



ULBS

Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu



Școala doctorală interdisciplinară

Domeniul de doctorat: MEDICINĂ

TEZĂ DE DOCTORAT (REZUMAT)

Metode moderne folosite în predictibilitatea
și acceptarea implantelor dentare și a grefelor
osoase

doctorand:

RADU GHEORGHE SOLOMON

conducător științific:

prof. univ. dr. LÓRANT KISS

SIBIU 2020

CUPRINS

CUPRINS	1
PREFAȚĂ	3
PARTEA GENERALĂ	7
NOȚIUNI ANATOMICE PRIVIND OASELE MAXILARE ȘI SPAȚIILE DE VECINĂTATE	7
OSUL MAXILAR	7
SPINA NAZALĂ ANTERIOARĂ	7
FORAMENUL INCISIV ȘI CANALUL NAZOPALATIN	8
FORAMENUL ȘI CANALUL INFRAORBITAL	8
FORAMENUL PALATIN MARE	8
SINUSUL MAXILAR	9
OSUL MANDIBULAR	10
FORAMENUL LINGUAL ȘI CANALELE VASCULARE LATERALE	10
LINIA MILOHIODIANĂ	11
FORAMENUL MENTONIER	11
CANALUL MANDIBULAR	12
CANALUL INCISIV MANDIBULAR	13
SPAȚIILE DE RISC	13
SPAȚIILE DE RECOLTARE A GREFELOR OSOASE	19
SPAȚIILE AUXILIARE DE INSERARE A IMPLANTURILOR DENTARE	24
OASELE NAZALE	25
OSUL PTERIGOIDIAN	27
OSUL ZIGOMATIC	28
DIGITALIZAREA ȘI INFORMATIZAREA ÎN TERAPIA IMPLANTO-PROTETICĂ	31
SIMULAREA CONDIȚIILOR DE TRATAMENT	31

CHIRURGIA IMPLANTARĂ GHIDATĂ	32
PARTEA PERSONALĂ-CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ	36
METODE MODERNE FOLOSITE ÎN PREDICTIBILITATEA TERAPIEI IMPLANTARE ȘI DE GREFARE OSOASĂ -	36
CBCT-UL ȘI SOFTURILE DIGITALE DE PLANIFICARE ȘI SIMULARE - STUDIU COMPARATIV ȘI WORKFLOW DIGITAL	36
INTRODUCERE	36
MATERIALE ȘI METODE	36
CBCT-HARDWARE	36
ALGORITMICĂ ȘI REALIZAREA IMAGINII FINALE	39
OPTIMIZAREA EXPUNERII CBCT	54
SOFTWARE, PLANIFICARE, SIMULARE	54
DIGITALIZAREA CLINICĂ A IMAGINILOR RADIOLOGICE - REPERE URMĂRITE ÎN STUDIUL CLINIC ÎN VEDEREA PERSONALIZĂRII TRATAMENTULUI	57
SIMULAREA INSERĂRII IMPLANTURILOR ȘI A GREFĂRII OSOASE - EVALUAREA DIGITALĂ A PROCEDURII CU EXEMPLIFICARE CLINICĂ	69
STUDIUL COMPARATIV AL UNITĂȚILOR CBCT FOLOSITE ȘI AL SOFT-URILOR DE PLANIFICARE	93
REZULTATE	100
DISCUȚII	103
CONCLUZII	108
STUDIUL STATISTIC AL METODELOR DE TRATAMENT STANDARD VS METODE DE TRATAMENT DIGITALIZATE	109
INTRODUCERE	109
MATERIALE ȘI METODE	110
REZULTATE	119
Alegerea datelor cu caracter statistic relevant cercetării	119
Diametrul implantului dentar	120

Lungimea implanturilor	126
Încărcarea imediată	133
Grefare osoasă	137
Factorii de stabilitate de tip ISQ (implant stability quotient)	142
ISQ primar-isq1-examinarea la momentul inserării-evaluarea stabilității primare	142
ISQ secundar-isq2-, la momentul protezării	151
Evaluarea ISQ primar și final folosind tehnici de statistică avansată pentru a evidenția efectul folosirii digitalizării avansate în practica implantară	156
ISQ primar	156
ISQ final	157
DISCUȚII	159
CONCLUZII	166
BIBLIOGRAFIE	168

CUVINTE CHEIE:

IMPLANTOLOGIE, DIGITALIZARE, PREDICTIBILITATE, INTEGRARE, REABILITARE ORALA

INTRODUCERE

Implantologia orală este ramură a medicinei dentare care se preocupă de reabilitarea pe suport implantar și protetic a situațiilor clinice de edentații din cavitatea orală. Este o disciplină aparte, reglementată ca și drept de practică limitată în România pentru medicii dentiști ce dețin o competență oficială denumită „competență în implantologie orală”, dobândită în urma absolvirii studiilor post-universitare cu durată de 3 semestre. De asemenea, implantologia orală poate fi practică în România de către orice medic dentist cu limitări ale competenței la inserarea implanturilor, fără a realiza alte operații și intervenții conexe.

Implantologia orală este un domeniu ce evoluează constant și cu o rată accelerată, spre deosebire de celelalte ramuri ale medicinei dentare, această evoluție fiind în concordanță cu progresul tehnologic în domeniu, cu apariția posibilităților din ce în ce mai mari de tratament implantar și protetic, cu descoperirea unor noi metode de augmentare osoasă.

Pe parcursul acestui studiu am identificat ca metode moderne folosite în creșterea ratei de predictibilitate a integrării implanturilor osoase și grefelor, mai multe tehnologii care ușurează foarte mult munca clinicianului și duc la creșterea calității actului medical.

Aceste tehnologii sunt legate pe de o parte de imagistica performantă, care evoluează constant, cone-beam computer tomography (CBCT) fiind cea mai bună metodă de achiziție de date imagistice în vederea realizării reabilitărilor implanto-protetice; pe de altă parte, aceste informații radiologice nu sunt folosite la capacitatea lor maximă decât prin integrarea lor în software de simulare a condițiilor de tratament și în alte metode de digitalizare și transfer de informație, în vederea planificării cât mai amănunțite a cazurilor clinice în procesul de obținere a unei rate cât mai mari de succes.

Aportul tehnologiilor de scanare orală, scanare facială, sistemele CAD-CAM, posibilitatea proiectării prealabile a ghidurilor chirurgicale și a restaurărilor protetice provizorii și definitive sunt câteva dintre elementele care vor fi analizate în acest studiu și care contribuie ca și metode

moderne de tratament în creșterea ratei de predictibilitate a integrării reabilitărilor implantare și osoase în organismul pacientului.

Actuala cercetare reprezintă un studiu de identificare, cuantificare și calculare a impactului tuturor posibilităților tehnice moderne create cu scopul de a evalua și proiecta cel mai bun plan de tratament implanto-protetic în vederea reabilitării orale și generale a pacientului.

Pe parcursul cercetării, de aproximativ 3 ani, evoluția tehnologiei a fost foarte accelerată, astfel încât am reușit să acoperim o mare parte, dar nu tot, din metodele moderne de tratament și simulare. Acestea au fost reprezentate de tehnologiile la care am avut acces pe parcursul tratamentului pacienților ale căror implanturi au fost cuprinse în evaluarea statistică. De asemenea, pentru a clarifica și cuprinde majoritatea tehnologiilor disponibile la nivelul continentului european, cercetarea fiind una și cu implicare și colaborare clinică cu medici și praxisuri de peste hotare, am realizat și un studiu legat de eficiența metodelor de simulare și a posibilităților de achiziție de informație imagistică disponibile pe parcursul desfășurării cercetării științifice.

Acest studiu doctoral este structurat în două părți principale. Prima parte conține noțiuni generale relevante pentru domeniul implantologiei moderne, cuprinzând noțiuni de anatomie, spații de risc implantare, spații de recoltare a grefoanelor osoase autologe, spații auxiliare de inserare a implanturilor. De asemenea sunt prezentate și noțiuni despre digitalizarea în domeniul implantologiei, urmând ca pe parcursul cercetării științifice să detaliem și să aplicăm efectiv modul de lucru în vederea obținerii datelor cu importanță statistică.

Partea a doua a cercetării doctorale este constituită din două studii. Primul studiu este unul descriptiv și statistic despre tehnologiile actuale moderne folosite în implantologia orală pentru a crește predictibilitatea integrării reabilitărilor implanto-protetice. Al doilea studiu cuprinde statistica cercetării istorice a unei baze de date proprii, care conține un număr important de implanturi și grefe osoase inserate cu aportul tehnologiilor moderne disponibile la data intervenției, permițând astfel elaborarea unui proces statistic de urmărire a efectului tehnologiilor moderne folosite în implantologia orală pentru a crește predictibilitatea integrării reabilitărilor implanto-protetice. Studiul istoric al acestei baze de date este făcut conform legislației în vigoare și nu reprezintă un experiment sau o metodă electivă de tratament, ci este reprezentat de intervenția chirurgicală implantară și de grefare realizată cu ajutorul tehnologiilor moderne disponibile la data efectuării.

Concluziile finale sunt prezentate în cadrul fiecărui studiu și ne vor arăta efectul folosirii tehnologiilor moderne în implantologia orală pentru a crește predictibilitatea integrării implanturilor și grefelor osoase din cadrul reabilitărilor orale.

PARTEA GENERALĂ

Partea general a tezei este alcătuită din două capitole de generalități legate de abordarea implantologiei modern în contextual anatomic și tehnologic actual. Primul capitol se referă la prezentarea succintă a noțiunilor de anatomie topografică și regional cervico-cefalică, în care sunt evidențiate toate elementele interesate de practica implantară și de grefare osoasă, o atenție deosebită fiind pentru spațiile de risc și spațiile osoase de rezervă în reabilitarea implanto-protetică. O altă parte importantă a acestui capitol este dedicată spațiilor de recoltare osoasă peri-orale, cât și spațiilor auxiliare maxilare de inserție a implanturilor endo-osoase strategice.

Al doilea capitol se referă la digitalizarea și informatizarea în terapia implanto-protetică, spații dedicate noilor tehnologii imagistice și de proiectare și simulare a condițiilor de tratament implantar și de grefare osoasă. O parte importantă este dedicată chirurgiei implantare ghidate, care este la ora actuală, standardul de execuție al acestor tipuri de reabilitări orale. În acest capitol se regăsește preambulul cercetării științifice realizate în partea personală.

PARTEA PERSONALĂ

Partea personală cuprinde 2 studii statistice cu tema metodelor moderne folosite în predictibilitatea terapiei implantare și de grefare osoasă. În primul studiu, tema cercetării a fost CBCT-ul și softurile digitale de planificare și simulare-metode de folosire și work-flow digital, cât și o comparație între unitățile de CBCT disponibile pe parcursul studiului și performanțele, avantajele și dificultățile de utilizare.

Capitolul 1 se intitulează METODE MODERNE FOLOSITE ÎN PREDICTIBILITATEA TERAPIEI IMPLANTARE ȘI DE GREFARE OSOASĂ -CBCT-UL ȘI SOFTURILE DIGITALE DE PLANIFICARE ȘI SIMULARE - STUDIU COMPARATIV ȘI WORKFLOW DIGITAL- și

cuprinde toate aspectele cercetării logistice și statistice a unităților CBCT și softurilor de simulare care au fost folosite pe parcursul acestui studiu.

În acest capitol în partea introductivă am vorbit despre importanța folosirii work-flowului digital în practica implantologiei moderne, urmând ca în partea de material și metode să descriem absolut toate aspectele acestui mod de lucru. Respectiv, partea de material și metode conține informații despre resursele CBCT-ului cum ar fi:

1. Hardware
2. Algoritmă și realizarea imaginii finale
3. Optimizarea expunerii CBCT
4. Software, planificare, simulare
 - a. Digitalizarea clinică a imaginilor radiologice-sunt prezentate reperele luate în considerare în studiul clinic în ceea ce privește personalizarea tratamentului
 - b. Simularea efectivă a inserării implanturilor și agrefărilor osoase cu evaluarea digitală a procedurii-un capitol foarte bine reprezentat și cu prezentări ale cazurilor clinice reale realizate prin work-flow digital integral.
5. Studiu comparativ al unităților CBCT folosite și al soft-urilor de planificare-stadiul final al primului studiu în urma căruia am obținut rezultate diverse ce sunt prezentate în capitolul următor.

Scopul acestui studiu a fost de evidenția o comparație de specificații între aparate, din motivul rațional că fiecare companie își face reclamă propriei mărci fără a se raporta la concurența din piață. Clinicianul care se află în fața deciziei de a folosi CBCT-ul la potențialul lui maxim trebuie să se documenteze din studii comparative pentru a obține cu minim de resurse, rezultate la potențial maxim în vederea folosirii tehnicilor moderne pentru a crește predictibilitatea succesului integrării implantelor și grefoanelor osoase în tratamentul complex de reabilitare orală. De asemenea, alt scop al acestui studiu a fost și evidențierea unui workflow digital din praxisul de medicină dentară, cu specializarea implantologiei orale avansate. Rezultatele statistice sunt prezentate pe larg în conținutul tezei și oferă celor interesați o perspectivă amplă asupra ofertei tehnologice actuale în ceea ce privește imagistica de tip CBCT în practica curentă a implantologiei orale.

Pe parcursul comparării datelor am reușit, în limita resurselor fizice și literare de specialitate, să identificăm cele mai bune metode de a integra capacitățile digitale în practica curentă pentru a defini tema acestei teze de studiu, respectiv, metode moderne folosite în predictibilitatea și acceptarea implantelor dentare și a grefelor osoase. Predictibilitatea pe termen lung și foarte lung este cheia succesului în domeniul implantologiei avansate și în praxisul ce are ca obiect de activitate reabilitarea orală complexă.

Capitolul 2 se intitulează **STUDIUL STATISTIC AL METODELOR DE TRATAMENT STANDARD VS METODE DE TRATAMENT DIGITALIZATE**, și cuprinde studiul clinic retrospectiv, cantitativ asupra unui lot extins de implanturi dentare aplicate folosind 3 tipuri de abordare clinică pe parcursul a 5 ani. Studiul se bazează pe evaluarea unui număr semnificativ de implanturi aplicate pacienților beneficiari ai terapiei implanto-protetice avansate, care au fost inserate folosind tehnici digitale diferite, respectiv tehnica clasică de evaluare radiologică, tehnica digitală de evaluare și planificare și tehnica implantologiei avansate, bazată pe măsurători multiple, simulări virtuale, planificare virtuală a restaurării protetice.

În subcapitolul legat de materiale și metode este descrisă modalitatea de lucru după cum urmează:

1. Au fost luate în studiu un număr de 556 implanturi viabile de tip two-piece, compuse din șurub implantar din titaniu și bont protetic secundar, fabricate din materiale diverse, conforme cu restaurarea protetică efectuată, stabile și finalizate cu evaluare constantă la 1, 3,6, 12, 18 și 24 luni de la momentul implantării. Grupurile de lucru au fost împărțite în trei și denumite sugestiv în funcție de modul de abordare clinică a fiecăruia.
2. Astfel, primul grup, denumit pe parcursul expunerii drept „clasic”, este compus din 328 implanturi care au fost inserate prin metoda clasică. Această metodă presupune folosirea tehnicilor de investigație imagistică clasică- ortopantomografie, computer tomograf dentar și abordare operatorie de tip free-hand, cu folosirea datelor din expunerile radiologice și evaluare clinică la momentul operator cu adaptarea la condițiile date.
3. Al doilea grup, denumit pe parcursul expunerii drept „digital”, este compus din 113 implanturi care au fost inserate folosind tehnici digitale basic, respectiv imagistică de tip

- computer tomograf dental, CBCT, achiziția de date prin softul de expunere. Metoda de inserare a fost de tip free-hand, cu adaptare și ajustare în momentul protocolului operator.
4. Al treilea grup, denumit în expunere drept „digital advanced” este grupul care a beneficiat de cele mai înalte standarde de investigare și simulare la momentul inserării implanturilor. Este reprezentat de 115 implanturi care au beneficiat exclusiv de tehnici imagistice de tip advanced CBCT, software de prelucrare și randare a imaginilor, software de simulare a intervenției chirurgicale, software de transpunere CAD-CAM și realizare a ghidurilor chirurgicale, serviciu integrat de realizare a ghidurilor chirurgicale și reabilitărilor protetice prin metode digitale exclusiv, fără a folosi metode clasice de amprentare și transfer către laboratorul dentar.
 5. Datele au fost centralizate în baze de date SPSS 19.0 și prelucrate cu funcțiile statistice la care acestea se pretează. În analiza statistică s-au utilizat atât metodele descriptive, cât și cele analitice. Pragul de semnificație a fost stabilit la un $p < 0,05$.
 6. Datele luate ca și element de comparație și folosite pentru a delimita eficiența acestor metode au fost:
 - a. Diametrul
 - b. Lungimea
 - c. Tipul de încărcare protetică
 - d. Prezența sau nu a grefării osoase concomitente
 - e. Factorul de stabilitate imediat și la 6 luni

Datele obținute sunt ample și demonstrează eficiența folosirii metodelor moderne în predictibilitatea integrării implanturilor și grefelor osoase. Vom reda succint câteva dintre aceste date, detalierea lor regăsindu-se în cuprinsul tezei.

A. Grupul clasic

Este compus din 328 implanturi care au fost inserate prin metoda clasică. Această metodă a presupus folosirea tehnicilor de investigație imagistică clasică- ortopantomografie, computer tomograf dental și abordare operatorie de tip free-hand, cu folosirea datelor din expunerile radiologice și evaluare clinică la momentul operator, cu adaptarea la condițiile date.

În cadrul grupului au fost folosite implanturi cu o dimensiune medie de 4 mm în diametru și o lungime medie de 9,5 mm. Acest lucru se încadrează în limitele normale date de limitările fiziologice ale cazurilor clinice.

În acest grup, din totalul de 328 de implanturi, am ales să încărcăm protetic doar o treime din ele, în principal din considerente estetice, majoritatea acestor cazuri aparținând de restaurări din grupul frontal. Încărcarea tardivă a fost metodă de elecție deoarece la acel moment ghidurile de implantologie ofereau ca timp de osteointegrare, adaptat prospectului implantului, o perioadă de minim 6 luni. Încărcarea protetică imediată a fost realizată cu materiale elastice de tip acrilat sau PMMA și fără contact ocluzal, pentru a nu afecta în vreun fel procesul de osteointegrare.

În ceea ce privește grefarea osoasă concomitentă, aceasta a fost făcută de elecție pentru situațiile de augmentare a defectelor postextractionale și dimensionale uniloculare la momentul implantării. În acest grup doar un procent foarte mic, de 8,23%, a beneficiat de augmentare osoasă concomitentă. Acest lucru are și explicația legată de momentul terapiei implantare, care nu permitea prin tehnicile curente disponibile evaluarea corectă a defectului osos, ci mai mult adaptarea dimensiunii implanturilor la oferta osoasă existentă. Ghidurile prezente la acea dată au menționat ca moment de execuție al adăziilor osoase în timpul pre-operator implantar, cu o distanță de minim 6 luni între proceduri. Alegerea clinicianului de a augmenta concomitent vine din simpla adaptare la situația clinică existentă la momentul inserării implantului. De cele mai multe ori ele coincid cu extracția dentară și implantarea post-extracțională, moment în care spațiul dintre implant și alveola restantă trebuie augmentat în vederea asigurării integrării implanturilor. Aici trebuie făcută precizarea că majoritatea implanturilor folosite la acel moment aveau doar suprafață tratată fizic și chimic pentru a crește gradul de adeziune al osului. Implanturile moderne dispun de anumite substanțe cum ar fi hidroxiapatita, acidul hialuronic și alte molecule impregnate pe suprafața tratată a acestuia.

În ciuda tuturor greutăților date de lipsa metodelor moderne de simulare și investigare folosite în practica actuală, ISQ primar care evaluează stabilitatea primară implantară a avut suma valorilor cuprinsă între 128 și 344, cu o medie de 256,93, peste media considerată în acest studiu ca fiind un indicator de stabilitate excelentă. Menționăm aici că un procent de 93,6% din implanturile din acest grup au avut ISQ mai mare de 200 la analiza de tip cut-off, ceea ce înseamnă un procent excelent. Predicția acestui procent este menținută și de ISQ măsurat la momentul

încărcării protetice, care a fost de doar 5 implanturi situate sub pragul de 200 la cut-off. Deci procentul de stabilitate a crescut la o rată de 98,47% implanturi cu media de peste 200 la evaluarea secundară a ISQ, restul procentului fiind reprezentat de implanturile cu stabilitate precară, care au fost considerate eșec implantar și au fost înlocuite.

B. Grupul digital

Este compus din 113 implanturi care au fost inserate folosind tehnici digitale basic, respectiv imagistică de tip computer tomograf dental, CBCT, achiziția de date prin softul de expunere. Metoda de inserare a fost de tip free-hand, cu adaptare și ajustare în momentul protocolului operator.

În cadrul grupului au fost folosite implanturi cu o dimensiune medie de 4 mm în diametru și o lungime medie de 9,5 mm și 11,5 mm. Aceste dimensiuni se încadrează în limitele normale date de limitările fiziologice ale cazurilor clinice, dar și de posibilitatea de a analiza dinainte un volum os cu ajutorul CBCT. Variația mai mare a lungimilor și folosirea unor lungimi mai mari reprezintă un aspect câștigat prin aportul inserției metodei de examinare moderne oferite de CBCT.

În acest grup, din totalul de 113 implanturi am ales să încărcăm protetic doar 44, în principal din considerente estetice, majoritatea acestor cazuri fiind restaurări din grupul frontal. Încărcarea tardivă a fost metodă de elecție doar pentru cazurile care au necesitat osteointegrare, mai ales în zonele laterale, unde forțele masticatorii sunt categoric mai mari. Posibilitatea încărcării imediate, mai mare față de grupul clasic, este dată de posibilitatea unei minime simulări cu ajutorul softurilor de achiziție din cadrul examinărilor CBCT. Încărcarea protetică imediată a fost realizată cu materiale elastice de tip acrilat sau PMMA și fără contact ocluzal, pentru a nu afecta în vreun fel procesul de osteointegrare.

În ceea ce privește grefarea osoasă concomitentă, aceasta a fost făcută de elecție deoarece situația clinică a fost mai ușor vizibilă prin folosirea CBCT, care a permis o vizualizare clară a locului unde este necesară augmentarea osoasă concomitent cu inserarea implantului. Un număr de 89 de implanturi, adică 78,8% din numărul total de cazuri, au beneficiat de grefare osoasă ghidată chirurgical prin folosirea și simularea primară volumetrică cu ajutorul softului CBCT. Alegerea clinicianului de a augmenta concomitent cu implantarea vine din simpla adaptare la

situația clinică existentă la momentul inserării implantului. De cele mai multe ori ele coincid cu extracția dentară și implantarea post-extracțională, moment la care spațiul dintre implant și alveola restantă trebuia augmentat în vederea asigurării integrării implanturilor. Aici trebuie făcută precizarea că majoritatea implanturilor folosite la acel moment aveau doar suprafață tratată fizic și chimic pentru a crește gradul de adeziune al osului. Implanturile moderne dispun de anumite substanțe cum ar fi hidroxiapatita, acidul hialuronic și alte molecule impregnate pe suprafața tratată a acestuia. Acest lucru a contribuit foarte mult la integrarea grefelor osoase, implantul, prin suprafața sa, acționând ca un șurub de osteosinteză.

Acest fenomen este observat ulterior printr-o integrare superioară a implanturilor dentare concomitent cu grefele osoase aplicate în același timp operator.

În ciuda tuturor greutăților date de dezvoltarea incipientă a metodelor moderne de simulare și investigare folosite în practica actuală, ISQ primar care evaluează stabilitatea primară implantară a avut suma valorilor cuprinsă între 140 și 349, cu o medie de 253,02, peste media considerată în acest studiu ca fiind un indicator de stabilitate excelentă. Menționăm aici că 100 din 113 implanturi din acest grup au avut ISQ mai mare de 200 la analiza de tip cut-off, ceea ce înseamnă un procent excelent. Predicția acestui procent este menținută și de ISQ măsurat la momentul încărcării protetice, care a fost de doar 7 implanturi situate sub pragul de 200 la cut-off. Deci procentul de stabilitate a crescut la o rată de 106 implanturi cu media de peste 200 la evaluarea secundară a ISQ, restul fiind reprezentat de implanturile cu stabilitate precară, care au fost considerate în acest caz pentru reevaluare și au putut fi încărcate protetic la o distanță mai mare de timp.

În acest grup digitalizat prin metode moderne incipiente se pot observa îmbunătățiri considerabile, dar comparabile cu metoda clasică. Tehnicile chirurgicale au fost cele care au făcut diferența sau, mai bine zis, au redus diferența dintre grupul clasic și digital, prin folosirea aceleiași tehnici free-hand, dar care a beneficiat de o mai bună planificare pre-operatorie. Nu putem să elaborăm vreo concluzie benefică, ci doar să enunțăm faptul că acesta a fost pasul intermediar între metodele clasice de tratament și investigație din domeniul reabilitării implanto-protetice și metodele moderne actuale ce vor fi evidențiate în discuțiile despre grupul digital advanced.

C. Grupul digitalizat avansat

Este grupul care a beneficiat de cele mai înalte standarde de investigare și simulare la momentul inserării implanturilor. Este reprezentat de 115 implanturi care au beneficiat exclusiv de tehnici imagistice de tip advanced CBCT, software de prelucrare și randare a imaginilor, software de simulare a intervenției chirurgicale, software de transpunere CAD-CAM și realizare a ghidurilor chirurgicale, serviciu integrat de realizare a ghidurilor chirurgicale și reabilitărilor protetice prin metode exclusiv digitale, fără a folosi metode clasice de amprentare și transfer către laboratorul dentar.

În cadrul grupului au fost folosite implanturi cu o dimensiune medie de 4,2-4,5 mm în diametru și o lungime de 10 mm și 13 mm. Acestea se încadrează în limitele superioare date de limitările fiziologice ale cazurilor clinice, dar și de posibilitatea de a analiza dinainte un volum os cu ajutorul CBCT și a softurilor de randare și reconstrucție tridimensională. Variația mai mare a lungimilor și folosirea unor lungimi mai mari ale implanturilor constituie un aspect câștigat prin aportul inserției metodei de examinare moderne oferite de CBCT și a softurilor de randare și reconstrucție tridimensională. Trebuie menționat că aici, datorită posibilităților mult mai mari de simulare și de creare a unui ghid chirurgical, a fost posibilă apropierea de diametre și lungimi mari care sunt benefice și indicate pentru restaurări protetice cu un cantiliver generos și stabil pe o perioadă foarte mare de timp. De asemenea, capacitățile implantare în ceea ce privește structura au fost mult îmbunătățite și posibilitatea folosirii unui torque mai mare de 50-60 Ncm la inserție a fost posibilă. De asemenea, posibilitatea de a identifica detaliile legate de densitățile osoase a făcut posibilă, prin randarea tridimensională și simularea unor capacități de forțe mai mari, folosirea unor diametre și lungimi mai mari de implanturi, precum și a unor implanturi cu spire mult mai agresive față de os, sau, din contră, mai compresive, pentru a realiza osteocondensare în densitățile mai mari de D2 sau după grefare osoasă.

În acest grup, din totalul de 115 implanturi am ales să încărcăm protetic doar 25, în principal din considerente estetice, majoritatea acestor cazuri aparținând de restaurări din grupul frontal. Încărcarea tardivă a fost metodă de elecție pentru cazurile care au beneficiat de simulare pre-operatorie și care au trebuit să facă parte din restaurări ample, mai ales în zonele laterale, unde forțele masticatorii sunt categoric mai mari. Posibilitatea încărcării imediate mai reduse față de

grupurile clasic și digital este dată de șansa unei simulări cu ajutorul softurilor de achiziție din cadrul examinărilor CBCT, dar și de randarea tridimensională și simularea lucrărilor protetice și evaluarea forțelor necesare de susținere. Încărcarea protetică imediată a fost realizată cu materiale elastice de tip acrilat sau PMMA și fără contact ocluzal, pentru a nu afecta în vreun fel procesul de osteointegrare.

În ceea ce privește grefarea osoasă concomitentă, aceasta a fost făcută de elecție pentru cazurile unde nu s-a putut identifica prin simulare un necesar sau o densitate suficientă de os, deoarece situația clinică a fost mai ușor vizibilă prin folosirea CBCT, care a permis o vizualizare clară a locului unde este necesară augmentarea osoasă concomitent cu inserarea implantului. Un număr de 36 de implanturi, adică 31,3% din cazuri, au beneficiat de grefare osoasă ghidată chirurgical prin folosirea și simularea primară volumetrică cu ajutorul softului CBCT. Alegerea clinicianului de a augmenta concomitent vine din simpla adaptare la situația clinică existentă la momentul inserării implantului, dar și din posibilitatea simulării și realizării unui ghid chirurgical valabil atât pentru inserarea implanturilor, cât și pentru zonele de grefare osoasă. De cele mai multe ori ele coincid cu extracția dentară și implantarea post-extracțională, moment în care spațiul dintre implant și alveola restantă trebuia augmentat în vederea asigurării integrării implanturilor.

Cea mai importantă parte a discuțiilor legate de rezultatele obținute prin folosirea metodelor moderne în reabilitarea implanto-protetică avansată în vederea îmbunătățirii ratelor de succes și a predictibilității rezultatelor este legată de factorii și gradele de stabilitate primară și secundară. Valorile obținute sunt statistic diferite față de primele două grupuri și asta ne dă încrederea să putem afirma că folosirea metodelor moderne în reabilitarea implanto-protetică avansată în vederea îmbunătățirii ratelor de succes și a predictibilității rezultatelor este cea mai bună cale de abord a acestor cazuri clinice.

După cum urmează, la stabilitatea primară am obținut rezultate de variabilitate de la 100 la 340, cu o medie de 288,7 la o deviație standard de 39,198. La valorile de cut-off, am obținut la 112 din 115 implanturi un ISQ mai mare de 200, ceea ce înseamnă 97,4% din totalul grupului. La măsurătorile ISQ secundar, valoarea medie a valorii a crescut la 318,84, neexistând nici un implant la cut-off sub valoarea de 200. Putem afirma că 100% din implanturile inserate prin folosirea metodelor moderne în reabilitarea implanto-protetică avansată în vederea îmbunătățirii ratelor de succes și a predictibilității rezultatelor au avut efectele scontate.

Rezultatele obținute arată că există diferențe semnificative între grupul clasic și cel care a folosit tehnologii digitale avansate ($U=10494$; $z= -7,082$; $p<0,001$; $r= 0,336$), precum și între grupul digital versus cel care a folosit tehnologii digitale avansate ($U= 3588,50$; $z= -5,84$; $p<0,001$; $r=0,37$). Prin urmare, valoarea ISQ primar este superioară semnificativ statistic în grupul digitalizat avansat comparativ cu cel clasic. Aceleași rezultate semnificativ statistice se regăsesc și în grupul care a folosit tehnologii digitale avansate comparativ cu cel digital.

La aceeași analiză a fost supus și indicele de stabilitate secundară prin testul Mann-Whitney U, corectat prin metoda Bonferoni și au reieșit că rezultatele indică existența unor diferențe semnificative între grupul clasic și cel care a folosit tehnologii digitale avansate ($U= 6102,5$; $z= -10,332$; $p<0,001$; $r= 0,503$), precum și între grupul digital versus cel care a folosit tehnologii digitale avansate ($U=2686,5$; $z= -7,655$; $p<0,001$; $r=0,506$). Prin urmare, valoarea ISQ final-isq2 este superioară semnificativ statistic în grupul care a folosit tehnologii digitale avansate comparativ cu cel clasic. Aceleași rezultate semnificativ statistice se regăsesc și în grupul care a folosit tehnologii digitale avansate comparativ cu cel digital.

Concluziile studiului clinic cuprind o rezoluție care ne demonstrează că tehnologiile moderne și buna pregătire a clinicianului în acest domeniu duc la o mai bună predictibilitate a integrării implanturilor și grefelor osoase în cadrul terapiei implanto-protetice.

Studiul istoric asupra celor trei grupuri de implanturi inserate prin metodele clasice, digitale și digitale avansate ne arată că implantologia modernă este o curbă de învățare continuă ce se bazează pe doi stâlpi foarte importanți. Primul stâlp este reprezentat de suportul teoretic, de bagajul de experiență al clinicianului, resurse ce se acumulează în timp prin adaptarea la toate posibilitățile de tratament și la toate tipurile de situații clinice din cadrul reabilitărilor orale implanto-protetice. Al doilea stâlp este reprezentat de logistica și tehnologia aflate într-un proces amplu, continuu și accelerat de evoluție, care se adaptează din ce în ce mai mult la preferințele, cunoștințele și capacitățile clinicianului.

Utilizarea metodelor moderne de investigație, simulare și tratament în vederea îmbunătățirii predictibilității și ratei de succes în integrarea osteo-implantară este base-line-ul ce a stat la baza evaluării implanturilor aflate în studiu.

După analiza statistică amănunțită, care a folosit resurse avansate și teste specializate de tip test t pentru eșantioane independente, One-Way Anova, Shapiro-Wilk, testul echivalent neparametric Kruskal-Wallis H, testul Mann Whitney U, considerentul principal, respectiv cel al obținerii rezultatelor superioare prin folosirea digitalizării avansate, a fost demonstrat pentru eșantionul de lucru.

Rezultatele obținute prin folosirea metodelor moderne de investigație, simulare și tratament în vederea îmbunătățirii predictibilității și ratei de succes în integrarea osteo-implantară sunt net superioare eșantioanelor ce au beneficiat de tratament clasice și digitale bazale și ne arată că eficiența crescută a acestor metode generează succesul garantat pe termen lung în terapia implantară.

În urma acestui studiu putem concluziona că prin folosirea metodelor moderne digitale clinicianul are o mai mare siguranță și un mai bun control al terapiei implantare, ceea ce conferă o îmbunătățire netă a actului medical.

Acest studiu poate deschide calea multor corelații între integrarea digitală și elaborarea controlată și simulată a tratamentelor în mediul virtual și siguranța unui act medical fără erori.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ-140 TITLURI DIN 344 PREZENTE ÎN TEZĂ

1. Standring S et al. Gray's Anatomy. Churchill Livingstone, 2004, ISBN 0443071683.
2. Hollinshead WH. Anatomy for Surgeons. Vol. 1: The Head and Neck, 3rd edition. Harper and Row, 1982.
3. Schäfer EA, Symington J, Bryce TH. Quain's Elements of Anatomy, Vol. III, 11th edition. Longmans, Green and Co, 1909.
4. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of Neural Science. McGraw-Hill/Appleton & Lange, 2000. ISBN 0838577016.
5. Ranson SW, Clark SL. Anatomy of the Nervous System, 10th edition. WB Saunders and Company, 1959.
6. Butler AB, Hodos W. Comparative Vertebrate Neuroanatomy: Evolution and Adaptation. Wiley-Liss, 1996. ISBN 0471888893.
7. Donaghy M (ed.). Brain's Diseases of the Nervous System. Oxford University Press, 2001. ISBN 0192626183.
8. Monkhouse Stanley, Cranial Nerves-Functional Anatomy, Cambridge University Press, 2006. ISBN 13 978-0-521-61537-2.
9. Susan Standring, Gray's Anatomy, 41st Edition, Elsevier, 2015. ISBN 9780702052309.
10. Kalender, W.A., Felsenberg, D., Louis, O., Lopez, P., Klotz, E., Osteaux, M. & Fraga, J. (1989) Reference values for trabecular and cortical vertebral bone density in single and dual-energy quantitative computed tomography. European Journal of Radiology 9: 75–80.
11. Kalender, W.A. & Suess, C.A. (1987) A new calibration phantom for quantitative computed tomography. Medical Physics 14: 863–866.
12. Klemetti, E. & Vainio, P. (1993) Effect of bone mineral density in skeleton and mandible on extraction of teeth and clinical alveolar height. Journal of Prosthetic Dentistry 70: 21–25.
13. Kneissel, M., Boyde, A., Hahn, M., Teschler-Nicola, M., Kalchauer, G. & Plenk, H. (1994) Age- and sex-dependent cancellous bone changes in a 4000y BP population. Bone 15: 539–545.
14. Lundgren, S., Rasmusson, L., Sjostrom, M. & Sennerby, L. (1999) Simultaneous or delayed placement of titanium implants in free autogenous iliac bone grafts. Histological analysis of

the bone graft–titanium interface in 10 consecutive patients. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 28: 31–37.

15. McClean, B.A., Overton, T.R., Hangartner, T.N. & Rathee, S. (1990) A special purpose x-ray fan-beam CT scanner for trabecular bone density measurement in the appendicular skeleton. *Physics in Medicine and Biology* 35: 11–19.
16. Moegelin, A., Welzel, K., Grünert, B. & Becker, J. (1993) Evaluation of the assessment of bone density for preimplantologic diagnostics in the lower jaw. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 9: 281–283.
17. Nkenke, E., Kloss, F., Schultze-Mosgau, S., Radespiel-Tröger, M. & Neukam, F.W. (2001) Morbidity of harvesting of chin grafts: a prospective study. *Clinical Oral Implants Research* 12: 495–502.
18. Parel, S.M., Holt, G.R., Branemark, P.I. & Tjellström, A. (1986) Osseointegration and facial prosthetics. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 1: 27–29.
19. Parfitt, G.J. (1962) An investigation of the normal variations in alveolar bone trabeculation. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 15: 1453–1463.
20. Parfitt, A.M., Drezner, M.K., Glorieux, F.H., Kanis, J.A., Malluche, H. & Meunier, P.J. (1987) Bone histomorphometry: standardization of nomenclature, symbols and units. *Journal of Bone and Mineral Research* 2: 595–610.
21. Parfitt, A.M., Mathews, C.H., Villanueva, A.R., Klerekoper, M., Frame, B. & Rao, D.S. (1983) Relationship between surface, volume and thickness of iliac trabecular bone in aging and osteoporosis. Implications for the microanatomic and cellular mechanisms of bone loss. *Journal of Clinical Investigation* 72: 1396–1409.
22. Razavi, R., Zena, R.B., Khan, Z. & Gould, A.R. (1995) Anatomic site evaluation of edentulous maxillae for dental implant placement. *Journal of Prosthodontics* 4: 90–94.
23. Reichert, T.E., Kunkel, M., Wahlmann, U. & Wagner, W. (1999) The zygomaticus implant a indications and first clinical experiences. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 15: 65–70.
24. Roumanas, E., Nishimura, R., Beumer, J., Moy, P., Weinlander, M. & Lorant, J. (1994) Craniofacial defects and osseointegrated implants: six-year follow-up report on the success rates of craniofacial implants at UCLA. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 9: 579–585.
25. Schlegel, K.A., Sindet-Pedersen, S. & Hoepffner, H.J. (2000) Clinical and histological findings in guided bone regeneration (GBR) around titanium dental implants with autogenous bone chips using a new resorbable membrane. *Applied Biomaterials* 53: 392–399.

26. Schramm, A., Gellrich, N.C., Schimming, R. & Schmelzeisen, R. (2000) Computer-assisted insertion of zygomatic fixtures (Branemark System) after ablative tumor surgery. *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie* 4: 292–295.
27. Stella, J.P. & Warner, M.R. (2000) Sinus slot technique for simplification and improved orientation of zygomatic dental implants: a technical note. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 15: 889–893.
28. Weischer, T., Schettler, D. & Mohr, C. (1997) Titanium implants in the zygoma as retaining elements after hemimaxillectomy. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants* 12: 211–214.
29. Yilderim, M., Edelhoff, O., Hanisch, H. & Spiekermann, H. (1998) The crestal sinus lift a an appropriate alternative to the conventional sinus floor elevation, *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 14: 124– 135.
30. Jensen OT, Adams MW. The maxillary M-4: A technical and biomechanical note for all on four management of severe maxillary atrophy. *Report of three cases. J Oral Maxillofac Surg* 2009; 67:1739-44.
31. Jensen OT, Adams MW, Cottam JR, Parel S, Phillips W. The all on four shelf: Maxilla. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:2530-27.
32. Jensen OT, Cottam JR, Ringeman JL, Adams MW. Transsinus dental implants, bone morphogenetic protein 2, and immediate function for all on four treatment of severe maxillary atrophy. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70: 141-8.
33. Jensen OT, Adams MW, Smith E. Paranasal bone: The prime factor affecting the decision to use trans-sinus vs. zygomatic implants for biomechanical support for immediate function in maxillary dental implant reconstruction. *Oral Craniofac Tissue Eng* 2012;2:198-206.
34. Jensen OT, Adams MW. Secondary stabilization of maxillary M-4 treatment with unstable implants for immediate function: biomechanical considerations and report of 10 cases one year in function. *Oral and Craniofac Tissue Eng* 2012;2:294-302.
35. Graves S, Mahler BA, Javid B, Armellini D, Jensen OT. Maxillary all on four therapy using angled implants: a 16 month clinical study of 1110 implants in 276 jaws. *Dent Clin North Am* 2011;55:779-94.
36. Malo P, Nobre Mde A, Lopes A. Immediate rehabilitation of completely edentulous arches with a four implant prosthesis concept in difficult condition: An open cohort study with a mean follow-up of 2 years. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:1177-90.

37. Jensen OT, Adams MW. All on four treatment of highly atrophic mandible with mandibular V-4; report of 2 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;657:1503-9.
38. Jensen OT, Adams MW, Cottam JR, Parel SM, Phillips WR. The all on four shelf mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69: 175.
39. Jensen OT, Cottam JR, Ringeman JL. Avoidance of the mandibular nerve with implant placement: a new mental loop. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:1540-3.
40. Benninger B, Miller D, Maharathi A, Carter W. Dental implant placement investigation: is the anterior loop of the mental nerve clinically relevant? *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:182-5.
41. Jensen OT, Cottam JR, Adams MW, Adams S. Buccal to lingual transalveolar implant placement for all on four immediate function in posterior mandible: report of 10 cases. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69: 1919-22.
42. Oliva J, Oliva X, Oliva JD. All on three delayed implant loading concept for the completely edentulous maxilla and mandible: a retrospective 5 year follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:1584-92.
43. Dekok IJ, Chang KH, Lu TS, Cooper LF. Comparison of three-implant-supported fixed dentures and two-implant-retained overdentures in the edentulous mandible: a pilot study of treatment efficacy and patient satisfaction. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:415-26.
44. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988;17:232-6.
45. Peterson J, Wang Q, Dechow PC. Material properties of the dentate maxilla. *Anat Rec A Discov Mol Evol Biol* 2006;288:962-72.
46. Suresh S, Sumathy G, Banu MR, Kamakshi K, Prakash S. Morphological analysis of the maxillary arch and hard palate in edentulous maxilla of South Indian dry skulls. *Surg Radiol Anat* 2012;34:609-17.
47. Jensen OT, Adams MW. The maxillary M-4: a technical and biomechanical note for all on four management of severe atrophy-report of three cases. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67: 1739-44.
48. Jensen OT, Cottam J, Ringeman J, Adams M. Transsinus dental implants, bone morphogenetic protein 2 and immediate function for all on four treatment of severe maxillary atrophy. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:141-8.
49. Jensen OT, Adams MW, Smith E. Paranasal bone: the prime factor affecting the decision to use transsinus vs. zygomatic implants for biomechanical support for immediate function in maxillary dental implant reconstruction. *Oral and Craniofac Tissue Eng* 2012;2:198-206.

50. Graves S, Mahler BA, Javid B, Armellini D, Jensen OT. Maxillary all on four therapy using angled implants: a 16 month clinical study of 1110 implants in 276 jaws. *Dent Clin North Am* 2011;55:779-9.
51. Jensen OT, Cottam JR, Ringeman JL, Graves S, Beatty L, Adams MW. Angled dental implant placement into the vomer/ nasal crest of atrophic maxillae for all on four immediate function: a 2 year clinical study of 100 consecutive patients. *Oral Craniofac Tissue Eng* 2012;2:66-71.
52. Esposito M, Pellegrino G, Pistilli R, Felice P. Rehabilitation of posterior edentulous jaws: prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone? One year results from a pilot randomized clinical trial. *Eur J Oral Implantol* 2011;4:21-30.
53. Parel SM, Phillips WR. A risk assessment treatment planning protocol for the four implant immediately loaded maxilla: preliminary findings. *J Prosthet Dent* 2011; 106:359-66.
54. Mattsson T, Köndell PA, Gynther GW, Fredholm U, Bolin A. Implant treatment without grafting in severely resorbed maxillae. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:281-7.
55. Krekmanov L, Kahn M, Rangert B, Lindstrom H. Tilting of posterior mandibular and maxillary implants for improved prosthesis support. In *J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:405-14.
56. Krekmanov L. Placement of posterior mandibular and maxillary implants in patients with severe bone deficiency: a clinical report of procedure. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:722-30.
57. Malo P, Rangert B, Nobre M. All on 4 immediate function concept with Branemark system implants for completely edentulous maxillae: a 1 year retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005;7(suppl 1): S88-94.
58. Malo P, de Araujo Nobre M, Lopes A, Francischone C, Rigolizzo M. All on four immediate function concept for completely edentulous maxillae: a clinical report on the medium (3 years) and long term (5 years) outcomes. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14(suppl 1):e139-50.
59. Malo P, Nobre M, Lopes A. The rehabilitation of completely edentulous maxillae with different degrees of resorption with four or more immediately loaded implants: a 5 year retrospective study and a new Mclassification. *Eur J Oral Implatol* 2011;4: 227-43.
60. Bécret A, Vialet R, Chaumoitre K, Loundou A, Lesavre N, Michel F. Upper airway modifications in head extension during development. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2017; 36: 285–90.
61. Greenland KB, Edwards MJ, Hutton NJ, Challis VJ, Irwin MG, Sleigh JW. Changes in airway configuration with different head and neck positions using magnetic resonance imaging of

normal airways: a new concept with possible clinical applications. *Br J Anaesth* 2010; 105: 683–90.

62. Gurani SF, Di Carlo G, Cattaneo PM, Thorn JJ, Pinholt EM. Effect of head and tongue posture on the pharyngeal airway dimensions and morphology in three-dimensional imaging: a systematic review. *J Oral Maxillofac Res* 2016; 7: e1.
63. Cervical posture following palatal expansion: a 12-month follow-up controlled study. *Eur J Orthod* 2007; 29: 45–51.
64. Iwasaki T, Suga H, Yanagisawa-Minami A, Sato H, Sato-Hashiguchi M, Shirazawa Y, et al. Relationships among tongue volume, hyoid position, airway volume and maxillofacial form in paediatric patients with Class-I, Class- II and Class- III malocclusions. *Orthod Craniofac Res* 2019; 22: 9–15.
65. Aneqawa E, Tsuyama H, Kusakawa J. Lateral cephalometric analysis of the pharyngeal airway space affected by head posture. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2008; 37: 805–9.
66. Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Troyanovich SJ, Janik TJ, Holland B. Cobb method or Harrison posterior tangent method: which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine* 2000; 25: 2072–8.
67. Miller NA, Gregory JS, Semple SIK, Aspden RM, Stollery PJ, Gilbert FJ. Relationships between vocal structures, the airway, and craniocervical posture investigated using magnetic resonance imaging. *J Voice* 2012; 26: 102–9.
68. Loh W-Y. Classification and regression trees. *Wiley Interdiscip Rev Data Mining Knowledge Discov* 2011; 1: 14–23.
69. Ayuse T, Ayuse T, Ishitobi S, Kurata S, Sakamoto E, Okayasu I, et al. Effect of reclining and chin-tuck position on the coordination between respiration and swallowing. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 402–8.
70. Sonnesen L. Head Posture and Upper Cervical Spine Morphology in Patients with Obstructive Sleep Apnea: Sleep Apnea-Recent Updates: InTech; 2017.
71. Solow B, Sonnesen L. Head posture and malocclusions. *Eur J Orthod* 1998; 20: 685–93.
72. Sforza C, Grassi G, Fragnito N, Turci M, Ferrario VF. Three-Dimensional analysis of active head and cervical spine range of motion: effect of age in healthy male subjects. *Clin Biomech* 2002; 17: 611–4.
73. Sicilia A, Noguero B, Cobo J, Zabalegui I. Profile surgical template: a systematic approach to precise implant placement. A technical note. *Int J Oral Maxillofac Implant*. 1998;13:109–114.

74. Sehti A. Precise site location for implants using CT scans: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implant.* 1993; 8:433–438.
75. Kennedy BD, Collins TA, Line PCW. Simplified guide for precise implant placement: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implant.* 1998;13:684–688.
76. Almog DM, Onufrak JM, Hebel K, Meitner SW. Comparison between planned prosthetic trajectory and residual bone trajectory using surgical guides and tomography—a pilot study. *J Oral Implantol.* 1995;4:275–280.
77. Jacobs R, Adriansens A, Naert I, Quirynen M, Hermans R, Van Steenberghe D. Predictability of reformatted computed tomography for pre-operative planning of endosseous implants. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999;28:37–41.
78. Jacobs R, Adriansens A, Verstreken K, Suetens P, Van Steenberghe D. Predictability of a three-dimensional planning system for oral implant surgery. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999;28:105–111.
79. Fortin T, Coudert JL, Champleboux G, Sautot P, Lavalley S. Computer-assisted dental implant surgery using computed tomography. *J Image Guide Surg.* 1995;1:53–58.
80. Demey S, Vrielinck L. Drilling templates for oral implants based on preoperative planning on CT images. In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Farman A, eds. *Computer Assisted Radiology.* Berlin, Germany: Elsevier Science; 1999:883–887.
81. Ability of facial soft tissue depth measurements using cone beam computed tomography. *Forensic Sci Int.* 2010;199:9–14.
82. Gan Y, Xia Z, Xiong J, Zhao Q, Hu Y, Zhang J. Toward accurate tooth segmentation from computed tomography images using a hybrid level set model. *Med Phys.* 2015;42:14–27.
83. Ganz SD. Three-dimensional imaging and guided surgery for dental implants. *Dent Clin N Am.* 2015;59:265–290.
84. Goldman LW. Principles of CT and CT technology. *J Nucl Med Technol.* 2007;35:115–28.
85. Gordon R. A tutorial on ART (algebraic reconstruction techniques). *IEEE Trans Nucl Sci* 1970; 21: 471–81.
86. Graham RNJ, Perriss RW, Scarsbrook AF. DICOM demystified: a review of digital file formats and their use in radiological practice. *Clin Radiol.* 2005;60:1133–1140.

87. Gupta A, Kharbanda OP, Balachandran R, Sardana V, Kalra S, Chaurasia S, et al. Precision of manual landmark identification between as-received and oriented volume-rendered cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151:118–31.
88. Hämmerle CH, Cordaro L, van Assche N, Benic GI, Bornstein M, Gamper F, Gotfredsen K, Harris D, Hürzeler M, Jacobs R, Kapos T, Kohal RJ, Patzelt SB, Sailer I, Tahmaseb A, Vercruyssen M, Wismeijer D. Digital technologies to support planning, treatment, and fabrication processes and outcome assessments in implant dentistry. Summary and consensus statements. The 4th EAO consensus conference 2015. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(Suppl 11):97–101.
89. Harris D, Buser D, Dula K, Gröndahl K, Jacobs R, Lekholm U, Nakielny R, van Steenberghe D, van der Stelt P. E.A.O. Guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry. *Clin Oral Impl Res.* 2002;13:566–570.
90. Meilinger M, Schmidgunst C, Schütz O, Lang EW. Metal artefact reduction in cone beam computed tomography using forward projected reconstruction information. *Z Med Phys.* 2011;21:174–182.
91. Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: Clinical applications. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30:1285–92.
92. Mora MA, Chenin DL, Arce RM. Software tools and surgical guides in dental-implant-guided surgery. *Dent Clin N Am.* 2014;58:597– 626.
93. Morant JJ, Salvadó M, Hernández-Girón I, Casanovas R, Ortega R, Calzado A. Dosimetry of a cone beam CT device for oral and maxillofacial radiology using Monte Carlo techniques and ICRP adult reference computational phantoms. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42: 92555893.
94. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8:1558–1564.
95. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8:1558–1564.
96. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998; 8: 1558–64.

97. Munn L, Stephan CN. Changes in face topography from supine-to-upright position-and soft tissue correction values for craniofacial identification. *Forensic Sci Int.* 2018;289:40–50.
98. Ritter L, Reiz SD, Rothamel D, Dreiseidler T, Karapetian V, Scheer M, Zöllner JE. Registration accuracy of three-dimensional surface and cone beam computed tomography data for virtual implant planning. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23:447–452.
99. Robb RA. Dynamic spatial reconstructor: an X-ray video fluoroscopic CT scanner for dynamic volume imaging of moving organs. *IEEE Trans Med Imaging* 1982; 1: 22–33.
100. Rosati R, De Menezes M, Rossetti A, Sforza C, Ferrario VF. Digital dental cast placement in 3-dimensional, full-face reconstruction: a technical evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010;138:84–88.
101. Ruder TD, Kraehenbuehl M, Gotsmy WF, Mathier S, Ebert LC, Thali MJ, et al. Radiologic identification of disaster victims: A simple and reliable method using CT of the paranasal sinuses. *Eur J Radiol.* 2012;81:e132–8.
102. Sahni D, Sanjeev, Singh G, Jit I, Singh P. Facial soft tissue thickness in Northwest Indian adults. *Forensic Sci Int.* 2008;176:137–46.
103. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008;52:707–30, v.
104. Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: Essence, elements and steps to interpretation. *Aust Dent J.* 2012;57(Suppl 1):46–60.
105. Schafer S, Nithiananthan S, Mirota DJ, Uneri A, Stayman JW, Zbijewski W, et al. Mobile C-arm cone-beam CT for guidance of spine surgery: image quality, radiation dose, and integration with interventional guidance. *Med Phys* 2011; 38: 4563–74.
106. Scherer MD. Presurgical implant-site assessment and restoratively driven digital planning. *Dent Clin N Am.* 2014;58:561–595.
107. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Schoemer E. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40:265–273.

108. 55–88.
109. Tilotta F, Richard F, Glaunès J, Berar M, Gey S, Verdeille S, et al. Construction and analysis of a head CT-scan database for craniofacialreconstruction. *Forensic Sci Int.* 2009;191:112.e1–12.
110. Tohnak S, Mehnert AJH, Mahoney M, Crozier S. Dental CT metal artefact reduction based on sequential substitution. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2011;40:184–190.
111. Tyndall DA, Brooks SL. Selection criteria for dental implant site imaging: a position paper of the American Academy of oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89:630–637.
112. Tyndall DA, Price JB, Tetradis S, Ganz SD, Hildebolt C, Scarfe WC, American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology Position statement of the American Academy of oral and maxillofacial radiology on selection criteria for the use of radiology in dental implantology with emphasis on cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2012;113:817–826.
113. Utsuno H, Kageyama T, Uchida K, Yoshino M, Miyazawa H, Inoue K. Facial soft tissue thickness in Japanese children. *Forensic SciInt.* 2010;199:109.e1–6.
114. Van Assche N, van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement in partial edentulism. *J Clin Periodontol.* 2010;37:398–403.
115. Van Assche N, van Steenberghe D, Quirynen M, Jacobs R. Accuracy assessment of computer-assisted flapless implant placement inpartial edentulism. *J Clin Periodontol.* 2010;37:398–403.
116. Van Assche N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23:112–123.
117. Van Dessel J, Huang Y, Depypere M, Rubira-Bullen I, Maes F, Jacobs R. A comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on trabecular bone structures in the human mandible. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42:20130145.
118. Van Gompel G, Van Slambrouck K, Defrise M, Batenburg KJ, de Mey J, Sijbers J, et al. Iterative correction of beam hardening artifacts in CT. *Med Phys* 2011; 38: S36.

119. van Steenberghe D, Malevez C, Van Cleynenbreugel J, Bou Serhal C, Dhoore E, Schutyser F, Suetens P, Jacobs R. Accuracy of drilling guides for transfer from three-dimensional CT-based planning to placement of zygoma implants in human cadavers. *Clin Oral Implants Res.* 2003;14:131–136.
120. Vano E, Geiger B, Schreiner A, Back C, Beissel J. Dynamic flat panel detector versus image intensifier in cardiac imaging: dose and image quality. *Phys Med Biol* 2005; 50: 5731–42.
121. Varga E, Hammer B, Hardy BM, Kamer L. The accuracy of three-dimensional model generation. What makes it accurate to be used for surgical planning? *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42:1159–1166.
122. Vercruyssen M, Laleman I, Jacobs R, Quirynen M. Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(Suppl):69–76.
123. Vercruyssen M, Laleman I, Jacobs R, Quirynen M. Computer-supported implant planning and guided surgery: a narrative review. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(Suppl):69–76.
124. Wang L, Chen KC, Gao Y, Shi F, Liao S, Li G, Yan J, Lee PK, Chow B, Liu NX, Xia JJ, Shen D. Automated bone segmentation from dental CBCT images using patch-based sparse representation and convex optimization. *Med Phys.* 2014;4:043503.
125. Wang Q, Li L, Zhang L, Chen Z, Kang K. A novel metal artefact reducing method for cone-beam CT based on three approximately orthogonal projections. *Phys Med Biol.* 2013;58:1–17.
126. Degidi M, Daprile G, Piattelli A. **Determination of primary stability: a comparison of the surgeon's perception and objective measurements.**, *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010 May-Jun;25(3):558-61.
127. Kitamura, R. Stegaroiu, S. Nomura, O. Miyakawa, Influence of marginal bone resorption on stress around an implant – a three-dimensional finite element analysis, *J. Oral Rehabil.* 32 (4) (2005) 279–286.
128. H. Martinez, M. Davarpanah, P. Missika, R. Celletti, R. Lazzara, Optimal implant stabilization in low density bone, *Clin. Oral Implants Res.* 12 (5) (2001) 423–432.
129. H.L. Craddock, Occlusal changes following posterior tooth loss in adults. Part 3. A study of clinical parameters associated with the presence of occlusal interferences following posterior tooth loss, *J. Prosthodont.* 17 (1) (2008) 25–30.

130. Miyamoto, Y. Tsuboi, E. Wada, H. Suwa, T. Iizuka, Influence of cortical bone thickness and implant length on implant stability at the time of surgery – clinical, prospective, biomechanical, and imaging study, *Bone* 37 (6) (2005) 776–780.
131. J. Chen, X. Lu, N. Paydar, H.U. Akay, W.E. Roberts, Mechanical simulation of the human mandible with and without an endosseous implant, *Med. Eng. Phys.* 16 (1) (1994) 53–61.
132. J.Y. Rho, R.B. Ashman, C.H. Turner, Young's modulus of trabecular and cortical bone material: ultrasonic and microtensile measurements, *J. Biomech.* 26(2) (1993) 111–119.
133. K. Horiuchi, H. Uchida, K. Yamamoto, M. Sugimura, Immediate loading of Brånemark system implants following placement in edentulous patients: a clinical report, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 15 (6) (2000) 824–830.
134. Kokovic V, Jung R, Feloutzis A, Todorovic V, Jurisic M, Hämmerle C Immediate vs. early loading of SLA implants in the posterior mandible: 5-year results of randomized controlled clinical trial *Clinical Oral Implants Research*, 00, 2013.
135. L. Kong, K. Hu, D. Li, Y. Song, J. Yang, Z. Wu, B. Liu, Evaluation of the cylinder implant thread height and width: a 3-dimensional finite element analysis, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 23 (1) (2008) 65–74.
136. L. Kong, Y. Sun, K. Hu, D. Li, R. Hou, J. Yang, B. Liu, Bivariate evaluation of cylinder implant diameter and length: a three-dimensional finite element analysis, *J. Prosthodont.* 17 (4) (2008) 286–293.
137. L.A. Giannuzzi, D. Phifer, N.J. Giannuzzi, M.J. Capuano, Two-dimensional and 3-dimensional analysis of bone/dental implant interfaces with the use of focused ion beam and electron microscopy, *J. Oral Maxillofac. Surg.* 65 (4) (2007) 737–747.
138. M. Chiapasco, S. Abati, E. Romeo, G. Vogel, Implant-retained mandibular overdentures with Brånemark system MKII implants: a prospective comparative study between delayed and immediate loading, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 16 (4) (2001) 537–546.
139. Trisi P, Carlesi T, Colagiovanni M, Perfetti G **Implant Stability Quotient (ISQ) vs direct in-vitro measurement of primary stability (micromotion): effect of bone density and insertion torque:***J Osteol Biomat* 2010; 1:141-151.
140. U. Lekholm, G.A. Zarb, T. Albrektsson, Patient Selection and Preparation. *Tissue Integrated Protheses*, Quintessence Publishing Co. Inc., Chicago, 1985.