, alla costituzione dello scheletro del palato duro e,

con il suo versante superiore, alla formazione del pavimento della fossa nasale.

Il processo palatino ha forma grosso modo di lamina quadrangolare; il suo margine laterale è impiantato sull'osso mascellare; il margine anteriore si confonde con il margine anteriore dell'osso mascellare e prende parte alla costruzione del contorno inferiore dell'apertura piriforme della cavità nasale; il margine mediale è rugoso e si articola col processo palatino del mascellare eteroleterale; il margine anteriore si confonde con quello dell'osso mascellare e prende parte alla costruzione del contorno inferiore dell'apertura piriforme della cavità nasale; il margine posteriore, tagliente, si articola con il margine anteriore della lamina orizzontale dell'osso palatino.

Il processo palatino è percorso, subito dietro il I incisivo, dal *canale incisivo*, che collega il pavimento della fossa nasale col palato duro.

La faccia mediale dell'osso mascellare, al disopra dell'impianto del processo palatino, mostra l'*orifizio del seno mascellare* (o *antro di Higmore*), grande cavità scavata entro l'osso mascellare medesimo e tappezzata da mucosa respiratoria denominata *membrana di Schneider* (36, 46) comunicante con la fossa nasale.

Tale orifizio del seno, che appare ampio nell'osso mascellare isolato, nel cranio viene notevolmente ristretto da una serie di ossa che vi si applicano attorno; queste sono: il labirinto etmoidale superiormente, la conca nasale inferiore in basso, l'osso lacrimale in avanti, la lamina perpendicolare dell'osso palatale posteriormente.

Al davanti dell'orifizio del seno mascellare si nota una profonda escavazione longitudinale, il *solco lacrimale*, destinato ad accogliere il condotto naso lacrimale.

Il  **margine anteriore**  dell'osso mascellare è tagliente.

Esso presenta, dall'alto in basso: il margine anteriore del processo frontale; l' *incisura nasale* , che articolandosi con quella eterolaterale circoscrive l' *apertura piriforme* , che immette nella cavità nasale; la  *semispina nasale anteriore*  che, articolandosi con quella del lato opposto, forma la  *spina nasale anteriore* ; infine, il margine anteriore del processo palatino.

Il  **margine posteriore**  è arrotondato e prende il nome di  *tuberosità mascellare* .

Nella sua metà superiore, libera, è liscio; in quella inferiore, è rugoso e si articola con l'osso palatino, in unione col quale circoscrive il  *canale palatino maggiore*  per il passaggio del nervo palatino anteriore.

Il  **margine superiore**  è tagliente e corrisponde al contorno mediale della parete inferiore dell'orbita.

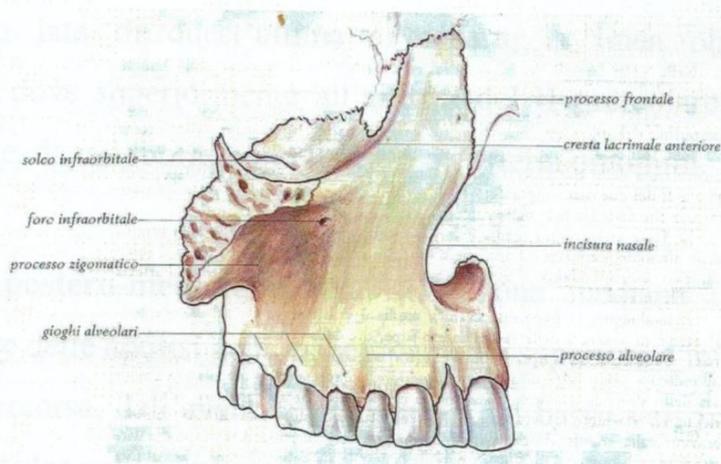
Esso si articola, dall'avanti all'indietro: con l'osso lacrimale; con la lamina papiracea dell'etmoide e con il processo orbitale dell'osso palatino.

Il  **margine inferiore**  è rappresentato dal  *processo alveolare* , sul quale s'impiantano i denti della semiarcata dentale superiore.

Esso è caratterizzato dalla presenza di otto  *alveoli dentali* ; questi verso l'avanti risultano essere cavità semplici, in addietro sono invece scomposti in cavità secondarie, in rapporto al numero di radici possedute dal dente che vi è accolto.

Gli alveoli dentali sono separati tra loro da sepimenti ossei, chiamati  *setti interalveolari* .

Gli alveoli determinano, sulla faccia esterna del processo alveolare, una serie di rilievi, denominati *giochi alveolari*.



**Fig.1.1 Osso mascellare destro, visto dalla sua faccia laterale**

## **1.2 la mandibola**

La mandibola (**fig 1.2**) è un osso impari e mediano e forma la parte inferiore dello scheletro della faccia.

Dotata di mobilità, si articola con le ossa temporali.

La mandibola consta di una parte orizzontale, media, detta *corpo*, e di due parti laterali, verticali, chiamate *rami*.

Il **corpo** ha forma di ferro di cavallo aperto posteriormente.

E' appiattito e offre a considerare due facce: antero-laterale e postero-mediale, e due margini: superiore ed inferiore.

La **faccia antero-laterale** presenta lungo la linea mediana una cresta verticale, la sinfisi del mento, che corrisponde alla zona di saldatura delle due primitive metà dell'osso; essa termina in basso con una sporgenza, la protuberanza mentale.

Da ciascun lato di quest'ultima si diparte la linea obliqua della mandibola, dove superiormente all'altezza del II premolare, si trova il foro mentale, da cui fuoriescono il nervo e l'arteria omonimi.

La **faccia postero-mediale** mostra nella zona mediana due piccole protuberanze dette apofisi geni, rispettivamente superiore e inferiore.

Di lato è percorsa, dall'avanti all'indietro e dal basso verso l'alto, dalla linea milo-joidea sulla quale prende inserzione il muscolo milo-joideo.

Sopra tale linea si trova la fossetta sottolinguale con al di sotto la fossetta sottomandibolare, che corrispondono alle due ghiandole omonime.

Il **margin superiore** mostra il processo alveolare, nel quale sono scavati gli alveoli dentali, che danno ricetto alle radici dei denti dell'arcata dentale inferiore.

Gli alveoli sono separati dai setti interalveolari.

Le sporgenze determinate dagli alveoli presso il bordo della mandibola sono detti gioghi alveolari.

Il **margin inferiore** è arrotondato e mostra in vicinanza della linea mediana, la fossetta digastrica per l'isersione del ventre anteriore del muscolo digastrico.

Ciascun **ramo** ha la forma di una lamina quadrilatera, più sviluppata in altezza che in larghezza.

Offre a considerare due facce: mediale e laterale; e quattro margini: anteriore, posteriore, superiore e inferiore.

La **faccia mediale** presenta l'*orifizio del canale della mandibola*, canale che decorre dall'indietro all'avanti nello spessore della mandibola al disotto degli alveoli dentali con i quali comunica mediante piccoli forellini scavati all'apice degli alveoli stessi, e che contiene il nervo e i vasi alveolari inferiori (45,125).

Il contorno mediale di questo orifizio è delimitato dalla *lingula della mandibola* (o *spina dello spix*).

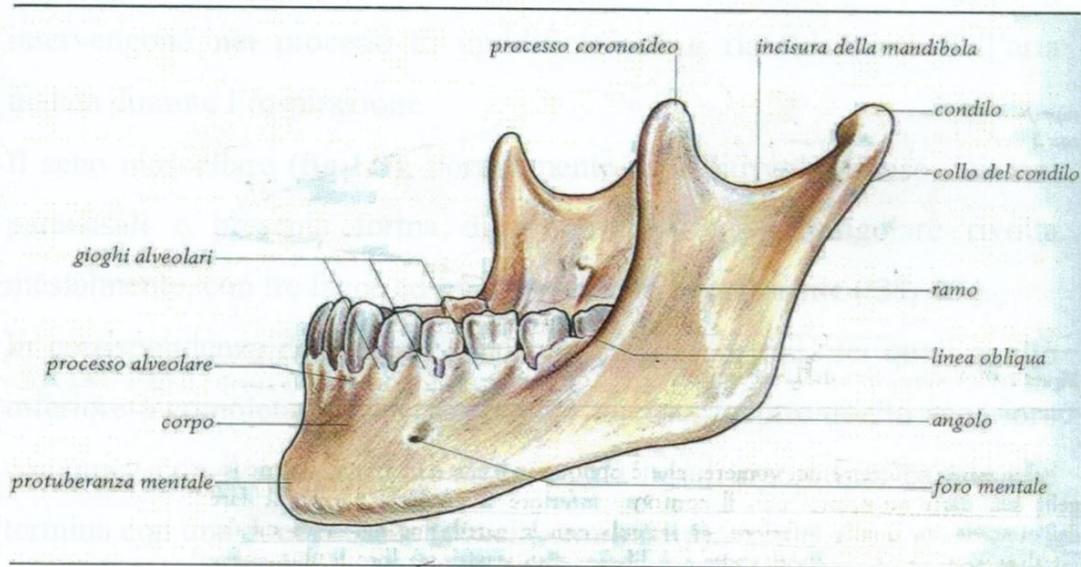
Il **marginе anteriore** è percorso da una doccia verticale, delimitata da due labbri che si continuano sul corpo con la linea obliqua e la linea milo-joidea.

Il **marginе posteriore** è arrotondato e prende rapporto con la ghiandola parotide.

Il **marginе superiore** presenta al centro l'*incisura della mandibola* (o *sigmoidea*).

Anteriormente a questa si solleva il *processo coronoideo*, mentre posteriormente vi è il *condilo*, che fa parte dell'articolazione temporo-mandibolare.

Il **marginе inferiore** è in continuità con il margine inferiore del corpo. Esso, insieme al margine posteriore del ramo stesso, forma l'*angolo della mandibola*.



**Fig.1.2 Mandibola, vista dal lato sinistro**

### **1.3 Strutture anatomiche e loro punti critici di particolare importanza durante la progettazione e l'esecuzione di interventi implantologici**

#### **1.3.1 Il seno mascellare**

Il seno mascellare è uno dei quattro seni paranasali.

Questi sono cavità presenti all'interno delle ossa del cranio e prendono il nome dalle ossa in cui si trovano: sfenoidale, etmoidale, frontale e mascellare.

I seni paranasali sono rivestiti da mucosa e comunicano tramite orifizi, detti *osti*, con le due cavità nasali.

Attraverso questi orifizi, avviene il passaggio verso l'esterno del muco.

I seni paranasali, assieme alle altre strutture delle vie aeree superiori, intervengono nei processi di umidificazione e riscaldamento dell'aria inalata durante l'inspirazione.

Il seno mascellare (**fig.1.3**), normalmente, è il più voluminoso dei seni paranasali e presenta forma di piramide a base triangolare rivolta mesialmente, con tre facce ed un apice rivolto lateralmente ( 28, 46 ).

In corrispondenza della base, sono presenti due orifizi, dei quali quello inferiore è completamente chiuso dalla mucosa, mentre quello superiore comunica con il meato medio delle cavità nasali tramite un canale che termina con una doccia ossea (doccia semilunare).

La struttura del seno mascellare si modifica in casi di edentulismo mascellare posteriore parziale o totale ed il pavimento del seno si abbassa raggiungendo in qualche caso il lembo alveolare.

Inoltre il pavimento del seno può variare di dimensioni, pertanto si parla di pavimento cosiddetto "lungo" quando si estende dalla zona dell'incisivo laterale a quella dell'ottavo, e di pavimento cosiddetto "corto" quando corrisponde alle radici del quinto, sesto e settimo dente.

La diagnostica radiologica per la valutazione pre-implantologica, sia che si tratti di OPT che dell'esame TC, appare essenziale allo scopo di studiare la morfologia dei seni mascellari per evitare lo sfondamento incidentale del pavimento del seno stesso e l'alloggiamento dell'impianto al suo interno.

Gli esami radiologici, in particolare la TC, possono evidenziare i seguenti problemi:

- 1) pavimento del seno sottile
- 2) sinusite in atto
- 3) cisti infiammatorie del seno
- 4) Lesioni espansive

1) Un pavimento del seno sottile comporta un alto rischio di frattura dell'osso durante e di sinusite dopo l'inserimento dell' impianto.

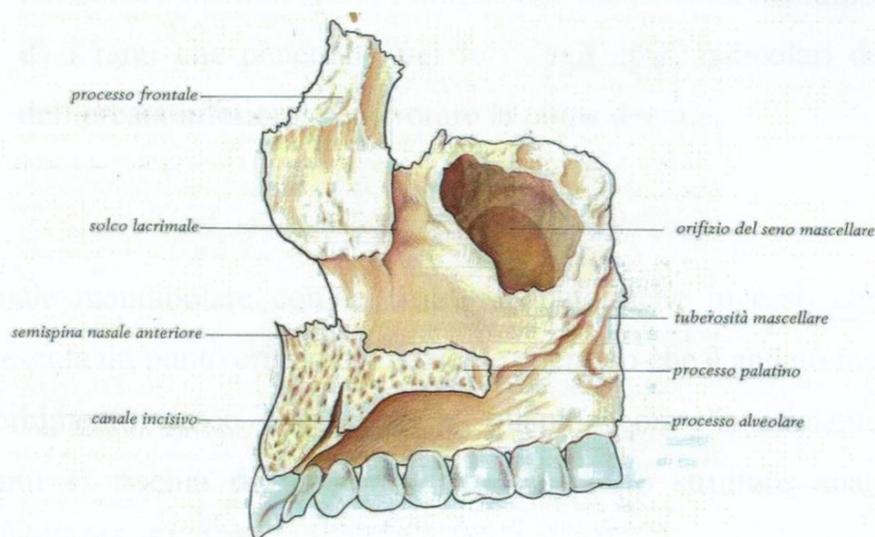
Inoltre l'evenienza di corpi estranei, tipo i frammenti ossei dell'eventuale frattura, liberi di muoversi all'interno dell'antro sinusale determina le condizioni per una flogosi della mucosa con edema ed ostruzione progressiva dell'ostio naso-sinusale, riduzione della ventilazione e clearance muco-ciliare.

Tutto ciò comporta una progressiva riduzione della pressione parziale di ossigeno all'interno del seno mascellare con ristagno delle secrezioni; si viene così a creare un circuito riverberante che porta verso la sinusite.

2) La presenza preoperatoria di sinusite acuta controindica l'intervento che dovrà essere effettuato dopo un'adeguata terapia medica.

3) Una cisti endosinusale può richiedere una posticipazione dell'intervento solo se associata a flogosi acuta.

4) In caso di lesione espansiva si dovrà definire la natura della lesione e trattarla prima di un'eventuale impianto



**Fig.1.3 Orifizio del seno mascellare**

### 1.3.2 Il canale mandibolare

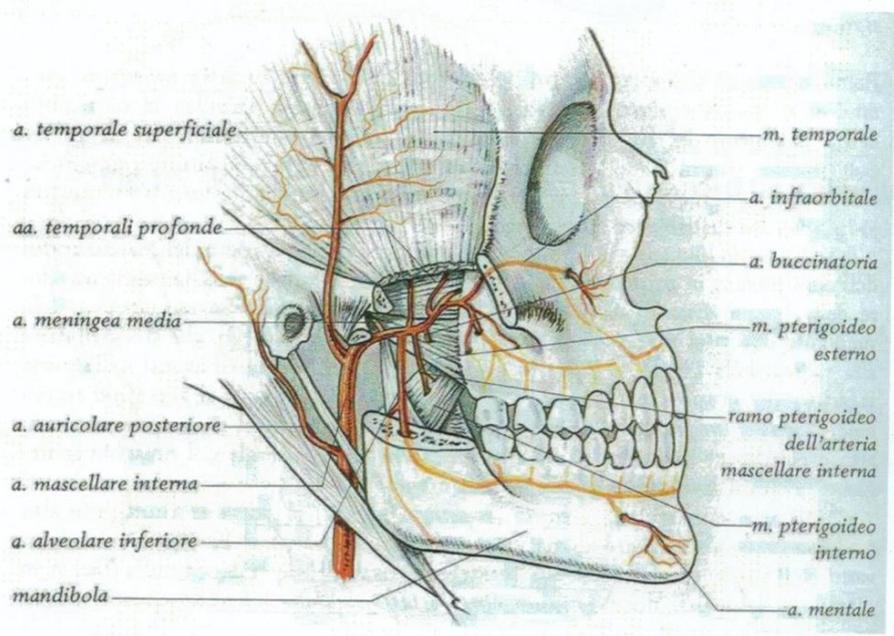
Il canale mandibolare (28) decorre in senso postero-anteriore nello spessore della mandibola al disotto degli alveoli dentali con i quali comunica; al suo interno sono contenuti il nervo ed i vasi alveolari inferiori:

- nervo alveolare inferiore (fig.1.5): è il ramo principale per l'innervazione mandibolare, e decorre tra i due muscoli pterigoidei dalla fossa mandibolare nel canale della mandibola.
- Arteria alveolare inferiore (fig.1.4): è un ramo dell'arteria mascellare interna, che si immette nel canale della mandibola dove dà i rami che penetrano nei fori degli apici radicolari dei denti dell'arcata inferiore, per irrorare la polpa dentale.

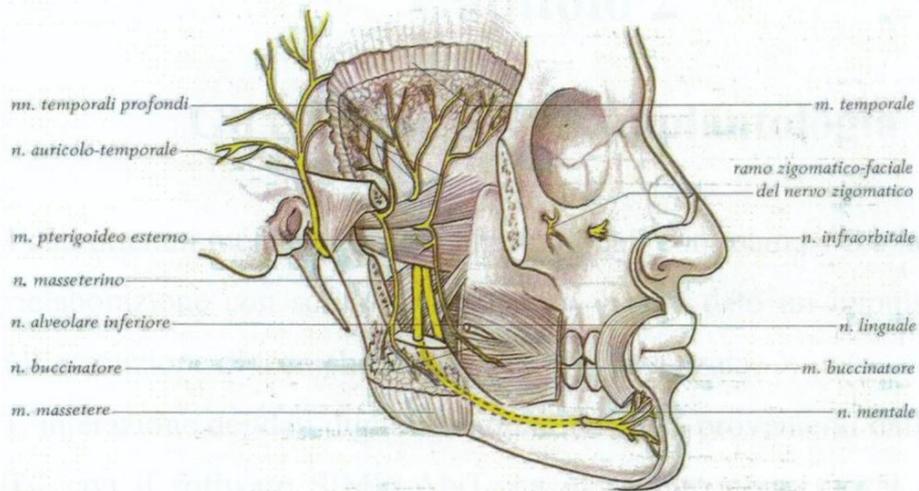
Il canale mandibolare con le strutture anatomiche in esso contenute, rappresenta un punto critico nel paziente edentulo che è andato incontro a riassorbimento osseo eccessivo, in quanto, con l'inserimento degli impianti si rischia di arrecare danni a queste strutture anatomiche inviolabili.(45, 51, 125).

La lesione del nervo alveolare inferiore comporta anestesia dell'emilabbro corrispondente.

Anche per il canale mandibolare un'accurata valutazione radiologica , di radiologia tradizionale o TC, permette di evidenziare lo spessore osseo ed eventuali patologie dello stesso per cui si potranno evitare le complicanze di un errato posizionamento dell'impianto o di una intrusione nelle strutture nervose o vascolari.



**Fig.1.4** Arteria mascellare interna di destra



**Fig.1.5 Rami del nervo mandibolare destro, visti lateralmente**

## Capitolo 2

### Gli edentulismi e l'implantologia

I dati ottenuti mediante l'acquisizione di dati con esame TC e la successiva rielaborazione con software Dentascan, hanno dato un impulso notevole all'esecuzione di tecniche di implantologia avanzata.

L'interazione dei dati digitali originali DICOM provenienti dalle scansioni TC con il software SIMPLANT, ha in seguito permesso al chirurgo di controllare l'osteotomia in maniera virtuale e di riportare i risultati ottenuti in sede chirurgica con l'ausilio delle SurgiGuides. In questo modo è possibile evitare erronee angolazioni, danni alle strutture anatomiche inviolabili e lo scorretto posizionamento degli impianti, anche in pazienti che presentano gravi edentulismi. L'uso del software SIMPLANT è quindi, particolarmente rilevante nella valutazione del pre-trattamento implantoprotesico.

#### **2.1 Classificazioni degli edentulismi**

La valutazione del planning implantologico è basata su una serie di classificazioni universalmente accettate, che definiscono il tipo di edentulismo, la quantità e la qualità di osso residua al riassorbimento (29,30).

#### **Classificazione di Kennedy (1925)**

- I classe: edentulismo distale bilaterale
- II classe: edentulismo monolaterale

## 2.2 Classificazione del riassorbimento osseo di Cavood e

- III classe: edentulismo bilaterale intercalato
- IV classe: edentulismo anteriore
- V classe: edentulismo bilaterale intercalato con la presenza di un canino da un solo lato
- VI classe: edentulismo intercalato monolaterale

### **Modifiche alla prima e seconda classe di Kennedy apportate da Applegate (1942)**

- Classe I modificata: edentulismo distale bilaterale associato ad edentulismo anteriore
- Classe II modificata: edentulismo monolaterale con edentulismo intercalato dall'altro lato

A seguito dell'edentulia si ha il riassorbimento osseo che avviene in maniera diversa nei due mascellari:

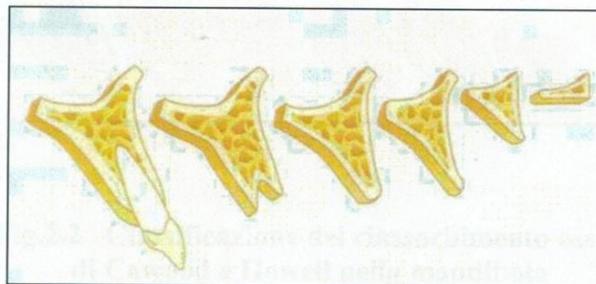
nel mascellare è di tipo centripeto, ossia la direzione del riassorbimento ha un andamento supero-mediale.

Nella mandibola invece è di tipo centrifugo.

## 2.2 Classificazione del riassorbimento osseo di Cawood e Howell(1988)

### **Mascellare superiore:**

- Classe I: alveolo con elemento dentario
- Classe II: alveolo post-estrattivo immediato
- Classe III: cresta alveolare post-estrattiva tardiva
- Classe IV: cresta a lama di coltello
- Classe V: cresta piatta
- Classe VI: cresta depressa con riassorbimento estremo



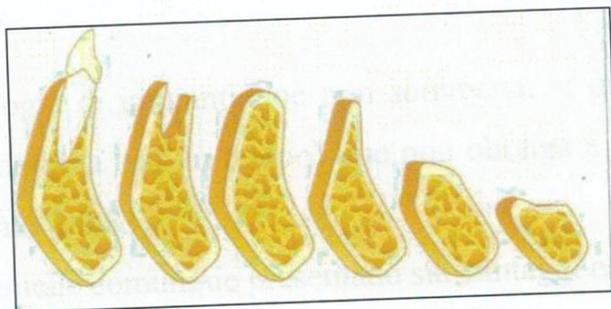
**Fig.2.1 Classificazione del riassorbimento osseo di Cawood e Howell nel mascellare**

## 2.1 Cenni di storia implantare

L'evoluzione dell'implantologia e l'integrazione che è definita come

### **Mandibola:**

- Classe I: alveolo con elemento dentario
- Classe II: alveolo post-estrattivo immediato
- Classe III: cresta alveolare post-estrattiva tardiva
- Classe IV: cresta a lama di coltello
- Classe V: cresta piatta
- Classe VI: cresta depressa con riassorbimento estremo



**Fig.2.2** Classificazione del riassorbimento osseo di Cawood e Howell nella mandibola

## **2.3 Cenni di terapia implantare**

### Tecnica ad un tempo

L'obiettivo dell'implantologia è l'osteointegrazione che è definita come "contatto diretto tra impianto e osso vivente senza interposizione di tessuti molli" (Branemark).

Perché questo accada è necessario che l'impianto sia costituito da materiale idoneo come il titanio che, oltre alle comprovate biocompatibilità e capacità di integrarsi nei tessuti viventi, presenta anche una resistenza ai fenomeni corrosivi che si creano nell'ambiente fisiologico del corpo umano e la possibilità di essere associato a metalli altrettanto passivi senza creare correnti galvaniche (102).

Il fatto che l'impianto sia di tipo sommerso o non sommerso non cambia niente ai fini dell'osteointegrazione.

L'impianti di tipo sommerso prevedono una procedura definita "a due tempi", in quanto dopo la prima fase chirurgica di inserimento dell'impianto, sopra cui i tessuti molli vengono suturati in modo da ricoprirli, segue una seconda fase chirurgica, necessaria per esporre l'impianto.

Per l'altra tipologia di impianti, cioè non sommersi, si utilizza invece un tipo di tecnica definita "ad un tempo" che non obbliga a intervenire in un secondo momento (20,83).

Entrambe le tecniche comunque presentano sia vantaggi che svantaggi:

### **Tecnica a due tempi:**

- garantisce un miglior risultato estetico
- ma presenta maggior aggressività chirurgica

### Tecnica ad un tempo:

- minore aggressività chirurgica
- ma un limite all'estetica del manufatto finale, in quanto la testa dell'impianto che affiora nel cavo orale non è facilmente occultabile.

Ad ogni modo il raggiungimento dell'osteointegrazione si ha grazie alla possibilità di inserire un impianto nel sito appositamente preparato, in modo da ottenere una "*stabilità primaria*".

Per stabilità primaria si intende l'assoluta impossibilità di macro o micromovimenti dell'impianto nel suo alveolo artificiale, consentendo un'ottimale guarigione ossea.

Perché questa stabilità venga mantenuta, bisogna evitare il carico protesico sugli impianti appena inseriti per almeno qualche mese, dal momento che la completa mineralizzazione dell'osso innestato richiede circa 52 settimane.

Inoltre la fissazione rigida del titanio nell'osso deve risultare clinicamente asintomatica durante il carico funzionale (si valuta con il test clinico del torque inverso).

Quindi l'impianto risulterà essere " clinicamente stabile " nel caso di assenza di dolore e di movimento al torque eseguito con un grado di forza dell'ordine di 10-20 Ncm.

La "*stabilità secondaria*" consiste, invece, nella neoformazione ossea sulla superficie ruvida dell'impianto e nella cicatrizzazione dei siti implantari.

Così l'impianto raggiunge la sua stabilità ossea grazie anche alla sua conformazione.

## Capitolo 3

Esistono infatti:

-impianti filettati

-impianti lisci(rivestiti inTPS o HA)

-impianti a cestello

Il concetto più moderno di integrazione dell'impianto include, oltre all'intima unione tra tessuto osseo e superficie implantare, anche ciò che avviene a livello dell'interfaccia fra superficie implantare e tessuti molli epiteliali e connettivali sopra-crestali. Per ottenere un successo a lungo termine, infatti, è indispensabile che si formi una barriera biologica in grado di isolare e proteggere i tessuti peri-implantari di supporto.

Questa è data dall'adesione dei tessuti molli intorno alla porzione coronale dell'impianto, che si estende per circa 3 mm in direzione corono-apicale, cosiddetta "dimensione biologica", costituita da:

- epitelio nei primi 2 mm

- tessuto connettivo nel restante millimetro

Il sigillo biologico impedisce ai batteri e ai loro prodotti metabolici di penetrare all'interno dell'organismo ed è in grado di mantenersi integro solo in presenza di un efficace regime chimico e meccanico, di igiene orale e di controllo della placca batterica.

## Capitolo 3

### Parametri da valutare con esame TC

L'utilizzo di strumenti diagnostici, quali l'ortopantomografia (OPT) e la tomografia computerizzata con programma dedicato, ossia il Dentascan, ci permettono oggi di osservare non solo lo stato generale dei processi alveolari (OPT), ma anche di valutare l'altezza, lo spessore e la larghezza dell'osso disponibile, i rapporti tra le diverse strutture anatomiche, nonché la densità ossea (TC).

Queste informazioni rappresentano il cardine per una corretta pianificazione terapeutica e prognostica nella riabilitazione implantoprotasica.

Con il programma Dentascan è possibile ottenere una valutazione tridimensionale delle ossa mascellari in dimensioni reali (rapporto 1:1), che permette di stabilire con esattezza le dimensioni delle fixtures da inserire (33,138).

La quantità di osso disponibile indica la quantità di tessuto osseo che rimane nella sella edentula per il posizionamento della fixture.

I parametri che vengono misurati sono, principalmente, i seguenti:

- altezza
- larghezza vestibolo-linguale
- lunghezza (mesio-distale)
- angolazione

### **3.1 Altezza**

Viene misurata dalla sommità della cresta edentula fino alla struttura anatomica opposta, come può essere il seno mascellare o il canale mandibolare.

La zona dell'eminenza canina del mascellare offre un'altezza maggiore rispetto alle regioni mascellari anteriori e posteriori.

Di contro la regione del canino e del premolare inferiore presentano una ridotta altezza di osso disponibile in confronto alla regione anteriore, per la presenza del canale mandibolare.

Nel 1983 Branemark stabilì che, l'altezza di osso disponibile per ottenere il successo in terapia impiantare, dovesse essere di almeno 10 mm.

Se il paziente presenta creste alveolari cosiddette "a lama di coltello", la misurazione dell'altezza del processo alveolare deve necessariamente essere subordinata ad una valutazione realistica delle dimensioni dell'impianto che si intende posizionare: in particolare dalla misurazione che il radiologo effettua, l'implantologo dovrà decurtare la porzione apicale che non potrà essere di ausilio ai fini dell'osteointegrazione dell'impianto stesso.

### **3.2 Larghezza vestibolo-linguale**

Viene misurata come la distanza tra il piano vestibolare e quello buccale del processo alveolare a livello del potenziale sito impiantare.

Le fixtures richiedono almeno 5 mm o più di larghezza per assicurare sufficiente spessore osseo di sostegno intorno e sufficiente irrorazione sanguigna.

### **3.3 Lunghezza mesio-distale**

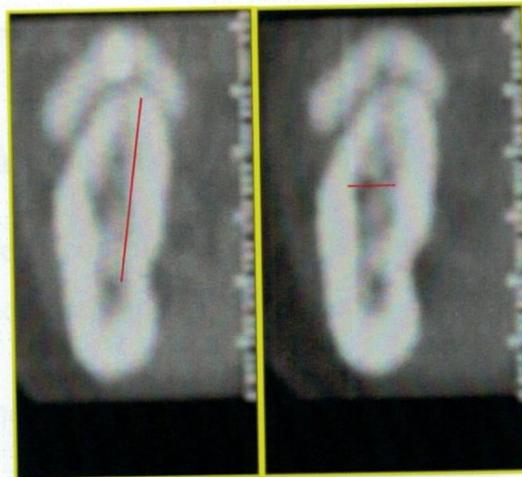
La lunghezza in senso mesio-distale dell'osso disponibile, in un'area edentula, è limitata dalla presenza di denti o impianti nei settori adiacenti.

È correlata strettamente alla larghezza vestibolo-buccale: dove questa è 5 mm è sufficiente una lunghezza minima mesio-distale di 5 mm per impianto (secondo Misch).

Mentre, dove la larghezza ossea vestibolo-buccale è compresa tra 2,5 e 5 mm si ha bisogno di una maggiore lunghezza mesio-distale per sostenere le fixtures.

### **3.4 Angolazione**

È idealmente correlata alle forze di occlusione ed è parallela all'asse maggiore delle corone cliniche usate nei restauri protesici.



**Fig.3.1 Parametri dell'osso disponibile: altezza e larghezza vestibolo-linguale**

### **3.5 La densità ossea: classificazioni**

La componente minerale dell'osso è l'idrossiapatite naturale, che è un derivato del fosfato tricalcico.

Questa raggiunge la sua massima concentrazione a livello dell'osso corticale ed è ridotta a livello dell'osso spongioso.

Il metabolismo osseo è sotto il controllo di diversi fattori: paratormone, calcitonina, vitamina D, ormoni ipofisari, tiroide, ovarici e testicolari.

Su di esso influiscono, inoltre, diversi parametri, tra cui l'età, il sesso e il tipo di alimentazione.

Con la perdita dei denti l'osso alveolare si riduce di densità, oltre che di dimensioni.

Gli stadi di densità ossea (88,90) sono direttamente in rapporto con il carico, per cui più grande è il carico e più l'osso sarà denso.

La densità ossea disponibile fornisce l'immobilità e la trasmissione all'impianto durante la cicatrizzazione e consente la distribuzione e la trasmissione degli stress dalla protesi all'interfaccia osso-impianto.

#### **Classi di densità ossea di Lekholm e Zarb (1985)**

**Classe I :** l'intero complesso maxillo-mandibolare è composto quasi esclusivamente da osso compatto omogeneo.

**Classe II:** uno spesso strato di osso compatto circonda un nucleo di osso trabecolare denso.

**Classe III:** un sottile strato di osso compatto circonda un nucleo di osso trabecolare di scarsa densità, ma di quantità sufficiente.

**Classe IV:** un sottile strato di osso compatto circonda un nucleo di osso trabecolare di bassa densità e quantità.

### Classificazione di Misch-Adell-Branemark(1988)

| OSSO      | CORTICALE                            | SPONGIOSA  | SEDE                              |
|-----------|--------------------------------------|--|-----------------------------------|
| <b>D1</b> | Spessa,densa,con fini cavità sottili | Grosse trabecole densamente calcificate,piccole cavità midollari | Mento ,creste atrofiche           |
| <b>D2</b> | Spessa,densa,compatta                | Trabecole grossolane,con cavità midollari strette                | Regione incisivo-canina           |
| <b>D3</b> | Esile,spessore minimo                | Trabecole fini,fragili,ampie cavità midollari                    | Zone premolari e molari           |
| <b>D4</b> | Esilissima o assente                 | Trabecole rare o assenti   | Tuber o regioni distali inferiori |
| <b>D5</b> | Osso immaturo,demineralizzato        |  |                                   |

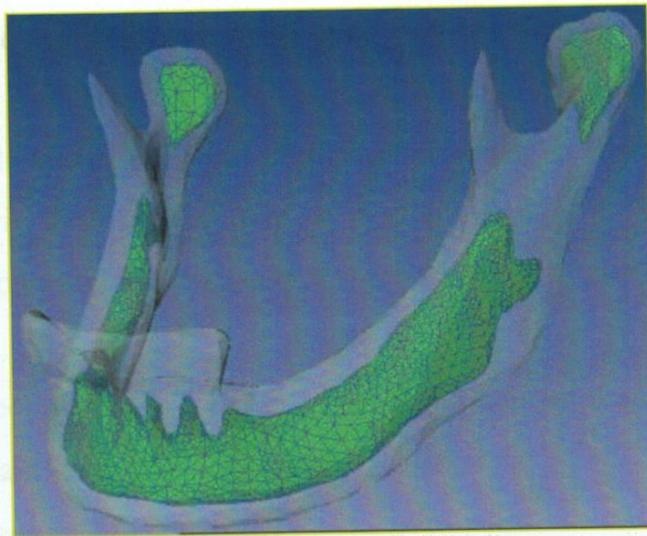
### Densità ossea secondo Hounsfield e Misch

Hounsfield ha eseguito una classificazione della densità ossea da un punto di vista radiologico, con l'esame TC.

L'osso corticale solitamente ha valori di densità tra 1000 e 1600 HU (unità Hounsfield), mentre la spongiosa ben mineralizzata, di solito, ha valori compresi tra 700 e 1000 HU, in soggetti adulti con normali condizioni di salute.

## Tabella di densità ossea secondo Hounsfield e Misch

|             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| HU > 1250   | Classificazione di Misch D1 |
| HU 850-1250 | Classificazione di Misch D2 |
| HU 350-850  | Classificazione di Misch D3 |
| HU < 350    | Classificazione di Misch D4 |
| HU < 150    | Classificazione di Misch D5 |



**Fig.3.2 Rilevazione con soglia di aree ad uguale densità ossea**

## Capitolo 4

### Indagini radiologiche pre-implantologiche e post-implantologiche

Oggi per il continuo progredire delle tecniche chirurgiche, per il costante perfezionamento dei materiali utilizzati, per il determinante apporto alla diagnostica per immagini; l'implantologia sta assumendo un ruolo sempre più importante nell'ambito delle procedure terapeutiche che l'odontoiatra ha a disposizione, grazie anche all'osteointegrazione che caratterizza alcuni tipi di impianti endossei.

Tale fenomeno, identificato negli anni '60 da Branemark, può essere definito come "un contatto diretto strutturale e funzionale tra il tessuto osseo vitale e la superficie di un impianto sottoposto a carico".

Diversi fattori sono di basilare importanza per ottenere una buona osteointegrazione alla interfaccia osso-impianto:

- La tecnica chirurgica per l'inserzione dell'impianto
- Le caratteristiche del carico protesico
- Il disegno dell'impianto
- La biocompatibilità del materiale allo plastico
- Le caratteristiche della superficie dell'impianto

Prima di procedere all'intervento chirurgico, è necessario un'attento esame delle indicazioni e controindicazioni al trattamento con impianti osteointegrati: tale valutazione si attua e si sviluppa durante la pianificazione dell'intervento implantologico.

Questa è una tappa molto importante che può essere suddivisa in tre fasi:

- esame clinico del paziente
- studio dei reperti radiologici
- studio dei modelli in gesso delle arcate

Lo studio dei reperti radiologici ottenuti con le più moderne tecniche d'immagine, è indispensabile per ottenere tutte le informazioni morfologiche e densitometriche necessarie all'implantologo per programmare o escludere un intervento.

Infatti la struttura ossea nella quale saranno inseriti gli impianti deve essere valutata sia quantitativamente che qualitativamente, così da garantire all'impianto un habitat in grado di poter sopportare le forze che vi saranno applicate.

Finalità primaria dell'indagine radiologica è quindi la definizione della morfologia e della densità delle strutture ossee deputate ad accogliere il manufatto implantare, valutando sulle immagini:

- distanza tra la cresta alveolare e cavità sinusali e nasali del mascellare
- distanza tra la cresta alveolare e il canale mandibolare, che va identificato lungo tutto il suo decorso
- distanza tra le corticali vestibolari e linguali
- densità ossea
- presenza di eventuali lesioni ossee focali o di residui radicolari di elementi dentari avulsi

Le tecniche radiologiche utilizzate per tali scopi sono numerose e comprendono:

- l'ortopantomografia
- la teleradiografia in proiezione latero-laterale
- la stratigrafia convenzionale
- la TC ( e successive rielaborazioni di immagini)

#### 4.1 L'ortopantomografia(OPT)

Come è noto, è l'indagine radiologica che consente una visione panoramica di entrambe le arcate, permettendo di evidenziare la posizione del canale mandibolare e la distanza dal margine alveolare dei forami mentonieri, del pavimento delle fosse nasali e dei seni mascellari (105).

L'OPT (**fig.4.1**) serve inoltre per dimostrare l'assenza di elementi patologici che precluderebbero il successo dell'intervento implantologico, quali ad esempio aree di rarefazione ossea, oppure frammenti radicolari reliquati ad avulsioni non correttamente eseguite.

Questo esame presenta tuttavia delle gravi limitazioni, a causa dell'ingrandimento non uniforme dell'immagine, della sua distorsione e della sovrapposizione di alcune strutture che si vengono a rappresentare.

Inoltre non consente di effettuare una stima accurata della densità della struttura ossea.



**Fig. 4.1** Immagine di una ortopantomografia

#### **4.1 La tomografia computerizzata (TC)**

Questa tecnica (**fig. 4.2**) opportunamente eseguita in alta risoluzione, a strato sottile di mm 1-1,5, con matrice 512-512, algoritmo di ricostruzione per osso e con scansioni assiali, offre una precisa valutazione anatomico-morfologica sia dell'arcata mascellare che mandibolare.

L'elevata risoluzione spaziale e di densità della metodica permette una precisa verifica di tutte quelle valutazioni morfometriche e strutturali indispensabili per impostare un corretto programma chirurgico-implantologico (134).

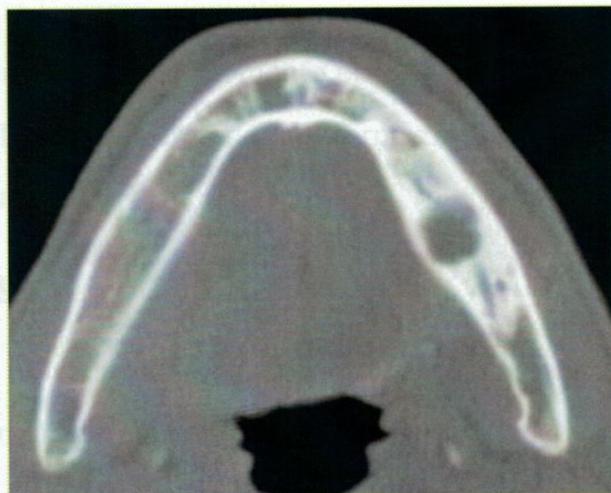
Nelle immagini ottenute sul piano assiale è infatti possibile: misurare lo spessore dell'osso (sia mandibolare che mascellare) ; identificare le distanze tra la cresta alveolare e, nel mascellare, le cavità sinusali e nasali, mentre nella mandibola, quella dal canale mandibolare; valutare la densità ossea e valutare la presenza di eventuali lesioni ossee focali, che possono essere causa di insuccessi implantologici.

Nella TC spirale, il fascio di raggi X, a ventaglio, ruota intorno al paziente in modo solidale con il sistema rilevatore contrapposto e allineato.

I detettori sono centinaia, assemblati su un arco di circonferenza centrato sul fuoco del tubo radiogeno.

In questo modo è possibile raccogliere un maggior numero di dati in tempi più ridotti, avere una qualità dell'immagine migliore e maggior riduzione delle radiazioni diffuse.

Il contributo diagnostico non si limita alla fase pre-implantologica ma consente anche di effettuare il controllo periodico temporale post-implantologico valutando la corretta o inadeguata posizione del manufatto implantare e l'eventuale reazione dell'osso perimplantare, a testimonianza di una osteointegrazione o di un insuccesso.



**Fig. 4.2** Immagine di una Tomografia Computerizzata

## Capitolo 5

### **La TC tridimensionale nello studio delle arcate dentarie**

Quando sottoponiamo un paziente ad un'indagine radiologica, lo esponiamo ad una dose di radiazioni: è pertanto d'obbligo individuare un razionale iter diagnostico ed ottimizzare il rapporto "costo-beneficio" dell'esame.

Quindi bisogna cercare di :

- richiedere l'esame adeguato
- richiedere l'esame al momento opportuno
- estrapolare il massimo delle informazioni dalle immagini

#### **5.1 Il Dentascan**

Nei primi anni Novanta si sono diffusi programmi con software dedicati alle ricostruzioni multiplanari applicate alla diagnostica dentale come il Dentascan.

Tale software, sfruttando il pacchetto delle immagini TC assiali, consente di realizzare ricostruzioni elettroniche, simil-panoramiche, su piani obliqui e, inoltre, di ottenere ricostruzioni verticali seriate o parassiali, perfettamente ortogonali, in ogni punto, all'arcata dentaria studiata (27,33).

Il Dentascan permette quindi di ottenere ricostruzione elettronica in piani dedicati a partire da un'acquisizione assiale o volumetrica diretta.

### *Tecnica*

Per una corretta acquisizione dei dati, è fondamentale il corretto posizionamento del capo del paziente.

Per quanto riguarda l'arcata mascellare, occorre posizionare il capo del paziente parallelo al sistema di rilevazione dei dati, mentre per l'arcata mandibolare occorre sistemare il capo in iperestensione.

La tecnica prevede l'esecuzione di scansioni assiali contigue, con spessore di 0.5-1 mm, con durata di scansione di 1 secondo.

La matrice di esecuzione è 512x512, estesa a comprendere l'intera altezza dell'arcata studiata.

Lo studio deve comprendere i recessi alveolari dei seni mascellari e il margine inferiore della mandibola, e richiede circa 30-40 scansioni assiali per ciascuna arcata dentaria.

Il passo successivo consiste nell'elaborazione dei dati.

I dati volumetrici acquisiti con TC spirale vengono rielaborati in una fase successiva, senza esporre il paziente ad un'ulteriore irradiazione.

L'operatore, in fase di elaborazione, ha a disposizione un volume continuo di dati dal quale può ricavare immagini con possibilità di sovrapposizione o di perfetta contiguità.

Quindi con questo programma, una volta stabilita un'immagine assiale di riferimento, dove siano facilmente individuabili il contorno della mandibola o del mascellare superiore, l'operatore traccia su di essa una linea curva che sia equidistante dai margini dell'arcata in oggetto, fissando una serie di punti mediante un cursore comandato da un mouse (50,147).

Il programma realizza così:

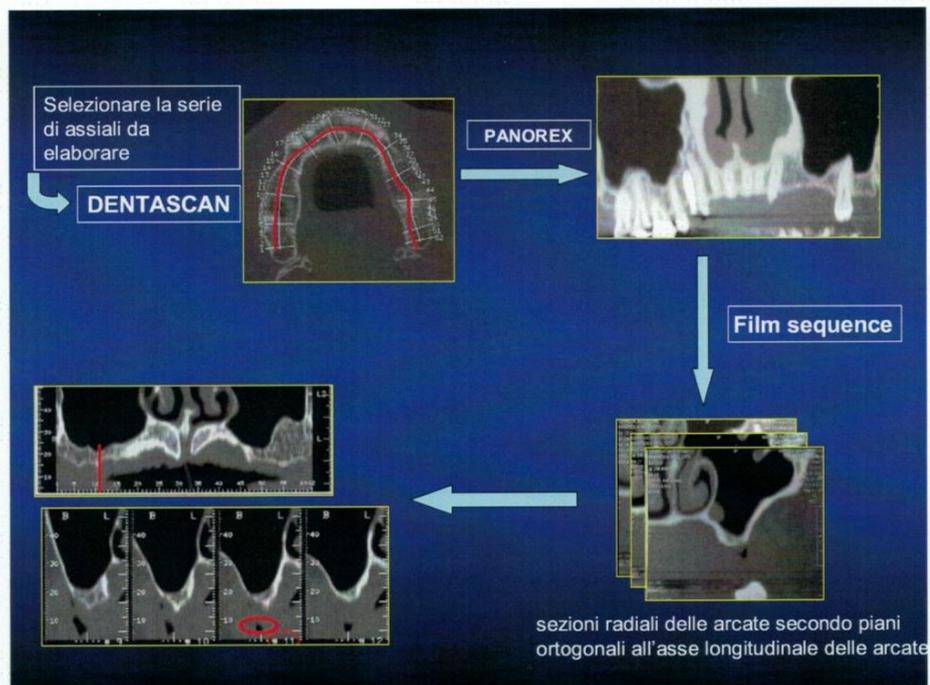
- ricostruzioni cosiddette PANOREX (mediante un piano curvo lungo l'asse principale della mandibola o del processo alveolare del mascellare)

- ricostruzioni multiplanari (MPR) oblique al piano curvo.

La ricostruzione PANOREX (**fig.5.1**) permette di studiare strutture che si sviluppano nello spazio in modo complesso.

La ricostruzione multiplanare (MPR) (**fig.5.2**) consente di ricostruire un piano, dalle fette acquisite in assiale, e di orientarlo lungo tutti i piani dello spazio, così da poter eseguire le misurazioni necessarie.

La MPR obliqua, invece, permette di avere sezioni radiali delle arcate secondo piani ortogonali all'asse longitudinale delle arcate stesse, per poter studiare la morfologia e gli spessori delle corticali e della spongiosa (ad es. la distanza della cresta alveolare dal canale osseo del nervo mandibolare) (34).



**Fig.5.1 Ricostruzioni**

## 5.2 Indicazioni al Dentascan

Valutazione completa e panoramica dell'arcata studiata:

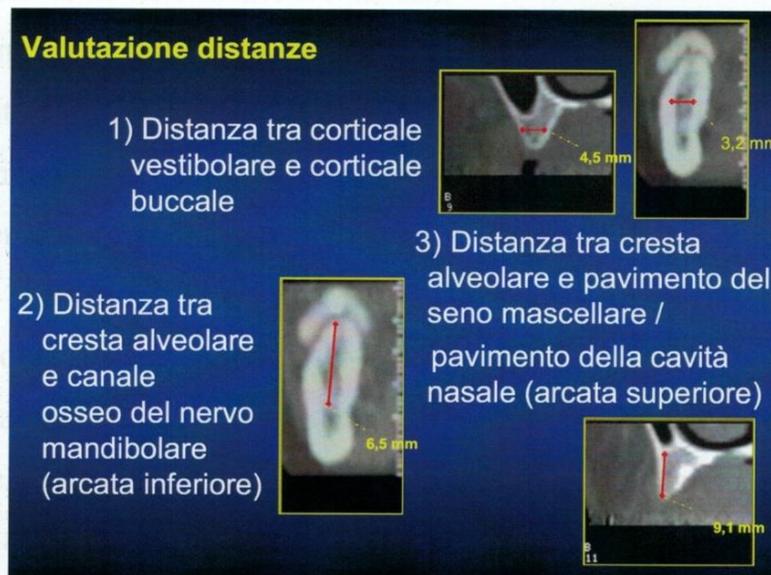
- valutazione degli elementi dentari, soprattutto gli ottavi (vedere se sono inclusi, trasversoposti, i rapporti con il nervo mandibolare)
- formazioni litiche e cistiche (es. cisti follicolari; addensamenti ossei).

Valutazione pre-implantologica:

- densità del tessuto osseo (**fig.5.3**)
- distanza della cresta alveolare dalle cavità sinusali e nasali nel mascellare (**fig.5.4**)
- distanza della cresta alveolare dal canale osseo del nervo mandibolare (**fig.5.4**)
- spessore osseo vestibolo-linguale o vestibolo-palatino
- esclusione di eventuali lesioni focali



**Fig.5.3** Valutazione densità ossea



**Fig.5.4** Valutazione distanze

Valutazione post-implantologica:

- osteointegrazione
- scelta della tecnica chirurgica
- caratteristiche del carico protesico
- disegno dell'impianto
- biocompatibilità del materiale alloplastico

Tutte le misurazioni eseguite vengono riportate sulla pellicola nel rapporto 1:1.

Una facilitazione può essere rappresentata dall'utilizzo delle **dime radiologiche**, integrate in una protesi mobile, che il paziente posiziona in bocca al momento dell'esame Dentascan.

Queste sono mascherine diagnostiche per tomografia assiale provviste di fondamentali reperi di riferimento che hanno utilità nella prima fase di pianificazione del trattamento chirurgico-ricostruttivo, al fine di consentire l'inserimento di impianti in posizione utile dal punto di vista protesico.

Durante l'esame TC le scansioni devono essere orientate perpendicolarmente ai reperi.

Successivamente con il Dentascan si processano le sezioni orizzontali assiali, rielaborandole perpendicolari ad una linea curva che l'operatore ha disegnato attraverso tutti i reperi (72).

Con la sezione TC eseguita con la dima radiologica, è possibile evidenziare la discrepanza trasversale tra la cresta residua e l'ideale posizionamento degli elementi dentari.

Ciò consente al clinico di incorporare il suo piano terapeutico tridimensionale nell'immagine, cosicché il risultato finale apparirà nelle immagini, consentendo di valutare appieno la correttezza delle previste scelte chirurgiche e protesiche, in modo da poterle trasferire sul paziente con maggior precisione possibile.

Il corretto posizionamento degli impianti osteointegrati assicura il successo a lungo termine della ricostruzione protesica dentale.

Sebbene il posizionamento impiantare sia altamente prevedibile, le limitazioni anatomiche e le esigenze protesiche spesso richiedono un'accurata pianificazione iniziale e la sua fedele trasposizione in sede chirurgica.

Negli ultimi anni le tecnologie CAD/CAM ha avuto forti sviluppi in campo dentale (protesico e chirurgico) (95).

Oggi è disponibile un linguaggio interattivo di pianificazione, basato su sistemi TC, che consente di riportare fedelmente in ambito chirurgico il posizionamento virtuale delle fixatures con utilizzo di guide stereolitografiche.

Utilizzando la tecnologia CAD (Computer Aided Design) software Simplex (Materialise) prevede una pianificazione iniziale attraverso una Chirurgia Virtuale e l'asportazione degli impianti al Personal Computer tramite l'interazione del software con l'esame TC del paziente (74).

L'elaborazione e la conversione dei dati originali DICOM ottenuti alla TC permettono la ricostruzione grafica tridimensionale dei mascellari e della protesi radiopaca (Scan Prosthesis o Protesi Scannografica) realizzata appositamente per la scansione radiologica.

## Capitolo 6

### **Planning implantologico per mezzo del software Simplant**

Il corretto posizionamento degli impianti osteointegrati assicura il successo a lungo termine della riabilitazione protesica dentale.

Sebbene il posizionamento implantare sia altamente prevedibile, le limitazioni anatomiche e le esigenze protesiche spesso richiedono un'accurata pianificazione iniziale e la sua fedele trasposizione in sede chirurgica.

Negli ultimi anni la tecnologia CAD-CAM ha avuto forti espansioni in campo dentale (protesico e chirurgico) (95).

Oggi è disponibile un programma interattivo di pianificazione, basato su scansioni TC, che consente di riportare fedelmente in ambito chirurgico il posizionamento virtuale delle fixtures con utilizzo di guide stereolitografiche.

Utilizzando la tecnologia CAD (Computer Aided Design) il software Simplant (Materialise) prevede una pianificazione iniziale attraverso una chirurgia virtuale e l'inserimento degli impianti al Personal Computer tramite l'interazione del software con l'esame TC del paziente (72).

L'elaborazione e la conversione dei dati originali DICOM ottenuti alla TC permettono la ricostruzione grafica tridimensionale dei mascellari e della protesi radiopaca (Scan Prosthesis o Protesi Scannografica) realizzata appositamente per la scansione radiologica.

Secondo i dati provenienti dalla letteratura, Scan Prothesis (**fig 6.1**) si ottiene aggiungendo alla resina solfato di bario al 20% per gli elementi dentali e al 10% per il base plate.

L'individuazione radiologica dei tessuti molli è fondamentale affinché la protesi scannografica sia confezionata in modo da aderire perfettamente alla mucosa in ogni suo punto.

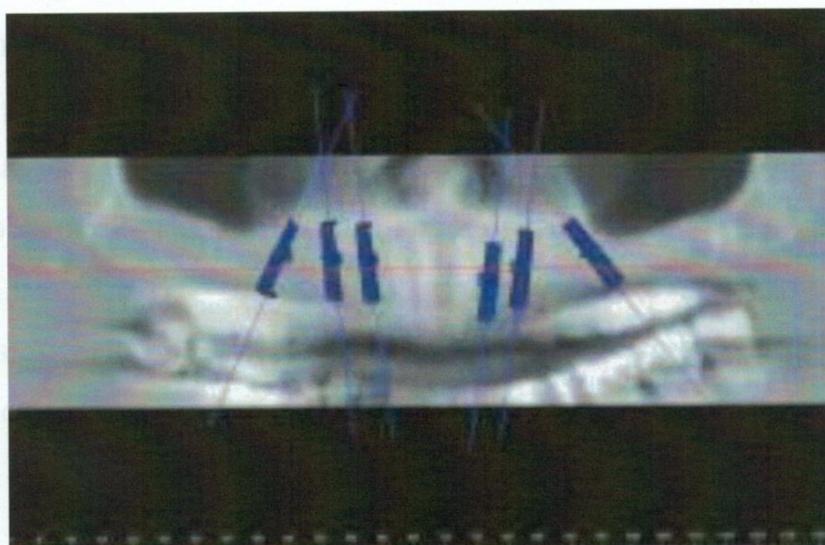


**Fig.6.1 Scan Prosthesis radiopaca**

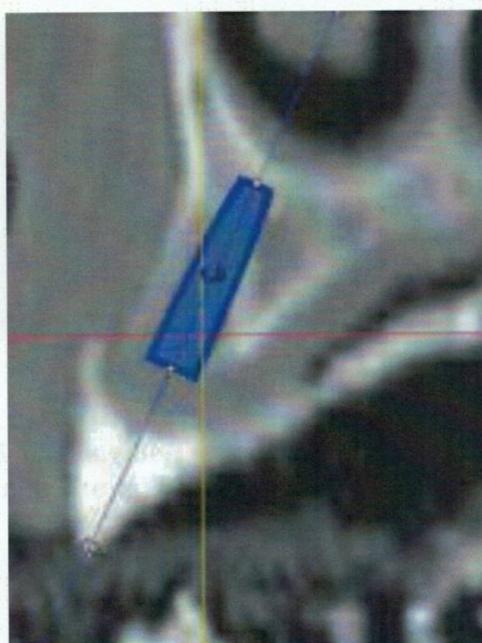


**Fig.6.2 Scan Prosthesis riprodotta tridimensionalmente dalla TC e visualizzata mediante l'uso del software SIMPLANT**

Gli impianti, selezionati dall'ampia libreria interna del software, sono inseriti virtualmente dal chirurgo (**fig 6.3**) con l'aiuto del Personal Computer e collocati con il mouse a suo piacimento nelle immagini tridimensionali dell'osso o nelle sezioni TAC reputate più idonee al ricevimento sia per considerazioni sull'assetto protesico sia in base alla qualità e alla quantità di osso.



**Fig.6.3 Immagine TC 2D con gli impianti inseriti virtualmente**

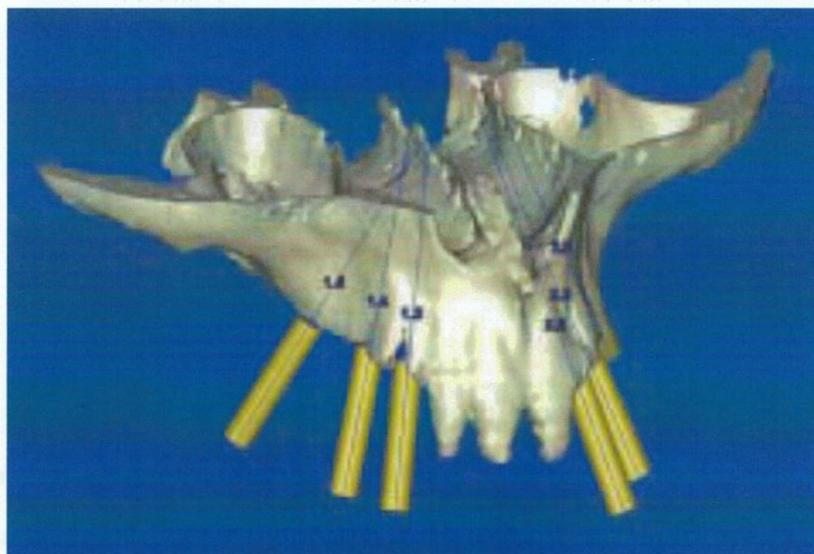


**Fig.6.4 Immagine TC 2D di una sezione obliqua**

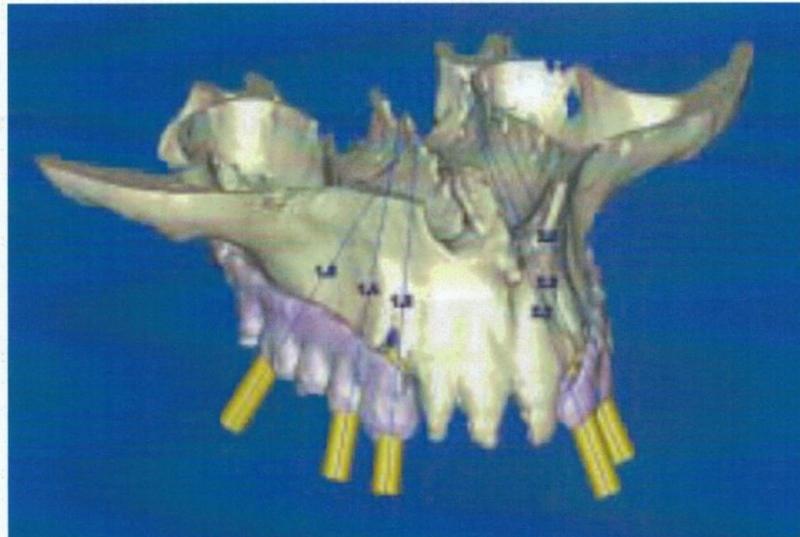
Il modello grafico dell'anatomia ossea conseguentemente all'elaborazione tridimensionale può essere misurato, capovolto, girato e ingrandito a proprio piacimento.

Le immagini 3D mostrano l'anatomia ossea usando tutti i pixel i cui valori secondo la scala Hounsfield corrispondono o sono superiori alla soglia stabilita.

In qualsiasi zona il software rende possibile la misurazione della qualità dell'osso in Unità Hounsfield (**fig.6.5**).



**Fig.6.5 Immagine TC 3D con gli impianti inseriti virtualmente ed il controllo 3D dell'osteotomia**



**Fig.6.6 Immagine TC 3D con impianti inseriti virtualmente ed il controllo del giusto posizionamento tridimensionale in relazione all'elemento dentale protesico corrispondente**

Possono essere stampati report cartacei o pdf molto esaurienti sulle qualità dell'osso e sulle proprietà dell'impianto.

Una volta che il software ha creato il file con gli impianti inseriti e che si è sicuri della loro corretta posizione protesica, il file viene salvato e inviato tramite posta elettronica, insieme a un Order Form contenente il protocollo chirurgico (numero di frese utilizzate e loro diametro) , al centro di produzione di Materialiste in Belgio per il processo di costruzione stereolitografico delle guide chirurgiche (SurgiGuides).

Utilizzando la tecnologia CAM (Computer Aided Manufacturing) le SurgiGuides sono riprodotte mediante un fascio laser guidato dal computer

che polimerizza una resina acrilica liquida attraverso una serie di strati(stereolitografia) (48,52,117,118,139).

La resina, una volta indurita,contiene gli spazi per i cilindri guida in acciaio i quali vengono successivamente inseriti.

Una volta assemblata la SurgiGuide è pronta per l'uso clinico e nel giro di pochi giorni arriva in studio (**fig. 6.7**).



**Fig.6.7 Immagini delle SurgiGuides e dei differenti diametri dei cilindri guida per il passaggio delle frese durante la preparazione dei siti implantari**

Quindi la pianificazione attraverso l'interazione del software Simplant e i dati digitali originali DICOM della TC permettono al chirurgo un' ampia prevedibilità di successo degli impianti sia per la loro osteointegrazione sia per il loro corretto posizionamento protesico (72,95,132,133,135).

La possibilità di poter controllare l'osteotomia in maniera virtuale con il software Simplant e di riportare il progetto di pianificazione in sede

chirurgica con l'ausilio delle SurgiGuides assicura il chirurgo contro le erronee angolazioni, i danni alle strutture anatomiche inviolabili e lo scorretto posizionamento protesico degli impianti.

## **6.1 Protocollo di scansione per Siplant e SurgiGuides**

Il Siplant è un software della Materialise che utilizza immagini di alta qualità, ottenute con la TC , per fare una pianificazione preimplantologica . La qualità delle immagini ottenibili con questo tipo di software dipendono dalla capacità dello scanner della TC di produrre immagini assiali ad alta risoluzione tagliate sottilmente (di spessore sottile circa 1 mm).

È inoltre essenziale per la qualità delle immagini, che il laboratorio dove viene effettuata l'indagine sia preparato e segua correttamente il protocollo per la scansione .

Grazie ad immagini di alta qualità il piano preoperatorio può essere attuato con maggiore facilità e accuratezza.

Presso Materialise le SurgiGuides vengono messe a punto e create sia in base alle immagini ottenute con la TC che al piano preoperatorio.

Le SurgiGuides sono guide per le frese che indicano sia la posizione che l'orientamento degli impianti.

Queste sono usate per guidare il chirurgo secondo il progetto operatorio.

L'uso di un protocollo di scansione come linea guida, non solo serve ad ottenere una pianificazione più accurata, ma assicura anche un preciso adattamento delle SurgiGuides alle ossa mascellari e un risultato protesico soddisfacente per il paziente.

### **6.1.1 Preparazione del paziente**

- Rimuovere le protesi mobili che contengano metallo o qualsiasi altro oggetto metallico che può interferire durante la scannerizzazione
- Se il paziente ha una Scan Prosthesis deve indossarla durante l'esame.
- Mettere il paziente supino sul piano per la scansione e muoverlo all'interno della piattaforma partendo dalla testa.
- Il paziente deve rimanere in una posizione confortevole senza muoversi, ricordandosi solo di respirare normalmente senza muovere la testa o deglutire.

### **6.1.2 Allineamento del paziente**

Per un corretto allineamento, il piano della sezione transassiale della TC deve essere parallelo al piano oclusale.

Con un'inclinazione del Gantry pari a 0°.

Idealmente si dovrebbe determinare il piano oclusale utilizzando la Scan Prosthesis del paziente, se però il paziente non la possiede si usano i denti esistenti in arcata.

Nel caso in cui il paziente sia edentulo, o i denti restanti non permettano la facile determinazione del piano oclusale, la sezione transassiale si allinea alla cresta mandibolare.

Per stabilizzare la posizione è necessario utilizzare un ferma-testa provvisto di spugne, se l'orientamento della testa non è possibile in modo appropriato è meglio usare un Tabletop.

In entrambi i casi bisogna legare la testa in modo da impedire qualsiasi movimento.

Per verificare se la posizione del paziente è esatta può essere fatta una teleradiografia latero-laterale del cranio.

Durante la scannerizzazione è preferibile che il paziente abbia i mascellari semi-aperti; questo infatti diminuisce l'interferenza che può venirsi a creare tra una mascella interessata e l'altra.

Inoltre questa posizione dei due mascellari permette di isolare il piano oclusale dalle immagini.

### **6.1.3 Posizione della mandibola durante la scansione**

#### **6.1.3.1 Posizione del mascelle durante la scansione**

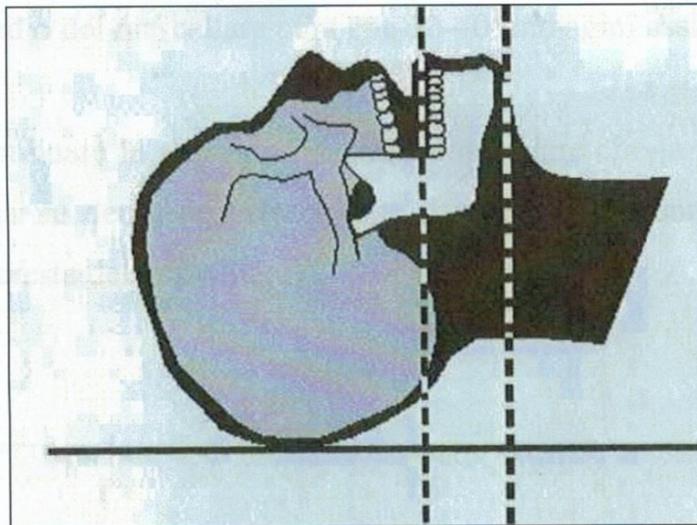
Posizionare la prima sezione al di sotto del bordo inferiore della mandibola e l'ultima sezione sul bordo oclusale dei denti inferiori o, in caso di edentulia, al di sopra del bordo superiore della cresta mandibolare (non ci dovrebbe essere osso nell'ultima sezione).

Se il paziente porta una Scan Prosthesis, bisogna posizionare l'ultima sezione al di sopra di questa.

Nell'ultima sezione non si devono vedere né denti né la Scan Prosthesis.

Un tipico studio della mandibola contiene dalle 40 alle 50 immagini, effettuate ad intervalli di 1 mm.

La prima sezione non contiene osso mandibolare.



**Fig 6.8** Posizione della mandibola

#### **6.1.4** Posizione del mascellare durante la scansione

Posizionare la prima sezione sul bordo occlusale dei denti superiori, o in caso di edentualia, proprio sotto il bordo inferiore della cresta dell'osso mascellare (la prima sezione non deve contenere osso).

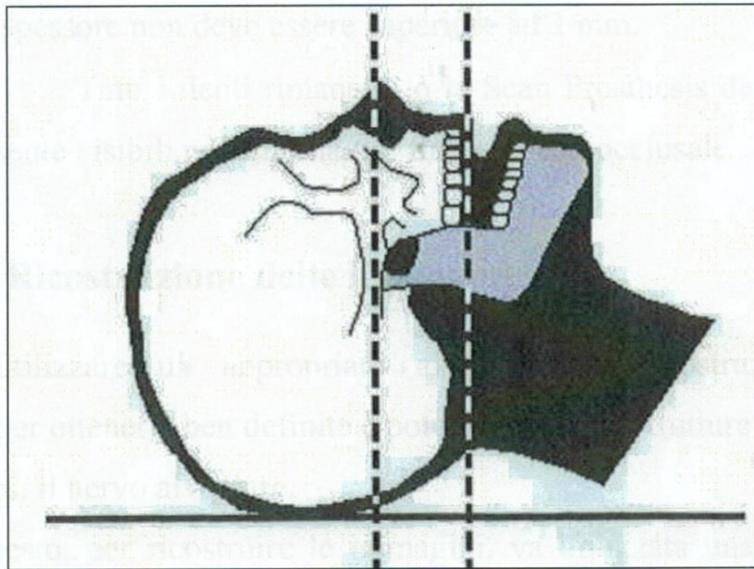
Se il paziente indossa una Scan Prosthesis, bisogna posizionare la prima sezione proprio al di sotto di questa.

Posizionare l'ultima sezione 4 o 5 mm al disopra del pavimento della cavità nasale, a meno che non ci siano altre indicazioni.

Se riguarda impianti a carico dello zigomo, l'ultima sezione deve essere posizionata nel centro dell'orbita.

Un tipico studio del mascellare contiene 30-40 immagini assiali distanti tra loro 1 mm.

Prima di continuare la scansione bisogna controllare che la prima sezione non contenga né denti, né protesi o se il paziente è edentulo nemmeno l'osso della cresta del mascellare.



**Fig.6.9 Posizione del mascellare**

### **6.1.5 Istruzioni generali per la scansione**

- Aggiustare l'altezza del tavolino così da centrare la mandibola o il mascellare nel campo di scansione.
- Tutte le sezioni devono avere lo stesso campo visivo, lo stesso centro di ricostruzione e la stessa altezza del tavolino.

- Usare un campo visivo (FOV) troppo grande può compromettere la risoluzione delle immagini; usare un campo visivo troppo piccolo può far sì che la mandibola non rientri in tutte le immagini assiali.
- Scannerizzare tutte le sezioni nella stessa direzione
- Effettuare la scansione utilizzando sempre lo stesso spazio tra le sezioni (che deve essere uguale o minore allo spessore della sezione stessa). Lo spessore non deve essere superiore ad 1 mm.
- Tutti i denti rimanenti o la Scan Prosthesis devono essere completamente visibili nelle immagini fino al piano oclusale.

### 6.1.6 Ricostruzione delle immagini

Bisogna utilizzare un appropriato algoritmo di ricostruzione delle immagini per ottenerle ben definite e poterle collocare strutture interne come per es. il nervo alveolare.

Oltre a questo, per ricostruire le immagini, va utilizzata una matrice da 512x 512 e un campo visivo che includa l'intera arcata (è raccomandabile un campo visivo tra 140 e 170 mm).

Sono richieste solo le immagini assiali che dovranno essere salvate nel formato prescelto (optical disk, cd,...) e mandate o al dentista o direttamente alla Materialiste.

|                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Matrice                     | 512 x 512                     |
| FOV                         | Tra 140 e 170 mm              |
| Spessore di strato          | 1 mm                          |
| Pitch                       | 1 mm                          |
| Intervallo di ricostruzione | 1 mm                          |
| Algoritmo di ricostruzione  | Per osso, ad alta risoluzione |
| Inclinazione del Gantry     | 0°                            |

## 6.2 Limiti del software Simplant

Nonostante si sia rivelato un software molto utile nella pianificazione pre-implantologica dal punto di vista sia del medico radiologo che, soprattutto, nelle mani dell'implantologo, il Simplant non è esente da limiti, che si possono così schematizzare:

- entità della dose radiante
- necessità di un'ottimale angolazione del Gantry in fase di acquisizione
- scarsa riproducibilità su supporto cartaceo

**Entità della dose radiante:** nonostante sia possibile eseguire l'esame TC delle arcate dentarie con tecnica a basso dosaggio, la quantità di radiazioni che vengono assorbite dal paziente è tutt'altro che trascurabile.

**Necessità di un'ottimale angolazione del Gantry in fase di acquisizione:** con il Simplant si ha un problema di giusta angolazione delle immagini, per cui è necessario che vengano forniti al radiologo i siti implantari, affinché l'acquisizione delle immagini venga effettuata parallelamente al canale osseo del nervo mandibolare o alla linea del palato duro.

Appare necessario attendere successive release del software con le quali sia possibile ottenere la giusta angolazione delle immagini mediante post-processing.

**Scarsa riproducibilità su supporto cartaceo:** l'esame viene rielaborato da un Personal Computer che necessita di collegamento ad un valido sistema di stampa per poter riportare su supporto cartaceo le immagini ottenute (non sussiste la possibilità di stampa su pellicola radiografica, come avviene per il Dentascan), con ulteriori problematiche relative alla scala di riproduzione delle immagini (che idealmente deve risultare di 1:1).

Il supporto di stampa risulta pertanto ipovalido rispetto a quelli precedentemente noti.

### 6.3 Esempio di pianificazione pre-impalntologica mediante software Simplant

Paziente di 59 anni, sesso femminile, con mandibola che all'esame clinico presenta un' edentulia bilaterale distale ( II classe di Kennedy).

L'esame TC , effettuato per valutare la possibilità di posizionamento di impianti, ha dimostrato la presenza di una atrofia della mandibola di classe III di Cawood-Howell (cresta alveolare post-estrattiva tardiva, con processo alveolare arrotondato, ma di adeguati altezza e spessore all'inserimento degli impianti).

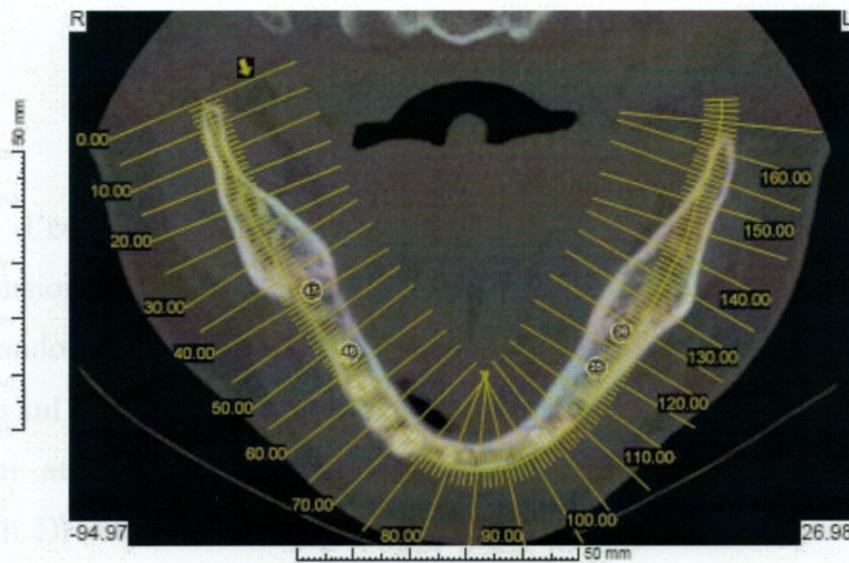
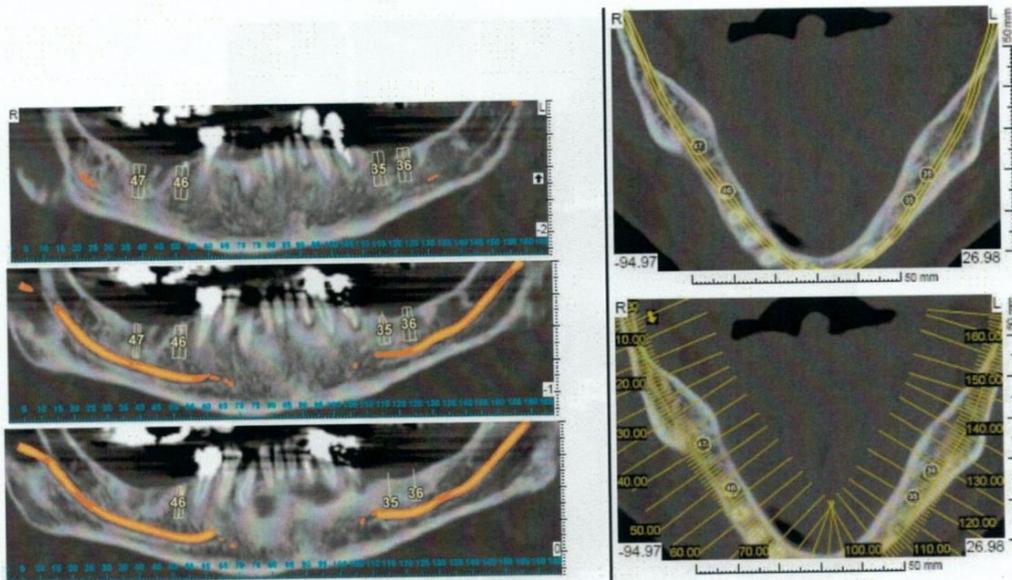


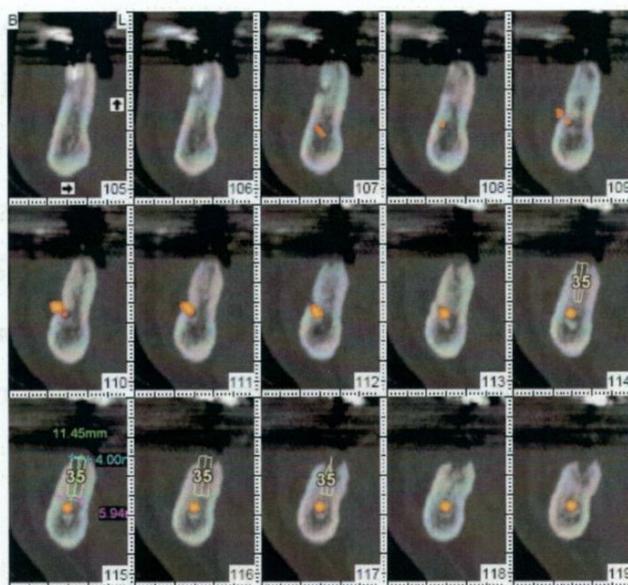
Fig.6.10 Immagine Simplant della paziente



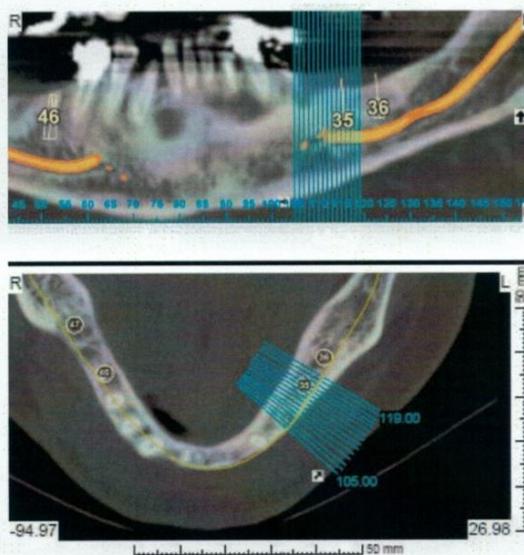
**Fig. 6.11 Immagini Siplant. Le 3 immagini panoramiche sono perpendicolari all'assiale di riferimento e sono equidistanti da quella centrale.**

Inoltre l'esame TC ha permesso la realizzazione di un modello tridimensionale della mandibola (**Fig. 6.15**).

Utilizzando questo modello è possibile effettuare una pianificazione virtuale sul Personal Computer dell'intervento con il posizionamento degli impianti attraverso il software Siplant, che interagendo con i dati originali DICOM della TC, permette al chirurgo un'ampia predittività di successo degli impianti, sia per la loro osteointegrazione, sia per il loro corretto posizionamento.



A)



B)

**Fig.6.12 A)-B) Le immagini trasversali sono perpendicolari all'assiale di riferimento e lo intersecano sulle linee tratteggiate blu sotto indicate; sono inoltre perpendicolari alla tangente al piano curvo delle panorex. Le immagini sono numerate da destra a sinistra del paziente e sono visualizzate in modo che la buccale sia posta alla nostra sinistra.**

La possibilità di controllare virtualmente il posizionamento degli impianti e di riportare il progetto di pianificazione in sede chirurgica con l'ausilio

delle SurgieGuides, assicura il chirurgo contro le erronee angolazioni delle frese, i danni a strutture anatomiche inviolabili e lo scorretto posizionamento protesico degli impianti.

Con le informazioni fornite dalle immagini dell'esame TC, rielaborate con il programma Simplant, è stato possibile prevedere in questa paziente un piano di trattamento che auspica il posizionamento di 5 impianti nelle zone edentule corrispondenti agli elementi dentari : 3.5; 3.6; 3.7; 4.6; 4.7.(Fig. 6.14).

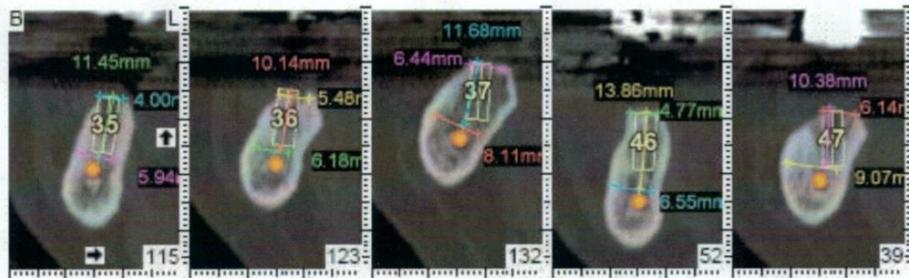


Fig.6.13 Misura dei parametri



Fig.6.14 Posizionamento degli impianti virtuali

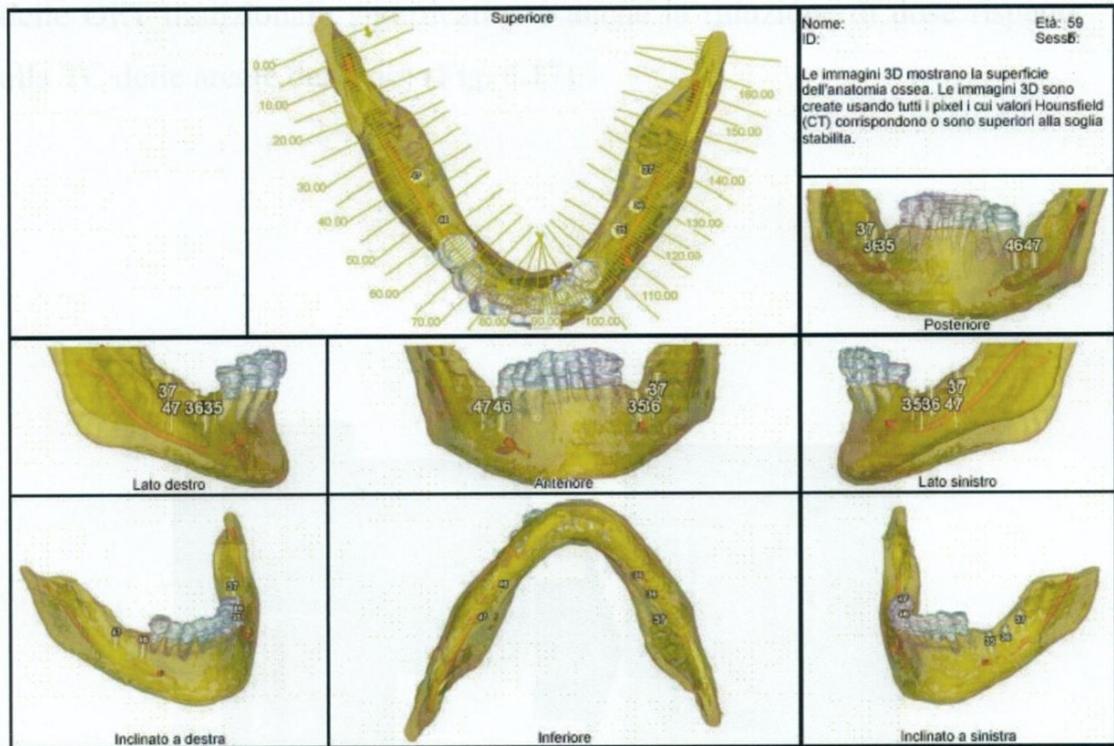


Fig.6.15 Immagini tridimensionali della mandibola effettuate con software

### Simplant

#### 6.4 Nuove tecnologie nel campo della pianificazione pre implantologica: Planmeca ProMax 3D

La Planmeca ha recentemente commercializzato un'apparecchiatura denominata ProMax 3D, la quale sfrutta i principi della TC medica per l'acquisizione di immagini in formato DICOM che consentono di effettuare Ortopantomografie digitali, Teleradiografie digitali e studi 3D delle arcate dentarie con dose di esposizione ridotta rispetto alle metodiche

medicali (es. per un'OPT la dose assorbita è pari ad un decimo di quella delle OPT tradizionali; significativa è anche la riduzione di dose rispetto alla TC delle arcate dentarie) (**Fig. 6.17**).



**Fig.6.16** Apparecchiatura Planmeca ProMax 3D

Ridotto rispetto alla TC tradizionale è anche il volume irradiato, molto più limitato nel caso della ProMax 3D.

L'apparecchiatura consente un facile posizionamento del paziente (**Fig.6.16**) (in ortostasi; la posizione è simile a quella richiesta da un ortopantomografo tradizionale); non sussistono le consuete problematiche di tipo artefattuale grazie alla possibilità di utilizzare uno schermo piatto anziché curvo.



**Fig. 6.17 immagini di panoramica convenzionale e di panoramica 3D**

Il risparmio di dose radiante è dovuto essenzialmente all'utilizzo di acquisizione ad impulsi: tale tecnica consente inoltre di ridurre la distorsione delle immagini dovuta alla rotazione con un guadagno in chiarezza delle stesse.

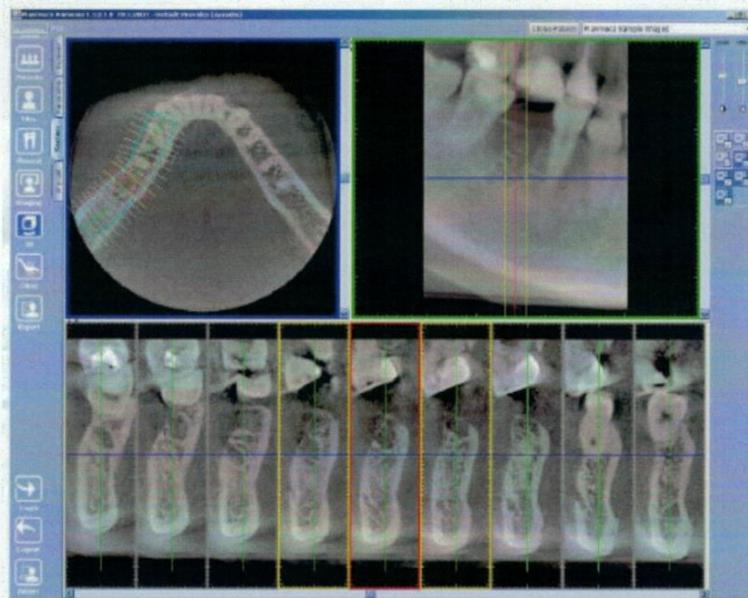
Il volume di dati acquisiti è cilindrico, di 8x8cm e 120 milioni di voxels (dimensioni del voxel 0,15mm per lato).

La dose di radiazioni (Kv e mA) viene automaticamente selezionata dall'apparecchiatura in base alle caratteristiche fisiche (dimensioni) del soggetto inserite dal tecnico, con eventuale possibilità di sovrascrittura dei dati stessi.

La grafica consente la contemporanea visualizzazione delle sezioni assiali, oblique, sagittali e delle immagini volumetriche; l'interazione rapida guidata tramite joystick consente un valido planning pre-implantologico, grazie alla possibilità di marcatura del canale osseo del nervo mandibolare e grazie anche alla possibilità di selezionare e scegliere differenti tipologie di impianto comprese nella memoria del programma.

Il Planmeca ProMax 3D funziona in maniera ottimale anche con software Simplant (nonché con altri software simili disponibili in commercio, quali Procera e Sirona Galileos).

L'esame in formato DICOM è disponibile su CD per il paziente.



**Fig.6.18 Programmazione di impianto: vista panoramica 3D con sezione trasversale regolabile; marcatura del nervo mandibolare; misurazioni; posizionamento impianto; modelli di impianti**

## Capitolo 7



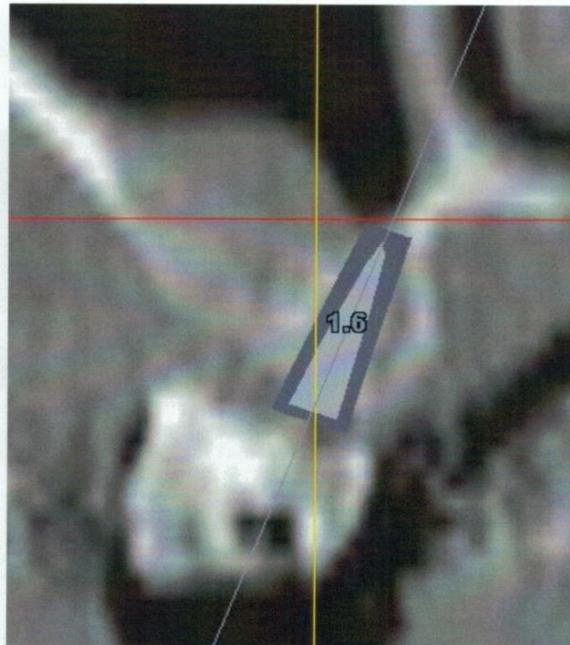
**Fig. 6.19** Planmeca ProMax funziona con Simplant

# Capitolo 7

## Casistica clinica

Il paziente D. G. di anni 44. L'anamnesi patologica prossima e remota non evidenzia nulla di rilevante al fine implantologico. Il paziente non è fumatore. L'esame intraorale mostra la mancanza di 15. e 16. Si è deciso di posizionare, con tecnica flapless, e caricare immediatamente numero due impianti nelle posizioni in esame.

Per la progettazione dell'intervento e la realizzazione delle mascherine è stato utilizzato il software SimPlant (Materialise). Inizialmente tramite la fase CAD si è simulato, tramite il personal computer, l'intervento di implantologia andando a studiare la direzionalità di inserzione ideale degli impianti (figure 7.1a e 7.1b).



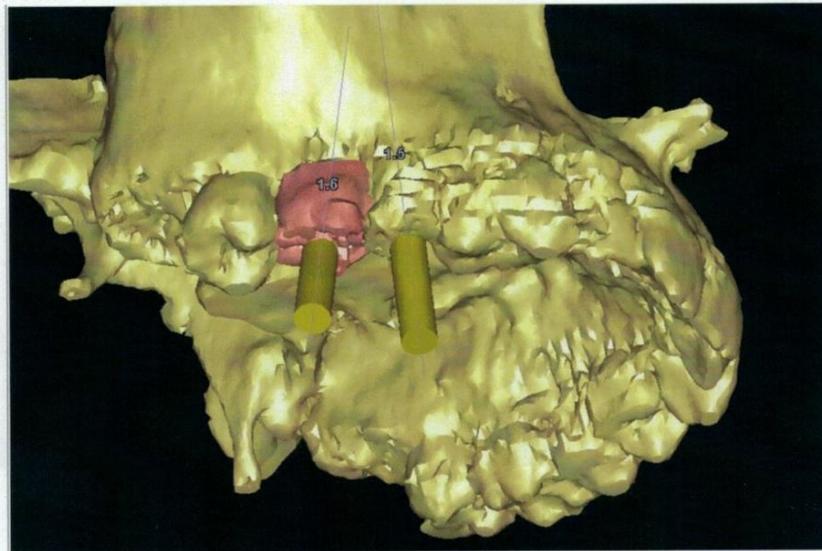


Figure 7.1a e 7.1b

Inoltre, si è studiato anche la qualità ossea presente nei siti implantari (figura 7.2) Una volta finita la fase di progettazione si è spedito il file alla sede di produzione che ha prodotto e fatto pervenire al professionista le mascherine chirurgiche per i diversi passaggi implantologici (figura 7.3).

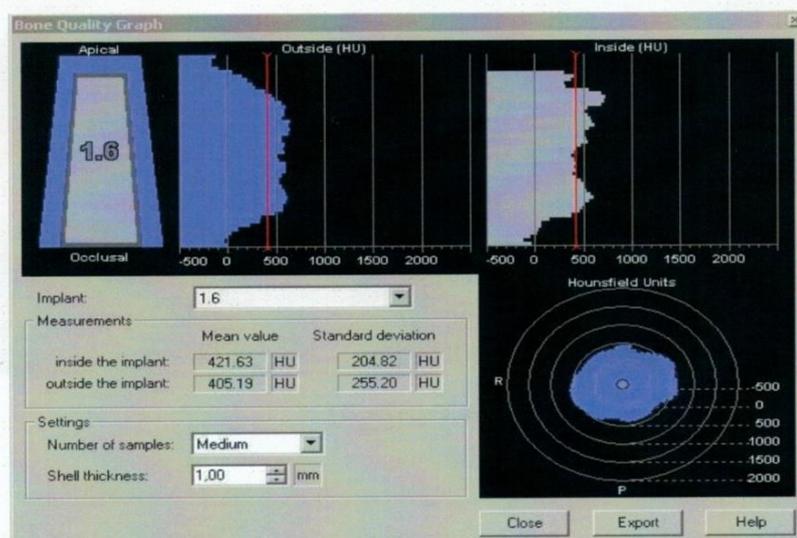


Figura 7.2



Figura 7.3

Mediante tali template chirurgici sono stati inseriti i due impianti con tecnica flapless (figura 7.4). Dopo conforto radiografico (figura 7.5) e dopo la valutazione dell'ISQ tramite Osstell si è proceduto al carico dei medesimi con due manufatti protesici avvitati (figure 7.6 e 7.7).

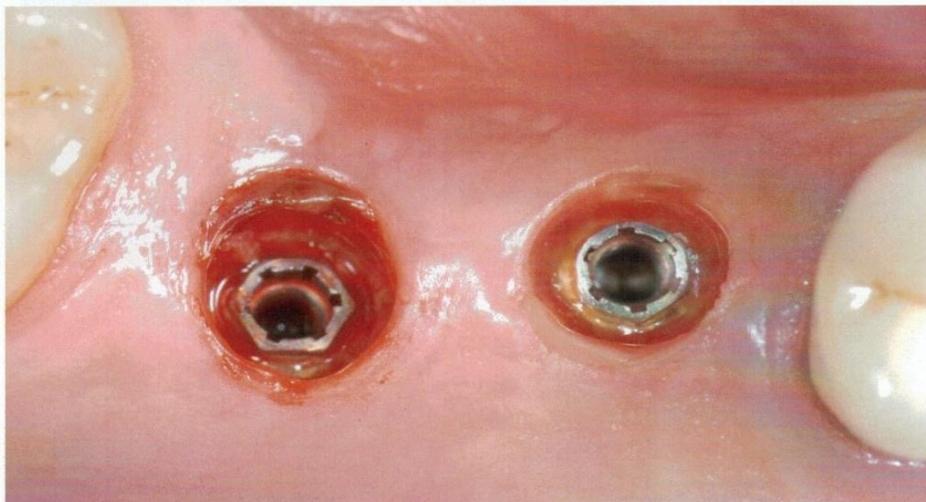


Figura 7.4

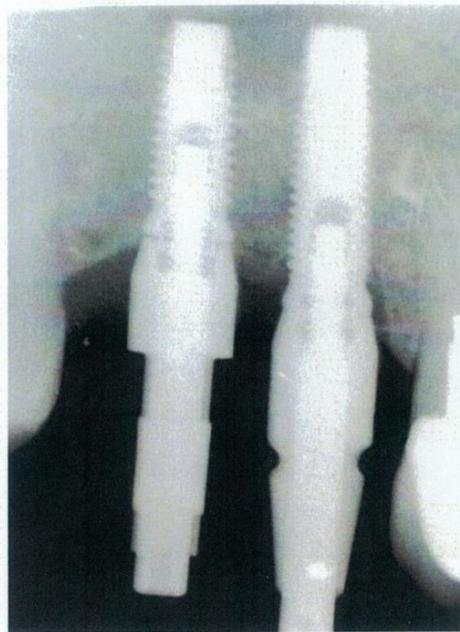


Figura 7.5



Figura 7.6

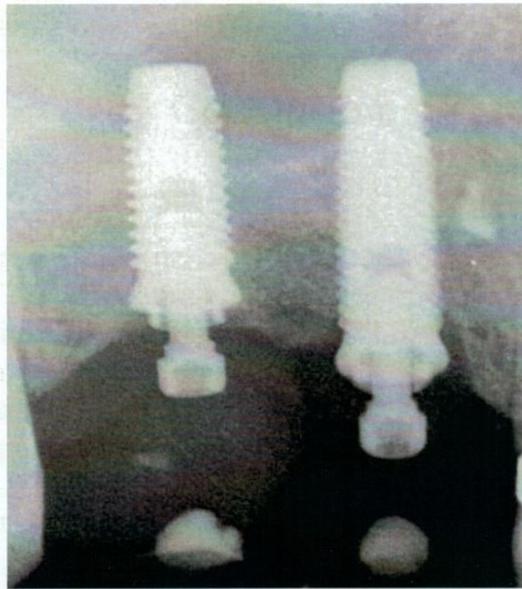


Figura 7.7

## Capitolo 8

### Conclusioni

Secondo l'esperienza della Scuola dell'Università Milano-Bicocca, questo tipo di software, che impiega la sinergia della tecnologia CAD/CAM, si è dimostrato semplice nel suo utilizzo ed innovativo, in quanto ha consentito all'odontoiatra di gestire personalmente il planning implantologico.

I vantaggi di questo sistema possono essere così riassunti:

1. analisi prechirurgica precisa della topografia del sito anatomico da trattare.
2. possibilità di valutare il miglior diametro e lunghezza implantare in relazione all'anatomia residua presente.
3. valutazione delle qualità ossea perimplantare secondo la scala Hounsfield.
4. possibilità di interrelazione reale tra posizione finale del restauro e posizione dell'impianto nelle ricostruzioni 3D.
5. eliminazione pressoché totale di incidenti intraoperatori e di variazioni di procedure stabilite.
6. riduzione evidente dei tempi delle sedute chirurgiche e protesiche.

È doveroso comunque ricordare che il software Simplant si dimostra accettabile se vengono fornite allo specialista le immagini assiali nei casi di planning implantologici di più siti implantari affinché non si abbiano errate angolazioni delle immagini stesse.

Recentemente sulla base del Simplant sono stati sviluppati nuovi software per la pianificazione implantologica, quale il Planmeca ProMax 3D, che consentono il superamento dei limiti presentati dallo stesso Simplant (elevata dose radioattiva assorbita dal paziente, difficoltà di riproduzione su pellicola radiologica, necessità di corretta inclinazione del Gantry in fase di acquisizione).

## BIBLIOGRAFIA

1. Abraham H. The role of diagnostic imaging in dental implantology. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
2. Abraham H. Anatomy of the jaw revisited with dental CT software program. *J Oral Maxillofac Surg* 1993; Vol 51 (8): 1017-1021

Pertanto è possibile affermare che il Simplant ha contribuito ad aprire una nuova fase nella pianificazione implanto-protesica, consentendo una diretta manovrabilità dei dati grezzi da parte dell'implantologo.

3. Lechner G, Lechner G, Brannath G. Long term follow up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1980; 9: 567-580
4. Anderson J, Kurl M. CT scan price & availability of radiographic implants in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987; Feb; 16 (1): 30-35
5. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
6. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
7. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
8. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
9. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
10. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
11. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
12. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
13. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180
14. Avramio C, Rangert B, Svanberg L. Implant technology leading to dental implants. *Quintessence Int* 1993; Vol 24 (1): 163-180

## BIBLIOGRAFIA

1. Abrahams JJ. The role of diagnostic imaging in dental implantology. *Radiol Clin North Am*:1993 Jan;31 (1): 163-180
2. Abrahams JJ. Anatomy of the jaw revisited with dental CT software program. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993 Jul-Aug; 14 (4): 979-990
3. Abrahams JJ, Kalyanpur A. Dental implants and dental CT software programs. *Semin Ultrasound CT MR* 1995 Dec; 16 (6): 468-486
4. Adell, Eriksson, Lekholm, Branemark, Jemt. A long term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous Jaws. *Int. J Oral Maxillofacial Imp.* 1990; 5: 347-349
5. Andersson L, Kurol M. CT scan prior to installation of osseointegrated implants in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1987 Feb; 16 (1): 50-55
6. Aparicio C, Rangert B, Sennerby L. Immediate/early loading of dental implants: a report from the Sociedad Espanola de Implantes World Congress consensus meeting in Barcelona, Spain, 2002. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2003;5 (19): 57-60
7. Bahat O, Bracchetti A, Daftary F, Bracchetti G. Treatment planning and placement of implants in the posterior maxillae: report of 732 consecutive Nobelpharma implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1993a ;8: 151-161
8. Baima RF. *Implantologia Avanzata.* USES. 1995
9. Balshi SF, Wolfinger GJ, Balshi TJ. Surgical planning and prosthesis construction using computer technology and medical imaging for immediate loading of implants in the pterygomaxillary region. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Jun; 26(3): 239-47
10. Barker T, Earwaker W, Lisle D. Accuracy of stereolithographics models of human anatomy. *Australas Radiol* 1994; 38: 106-111
11. Becker W, Goldstein M, Becker BE, Sennerby L. Minimally invasive flapless implant surgery: a prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005; 7 Suppl 1: S21-7
12. Beckers L. Positive effect of SurgiGuides on total cost. *Materialise Headlines* 2003; 1: 3
13. Benjamin LS. The evolution of multiplanar diagnostic imaging: predictable transfer of preoperative analysis to the surgical site. *J Oral Implantol.* 2002; 28(3): 135-44
14. Bianchi A, Sanfilippo F, Zaffe D. *Implantologia e Implantoprotesi: Basi biologiche, Biomeccanica, Applicazioni cliniche.* Utet 1999

15. Bianchi J, Fiorellini JP, Howell TH, Sekler J, Curtin H, Nevins ML, Friedland B. Measuring the efficacy of rhBMP-2 to regenerate bone: a radiographic study using a commercially available software program. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2004 Dec; 24 (6): 579-87
16. Besimo CE, Lambrecht JT, Guindy JS. Accuracy of implant treatment planning utilizing template-guided reformatted computer tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000 Jan; 29 (1): 46-51
17. Block MS, Kent JN, Guerra LR. *Implants in dentistry.* Philadelphia: Saunders. 1997: 17-45
18. Branemark PI, Breine U, Hansson BO, Lindstrom J, Ohlsson A. Intraosseous anchorage for Dental Prosthesis. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1969; 3: 81-93
19. Branemark PI, Hansson B, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O, Ohman A. *Osseointegrated Implants in the treatment of the edentulous jaw: Experience from a 10-year period.* Almqvist & Wiksell, Stockholm 1997
20. Branemark PI. Osseointegration and experimental background. *J Prost. Dent.* 1993
21. Brief J, Edinger D, Hassfeld S, Eggers G. Accuracy of image-guided implantology. *Clinic Oral Implants Res* 2005; 16: 495-501
22. Campelo LD, Camara JR. Flapless implant surgery: a 10-year clinical retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002 Mar-Apr; 17(2): 271-6
23. Casap N, Wexler A, Persky N, Schneider A, Lustmann J. Navigation surgery for dental implants: assessment of accuracy of the image guided implantology system. *J Oral Maxillofac Surg* 2004; 62: 116-9
24. Casap N, Wexler A, Tarazi E. Application of a surgical navigation system for implant surgery in a deficient alveolar ridge postexcision of an odontogenic myxoma. *J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Jul; 63 (7): 982-8
25. Casap N, Tarazi E, Wexler A, Sonnenfeld U, Lustmann J. Intraoperative computerized navigation for flapless implant surgery and immediate loading in the edentulous mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005 Jan-feb; 20(1): 92-8
26. Casselman JW, Deryckere F, Robert Y, Declercq C, Neyt L, Pattyn G, Meeus L, Vandevoorde P, Steyaert L, Devos V. DentaScan: CT software program used in the anatomic evaluation of the perspective of endosseous implant surgery. *Rofo* 1991 Jul; 155 (1): 4-10

27. Casselman JW, Deryckere F, Robert Y, Declercq N, Neyt L. DentaScan: programme of x-ray computed tomographic reconstruction used for the mandible and maxilla in preoperative assessment of dental implants. *Ann Radiol (Paris)* 1990; 33 (7-8): 408-417
28. Cattaneo L. *Compendio di Anatomia Umana*. Bologna: Monduzzi Ed.; 1986
29. Cawood J, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Surg.* 1988; 17: 233-236
30. Chiapasco M, Romeo E. *La riabilitazione Implantoprotesica nei casi complessi*. Utet 2003
31. Chow J, Hui E, Lee PK, Li W. Zygomatic implant-protocol for immediate occlusal loading: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg.* 2006 May; 64(5): 804-11
32. Clancy J, Koorbusch G. Implant-population analysis and longitudinal success of Branemark-type implants at the University of Iowa. *Int J Oral Implantol* 1991; 8: 103-109
33. Dandrau JP, Pharaboz G, Bellavoir A. DentaScan in dental implantation. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 1992; 93(4): 263-266
34. Del Balso AM, Greiner FG, Licata M. Role of diagnostic imaging on evaluation of the dental implant patient. *RadioGraphics.* 1994; 14: 699-714
35. Di Giacomo GA, Cury PR, de Araujo NS, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical application of stereolithographic surgical guides for implant placement: preliminary results. Department of Periodontics and Implantology, School of Dentistry, University of Santo Amaro, Sao Paulo, Brazil
36. Engstrom H, Sagnes. Correlazioni di carattere anatomico tra il canale mandibolare e il terzo molare inferiore. *Sved Dent J.* 1980; 1: 77-80
37. Erickson D, Chance D, Schmitt S, Mathis J. An opinion survey of reported benefits from the use of stereolithographic models. *J Oral Maxillofac Surg* 1999; 57: 1040-1043
38. Ewers R, Schico K, Undt G, Wanschitz F, Truppe M, Seemann R, Wagner A. Basic research and 12 years of clinical experience in computer-assisted navigation technology: a review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Jan; 34(1): 1-8
39. Favero GA. *Osseointegrazione Clinica: I principi di Branemark*. Milano: Masson Ed.; 1995
40. Fischman EK, Magid D, Ney DR, et al. Three-dimensional imaging. *Radiology.* 1991; 181: 321-337

41. Fortin T, Bosson JL, Coudert JL, Isidori M. Reliability of preoperative planning of image-guided system for oral implant placement based on 3-dimensional images: an in vivo study. *Int Oral Maxillofac Implants*. 2003 Nov-dec; 18(6): 886-93
42. Fortin T, Champleboux G, Bianchi S, Buatois H, Coudert JL. Precision of transfer of preoperative planning for oral implants based on cone-beam CT-scan images through a robotic drilling machine. *Clin Oral Implants Res*. 2002 Dec; 13(6): 651-6
43. Fortin T, Isidori M, Blanchet E, Perriat M, Bouchet H, Coudert JL. An image-guided system-drilled surgical template and trephine guide pin to make treatment of completely edentulous patients easier: a clinical report on immediate loading. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2004; 6(2): 111-9
44. Fucci G, Meoli S. New imaging with computer tomography in dental implantology. *Radiol Med (Torino)*. 1992 Jul-Aug; 84(1-2): 7-10
45. Gallini G, Maffei R. Il canale mandibolare in chirurgia impiantare. *Denatl Cadmos*. 1984; 16: 48-57
46. Gallini G, Merlini C, Maffei R. Limite anatomico all'insediamento di impianti: invasione del seno mascellare. *Dental Cadmos*. 1994; 3: 48-55
47. Ganz SD. Presurgical planning with CT-derived fabrication of surgical guides. *J Oral Maxillofac Surg*. 2005 Sep; 63 (9 Suppl 2): 59-71
48. Ganz SD. Use of stereolithographic models as diagnostic and restorative aids for predictable immediate loading of implants. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2003 Nov-Dec; 15(10): 763-71; quiz 772
49. Gaeg AK, Chacon G. Anatomic consideration in oral implantology. *Implant. Soc*. 1994; 4(5): 7-11
50. Gorgarnoiu D, Cavanaugh RR. Three-dimensional CT scan analysis for implant-supported fixed prosthesis. *Compend Contin Educ Dent* 1999 Sep; 20 (9): 855-860, 862, 864 passim; quiz 868
51. Gowgiel JM. The position and course of the mandibular canal. *J Oral Implantol*. 1992; 18(4): 383-385
52. Graham Magee. 3D imaging and laser fabricated surgical guides. *Dentistry* 2000; September
53. Habal MB. Cranofacial Surgery. In Habal MB, Reddi AH (eds). *Bone graft & bone substitute*. WB Saunders Company, Philadelphia (USA). 1992; 316-365
54. Hardesty RA, Marsh JL. Cranofacial onlay bone grafting: A prospective evaluation of graft morphology, orientation, and embryonic origin. *Plast Reconstr Surg*. 1990; 85(1): 5-14

55. Hurzeler MB, Kirsh A, Ackerman KL, Quinones CR.  
Reconstruction of the severely resorbed maxilla with dental implants in the augmented maxillary sinus: A 5-year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofacial Implants*. 1996; 11: 466-475
56. Hoffmann J, Westendorff C, Gomez-Roman G, Reinert S.  
Accuracy of navigation-guided socket drilling before implant installation compared to the conventional free-hand method in a synthetic edentulous lower jaw model. *Clin Oral Implants Res*. 2005 Oct; 16(5): 609-14
57. Hoffmann J, Westendorff C, Schneider M, Reinert S.  
Accuracy assessment of image-guided implant surgery: an experimental study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 May-Jun; 20(3): 382-6
58. Ichikawa T, Miyamoto M, Horisaka Y, Horiuchi M.  
Radiographic analysis of a two piece apatite implant: Part 2. Preliminary report of 2 years. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1994; 9(2): 214-222
59. Ikumi N, Tsutsumi S.  
Assessment of correlation between computerized tomography values of bone and cutting torque values at implant placement: a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 Mar-Apr; 20(2): 253-60
60. Jeffcoat M, Jeffcoat RL, Reddy MS, Berland L.  
Planning interactive implant treatment with 3-D computed tomography. *J Am Dent Assoc*. 1991 Nov; 122(11): 40-44
61. Jacobs R, Mraiwa N, vanSteenberghe D, Gijbels F, Quirynen M.  
Appearance, location, course, and morphology of the mandibular incisive canal: an assessment on spiral CT scan. *Dentomaxillofac Radiol*. 2002 Sep; 31(5): 322-327
62. Jemt T.  
Failures and complications in 391 consecutively inserted fixed prostheses supported by Branemark implants in edentulous jaws: a study of treatment from the time of prosthesis placement and to the first checkup. *Int J Oral Maxillofacial Implants*. 1991; 6: 270-276
63. Jemt T.  
Trattamento implantare in pazienti anziani. *La rivista Int. di Odonto-protesi*. 1993; 5: 456-461
64. Karring T, Nyman S, Gottlow J et al.  
Development of the biological concept of guided tissue regeneration – animal and human studies. *Periodontology* 200. 1993; 1: 26-35
65. Kater W, Seeberger R, Davids R, Schafer D.  
CT assisted mandibular osteodistraction with reconstruction of the temporomandibular joint and two piece maxilla. *Mund Kiefer Gesichtschir*. 2006 Jan; 10(1): 50-5. German
66. Khayat P, Nader N.  
The use of osseointegrated implants in the maxillary tuberosity. *Pract Perio Aesthet Dent*. 1995; 6: 53-61

67. Kim MR, Chung HJ. Dental implants placed with bone grafts in the maxillary sinus floor. Acta 13th International Conferences on Oral and Maxillofacial Surgery. J Cranio-maxillo-Facial-Surg. (Supl.) Kyoto, October 1997; 20-24
68. Kitai N, Yasuda Y, Takada K. A stent fabricated on a selectively colored stereolithographic model for placement of orthodontic mini-implants. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg. 2002; 17(4): 264-6
69. Kniha H, Gahlert M, and Bier J. CT-unterstützte Navigation bei der Implantatinsertio unter besonderer Berücksichtigung der Sofortbelastung. Quintessenz 54, 1267-1279. 2003
70. Kramer FJ, Baethge C, Roshal S. Navigated vs. conventional implant for maxillary single tooth replacement. Clin Oral Implants Res. 2005 Feb; 16(1): 60-8
71. Kraut RA. Interactive CT diagnostics, planning and preparation for dental implants. Implant Centistry 1998; 7(1): 19-25
72. Kupeyan HK, Shaffner M, Armstrong J. Definitive CAD/CAM-guided prosthesis for immediate loading of bone-grafted maxilla: a case report. Clin Implant Dent Relat Res. 2006; 8(3): 161-7
73. Lair, McLaughlin EA. Gestione piano trattamento dei pazienti edentuli anziani. Rivista Int. di Odonto-protetica. 1986; 1: 129-138
74. Lal K, White GS, Morea DN, Wright RF. Use of stereolithographic templates for surgical and prosthodontic implant planning and placement. Part I. The concept. J Prosthodont. 2006 Jan-feb; 15(1):51-8
75. Langlad OE, Lainglais RP, Morris CR. Normal panoramic anatomy and ghost images. In: Langlad OE, Lainglais RP, Morris CR. Principles and practice of panoramic radiology. Philadelphia: WB Saunders; 1992
76. Langlad OE, Lainglais RP, Morris CR. Principi e pratica di radiologia panoramica. Verducci Editore. 1983
77. Leghista GC, Lavagna S. Gravi complicanze in chirurgia impiantare. Implantologia Orale. 4: 31-36, 1998
78. Linde J. Parodontologia e Implantologia Dentale. Edi. Ermes. 1998
79. Lojacono A, Ramieri G, De Giacomo PP et al. Le tecniche 3D nella progettazione delle riabilitazioni implantoprotesiche. In: Bianchi SD, Ramieri G. Tecnologie 3D in medicina. Napoli: G. Gnocchi; 1998; 45-50
80. Marino G, Canton A. Guida al successo in protesi mobile completa. Ed. G. Saccardin Martina. 1991
81. Marino G, Canton A. La protesi parziale rimovibile: dalla teoria alla pratica. Ed. Martina 2002; 7-10

82. Mason ME, Triplett RG, Alfonso WF. Life-threatening hemorrhage from placement of a dental implant. *J Oral Maxillofac Surg.* 1990; 48: 201-205
83. Meeall RA, Rosenfeld. Influenza del riassorbimento della cresta alveolare residua nei confronti della posizione degli impianti e dei denti . Parte I. *Riv Int Parodont Odont Ricostrut* 1991; 11: 9-23
84. Meyer U, Wiesmann HP, Runte C, Fillies T, Meier N, Lueth T Joos U. Evaluation of accuracy of insertion of dental implants and prosthetic treatment by computer-aided navigation in minipigs. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2003; 41: 102-8
85. Mimics 8.1 Reference Manual. Glen Burnie MD: Materialise, 2004
86. Misch CE. *L'odontoiatria implantare contemporanea*. Antonio Delfino Editore. 2000
87. Misch CE, Judy KWM. Classification of partially edentulous arches for implant dentistry. *Int J Oral Implant* 1997; 4: 7-12
88. Misch CE. Bone density and implant dentistry Alabama implant congress. 1987
89. Misch CE. Divisione di osso disponibile in implantologia. *Odont. E Implant. Prot.* 1993; 7: 1268-1278
90. Misch CE. Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing and progressive bone loading. *Int J Oral Implantol.* 1993; 6: 456-461
91. Misch CE. Bone classification training keys to implant success. *Dent today.* 1989; May: 39-44
92. Misch CE. Treatment planning and implant dentistry. Misch Implant Institute: ABS, 1985
93. Misch CE. Contemporary implant dentistry. Mosby Inc. St. Louis. 1993
94. Mischkowski RA, Zinser MJ, Neugebauer J, Kubler AC, Zoller JE. Comparison of static and dynamic computer-assisted guidance methods in implantology. *Int J Comput Dent.* 2006 Jan; 9(1): 23-35
95. Mizuki N, et al. Implant simulation using personal computer system. Characteristic of SIM/Plant. *Quintessence* 1997; 16: 1244-9
96. Mupparapu M, Singer SR. Implant imaging for dentist. *J Can Dent Assoc.* 2004 Jan; 70(1): 32
97. Naitoh M, Ariji E, Okumura S, Ohsaki C, Kurita K, Ishigami T. Can implants be correctly angulated based on surgical templates used for osseointegrated dental implants?. *Clin Oral Implants Res.* 2000 Oct; 11(5): 409-14
98. Ngan DC, Kharbanda OP, Geenty JP, Darendeliler MA. Comparison of radiation levels from computed tomography and

- conventional dental radiographs. *Aust Orthd J.* 2003 Nov; 19(2): 67-75
99. Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res.* 2001 Feb; 12(1): 79-84
  100. Otake S. *Oral Implantology.* Ed. Piccin Padova. 1990
  101. Parel SM, Triplett RG. Interactive imaging for implant planning, placement, and prosthesis construction. *J Oral Maxillofac Surg.* 2004 Sep; 62(9 Suppl2): 41-7
  102. Parr GR, Gardener LK, Toth RW. Titanium: the mystery metal of implant dentistry. *Dental material aspects. J Prosth Dent.* 1985; 54, 3: 410-413
  103. Pasler FA. *Radiologia dentale.* Masson. 1986
  104. Pentrugaro PS. Immediate restoration of implants utilizing a flapless approach to preserve interdental tissue contours. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2005 Mar; 17(2): 151-8; quiz 160
  105. Pierazzini A. *Radiologia Implantologia Uses.* 1994; 127-133
  106. Popat A. Rapid prototyping and medical modeling. *Phidas Newsletter* 1998; 1: 10-12
  107. Poukens J, Haex J, Verdonck H, Riediger D. Study on the accuracy of stereolithographic surgical guides in dental implantology. *Phidas Newsletter* 2002; 8: 8-14
  108. Randelzhofer P, de la Barrera JM, Spielberg M, Kurtz C, Strub JR. Three-dimensional navigation in oral implantology: a preliminary investigation. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2001; 21: 617-26
  109. Redl P, Hegedus C, Szilagy Z, Kollar J, Sikula J. Computer tomography in implantology. *Fogorv Sz.* 1995 May; 88(5): 169-172
  110. Rodriguez A, Anastassov GE, Lee H, Buchbinder D, Wettan H. Maxillary sinus augmentation with deproteinized bovine bone and platelet rich plasma with simultaneous insertion of endosseous implants. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003 Feb; 61(2): 157-63
  111. Rocci A, Martignoni M, Gottlow J. Immediate loading in the maxilla using flapless surgery, implants placed in predetermined position, and prefabricated provisional restorations: a retrospective 3-year clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2003; 5 Suppl 1: 29-36
  112. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 1:

- diagnostics, imaging, and collaborative accountability. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Jun; 26(3): 215-21
113. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PG. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 2: rapid-prototype medical modelling and stereolithographic drilling guides requiring bone exposure. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Aug; 26(4): 347-53
  114. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PG. Prosthetically directed implant placement using compute software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcomes. Part 3: stereolithographic drilling guides that do not require bone exposure and the immediate delivery of teeth. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Oct; 26(5): 493-9
  115. Salonen MA, Oikarinen. Clinical and radologic assessment of possibilities for endosseus implants and osseointegrated prostheses in 55 years old edentulous subyects. *Acta odontol. Scand.* 1994; 52(1): 25-32
  116. Sammartino G, Della Valle A, Marenzi G, Gerbino S, Martorelli M, di Lauro AE, di Lauro F. Stereolithogrphy in implantology: a comparison of surgical guides. *Implant Dent.* 2004 Jun; 13(2): 133-9
  117. Sarment DP, Al-Shammari K, Kazor CE. Stereolithogrphic surgical templates for placement of dental implants in complex cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003 Jun; 23(3): 287-95
  118. Sarment DP, Sukovic P, Clithorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003 Jul-Aug; 18(4): 571-7
  119. Scabbia A, Tampieri A, Trombelli L. I materiali bioceramici osteoconduttivi e il loro ruolo come sostituti dell'□fosso. *Impl Orale* 2003; 4: 9-25
  120. Schirotli G. Immediate tooth extraction, placement of a Tapered Screw-Vent implant, and provisionalization in the esthetic zone: a case report. *Implant Dent.* 2003; 12(2): 123-31
  121. Schlieper J, Brinkmann B, Metz HJ. CT Computerized-Schablonen gestutze Planung der Implantat-und Magnetposition bei der epithetischen Versorgung von Gesichtsdefeckten. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2001; 5: 22-7
  122. Schultze-Mosgau S, Keweloh M, Wiltfang J, Kessler P, Neukam FW. Histomorphometric and densitometric changes in bone volume and structure after avascular bone grafting in the

- extremely atrophic maxilla. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2001 Dec; 39(6): 439-47
123. Shavladze ZN, Nalapko VI, Rabukhina NA, Kulakov AA, Dmitrova AG. Use of X-ray techniques in dental implantology. *Stomatologia (Mosk)* 2002; 81(6): 34-37
  124. Shohat M, Tal C. Image guided dental implantology. *Refuat Hapeh Vehashinayim.* 2005 Jan; 22(1): 60-4, 87
  125. Sicher: *Anatomia Orale.* Edi. Ermes. 1988
  126. Siessegger M, Schneider BT, Mischkowski RA, Lazar F, Krug B, Klesper B, Zoller JE. Use of an image-guided navigation system in dental implant surgery in anatomically complex operation sites. *J Craniomaxillofac Surg* 2001; 29: 276-81
  127. Simon H. Use of transitional implants to support a surgical guide: enhancing the accuracy of implant placement. *J Prosthet Dent.* 2002 Feb; 87(2): 229-32
  128. Smeeth M.J.D. *Radiografia e Radiologia per il medico dentista.* Ediz. Scienza e tecnica dentistica internazionale. 1997
  129. Società Italiana di Parodontologia (SIpP). *Impianti Osseointegrati: Indicazioni, Controindicazioni, Procedimenti Diagnostici e Operativi.* Gubbo, 23 Sett. 2000
  130. Summers RB. Maxillary implant surgery: the osteotomie technique. *Compend Cont Educ Dent.* 1994; 15: 152-162
  131. Swaelens B. Drilling templates for dental implantology. *Phidas Newsletter* 1999; 3: 10-12
  132. Tardieu PB, Vrielinck L, Escolano E. Computer-assisted implant placement. A case report: treatment of the mandible. *Int J Oreal Maxillofac Implants.* 2003 Jul-aug; 18(4): 599-604
  133. Tardieu PB, Vrielinck L, Escolano E, Henne M, Tardieu AL. Computer-assisted implant placement: scan template, simplant, surgiguide, and SFFE system. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007 Apr; 27(2): 141-9
  134. Testori T. La TAC nella moderna implantologia, reali vantaggi per una corretta programmazione chirurgo protesica. *The Italian J of Osteointegration* 1993; 1: 19-28
  135. Valente F, Sbrenna A, Buoni C. CAD/CAM drilling for transferring CT-based digital planning to flapless placement of oral implants in complex cases. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2006 Jun; 1 Suppl 1: 413-15
  136. Valente F, Bouni C, Scarfò B, Mascolo A, Parducci F. Precision of CAD/CAM stereolithographic mucosa-supported drilling guides in flapless implant placement. *Eur J Impl Prosth.* 2006 Jan-Apr; 1(2): 15-25

137. van Steenberghe D, Glauser R, Blomback U, Andersson M, Schutyser F, Pettersson A, Wendelhag I. A computerized tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: a prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2005; 7 Suppl 1: S 111-20
138. Villari N, Fanfani F. Diagnostic contribution of CT in implantology; use of new Denta-Scan reconstruction program. *Radiol Med (Torino).* 1992 May; 83(5): 608-614
139. Vrielinck L, Politis C, Schepers S, Pauwels M, Naert I. Image-based planning and clinical validation of zygoma and pterygoid implant placement in patients with severe bone atrophy using customized drill guides. Preliminary results from a prospective follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2003; 32: 7-14
140. Wanschitz F, Birkfellner W, Watzinger F, Schopper C, Patruta S, Kainberger F, Figl M, Kettenbach J, Bergamann H, Ewers R. Evaluation of accuracy of computer-aided intraoperative positioning of endosseous oral implants in the edentulous mandible. *Clin Oral Implants Res.* 2002 Feb; 13(1): 59-64
141. Wat PY, Chow TW, Luk HW, Comfort MB. Precision surgical template for implant placement: a new systematic approach. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2002; 4(2): 88-92
142. Webb P. A review of rapid prototyping (RP) techniques in the medical and biomedical sector. *J Med Eng Technol* 2000; 24: 149-153
143. Weinberg LA. CT scan as a radiologic data base for optimum implant orientation. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 381-385
144. Widmann G, Bale RJ. Accuracy in computer-aided implant surgery—a review. Experienced in implant placement using an image-guided system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006 Mar-apr; 21(2): 305-13

# INDICE

## I INTRODUZIONE

pag. 1

### Capitolo 1 Anatomia delle ossa mascellari

pag. 4

145. Wouters K. Coulor rapid prototyping. An extra Dimension for visualizing human anatomy. Phidas Newsletter 2001; 6: 4-7
146. Wulf J, Vitt K, Gehl H-B, Busch L. Anatomical accuracy in medical 3D modelling. Phidas Newsletter 2001; 7: 1-2
147. Yanagisawa K, Friedman CU, Vining EM, Abrahams JJ. Dentascan imaging of the mandible and maxilla. Head Neck 1993; 15: 1-7
148. Zarb GA. Introduction to Osseointegration in clinical dentistry. J Prosth Dent 1983; 49: 824-830

### Capitolo 2 Classificazione e l'implantologia

pag. 10

#### 2.1 Classificazione degli impianti

pag. 10

#### 2.2 Classificazione dei tessuti ossei di Campedelli e Horvath

pag. 10

#### 2.3 Codi di visita implantari

pag. 10

### Capitolo 3 Parametri da valutare con esami TC

pag. 23

#### 3.1 L'altezza

pag. 24

#### 3.2 Larghezza vestibolo-linguale

pag. 24

#### 3.3 Lunghezza medio-distale

pag. 25

# INDICE

|  |         |
|--|---------|
| I. INTRODUZIONE  | pag. 1  |
| Capitolo 1. Anatomia delle ossa mascellari   | pag.4   |
| 1.1 Il mascellare superiore  | pag. 4  |
| 1.2 La mandibola   | pag. 7  |
| 1.3 Strutture anatomiche e loro punti critici<br>di particolare importanza durante la progettazione<br>e l'esecuzione di interventi implantologici | pag. 10 |
| 1.3.1 Il seno mascellare   | pag. 10 |
| 1.3.2 Il canale mandibolare  | pag. 13 |
| Capitolo 2. Gli edentulismi e l'implantologia  | pag.16  |
| 2.1 Classificazione degli edentulismi  | pag. 16 |
| 2.2 Classificazione del riassorbimento osseo<br>di Cawood e Howell   | pag. 18 |
| 2.3 Cenni di terapia implantare  | pag. 20 |
| Capitolo 3. Parametri da valutare con esami TC   | pag. 23 |
| 3.1 L'altezza  | pag. 24 |
| 3.2 Larghezza vestibolo-linguale   | pag. 24 |
| 3.3 Lunghezza mesio-distale  | pag. 25 |

|  |         |
|--|---------|
| 3.4 Angolazione  | pag. 25 |
| 3.5 La densità ossea: classificazioni  | pag. 26 |
| <br>   |         |
| Capitolo 4. Indagini radiologiche pre-implantologiche e post-implantologiche | pag. 29 |
| 4.1 L'ortopantomografia  | pag. 31 |
| 4.2 La tomografia computerizzata   | pag. 32 |
| <br>   |         |
| Capitolo 5. La TC tridimensionale nello studio delle arcate dentarie         | pag. 34 |
| 5.1 Il Dentascan   | pag. 34 |
| 5.2 Indicazioni al Dentascan   | pag. 37 |
| <br>   |         |
| Capitolo 6. Planning implantologico per mezzo del software SIMPLANT          | pag. 41 |
| 6.1 Protocollo di scansione per SIMPLANT e SurgiGuides                       | pag. 48 |
| 6.1.1 Preparazione del paziente  | pag. 49 |
| 6.1.2 Allineamento del paziente  | pag. 49 |
| 6.1.3 Posizione della mandibola durante la scansione                         | pag. 50 |
| 6.1.4 Posizione del mascellare durante la scansione                          | pag. 51 |
| 6.1.5 Istruzioni generali per la scansione                                   | pag. 52 |

|   |         |
|---|---------|
| 6.1.6 Ricostruzioni delle immagini  | pag. 53 |
| 6.2 Limiti del software Simplant  | pag. 54 |
| 6.3 Esempio di pianificazione pre-implantologica<br>mediante software Simplant                | pag. 55 |
| 6.4 Nuove tecnologie nel campo della pianificazione<br>pre-implantologica: Planmeca ProMax 3D | pag. 59 |
| <br>  |         |
| Capitolo 7. Casistica clinica   | pag. 64 |
| <br>  |         |
| Capitolo 8. Conclusioni   | pag. 69 |
| <br>  |         |
| BIBLIOGRAFIA  | pag. 71 |