

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
„VICTOR BABE” TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MEDICINĂ  
DEPARTAMENTUL ȘTIINȚE FUNCȚIONALE

DAVID OVIDIU TIBERIU



# TEZĂ DE DOCTORAT

UTILIZAREA PROGRAMELOR DE CALCULATOR  
IMAGISTICE ÎN PRACTICA ȘI ÎN CERCETAREA  
STOMATOLOGICĂ

REZUMAT

Conducător științific  
**PROF. UNIV. DR. NEAGU ADRIAN**

Timișoara  
2017

# CUPRINS

Lista lucr rilor publicate.....	VI
Lista abrevierilor.....	VIII
Indexul Figurilor.....	IX
Indexul Tabelelor.....	XI
Mulțumiri.....	XII
<b>INTRODUCERE.....</b>	<b>XIII</b>
<b>PARTEA I. NOȚIUNI GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>1. ELEMENTE DE IMAGISTIC DENTAR .....</b>	<b>1</b>
1.1. IMAGISTIC STOMATOLOGIC BIDIMENSIONAL (2D).....	1
1.1.1. IMAGISTICA DENTAR DIGITAL .....	1
1.1.2. PARTICULARIT ȚI ALE IMAGISTICII DENTARE.....	2
1.1.3. VIZUALIZAREA IMAGINILOR DE RADIOLOGIE DENTAR .....	3
1.1.4 PROGRAME DE ANALIZ CEFALOMETRIC .....	4
1.2. IMAGISTICA STOMATOLOGIC TRIDIMENSIONAL (3D).....	6
1.2.1 ANALIZA VALORILOR DE GRI A VOXELILOR CE COMPUN IMAGINEA CBCT.....	7
1.2.2 SIMULAREA DE IMPLANTE ȘI FUNCȚIILE DE CAD ASOCIATE ACESTEIA.....	8
1.3 ANALIZA FI IERELOR DICOM CU AJUTORUL UNOR PROGRAME DE IMAGISTIC DENTAR .....	10
<b>PARTEA A II-A STUDII ORIGINALE.....</b>	<b>13</b>
<b>2. EVALUAREA CALIT ȚII OSULUI TRABECULAR PRIN TOMOGRAFIE COMPUTERIZAT FASCICUL CONIC (CBCT) .....</b>	<b>13</b>
2.1. INTRODUCERE .....	12
2.2. MATERIALE I METODE .....	18
2.2.1. CULEGEREA DATELOR .....	18
2.2.2. PRELUCRAREA DATELOR .....	21

2.3. REZULTATE I DISCUȚII .....	21
2.3 REZULTATE.....	21
2.4 DISCUȚII .....	28
2.5. CONCLUZII.....	31
<b>3. GHID CHIRURGICAL PENTRU INSERAREA IMPLANTELOR DENTARE PROIECTAT PRIN IMAGISTC CBCT I REALIZAT PRIN TIP RIRE 3D.....</b>	<b>32</b>
3.1 .INTRODUCERE.....	32
3.2. MATERIALE I METOD .....	34
3.3. REZULTATE ȘI DISCUȚII.....	39
3.4. CONCLUZII.....	40
<b>4. UTILIZAREA IMAGISTICII CBCT PENTRU IDENTIFICAREA CANALELOR OSOASE ÎN ZONA MANDIBULAR INTERFORAMINAL .....</b>	<b>41</b>
4.1. INTRODUCERE.....	41
4.2. MATERIALE I METOD .....	42
4.3. REZULTATE.....	42
4.4. DISCUȚII.....	47
4.5. CONCLUZII.....	48
<b>5. EVALUAREA INFLUENȚEI PE CARE O ARE POZIȚIONAREA PACIENTULUI ÎN CEEA CE PRIVE TE CALITATEATELERADIOGRAFIEI DE PROFIL.....</b>	<b>49</b>
5. 1. INTRODUCERE.....	49
5.2. MATERIALE I METODE.....	50
5.2.1. PACIENȚI ȘI MĂSURĂTORI CEFALOMETRICE.....	51
5.2.2. ANALIZA STATISTIC .....	53
5.3. REZULTATE.....	54
5.4. DISCUȚII.....	59
5.5. CONCLUZII.....	63
<b>6. CALIBRAREA NUMERELOR CT OBTINUTE PRIN IMAGISTICA CBCT...</b>	<b>64</b>
6.1. INTRODUCERE.....	64
6.2. MATERIALE I METODE.....	65

6.3. REZULTATE.....	68
6.4. DISCUȚII.....	74
6.5. CONCLUZII.....	75
<b>7. SEGMENTAREA IMAGINILOR MEDICALE TRIDIMENSIONALE ...</b>	<b>76</b>
7.1. SEGMENTAREA IMAGINILOR CBCT 3D.....	76
7.2. EVALUAREA VOLUMETRIC A UNUI SINUS LIFT MAXILAR.....	76
7.3. EVALUAREA VOLUMETRIC A UNUI CHIST MANDIBULAR.....	77
7.4. EVALUAREA VOLUMETRIC A UNUI MUCOCEL SINUSAL.....	78
<b>8. CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PROPRII.....</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFIE.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXE.....</b>	<b>I</b>

## LISTA ARTICOLELOR PUBLICATE

- David O.T, Leretter M, Neagu A (2014) The quality of trabecular bone assessed using cone-beam computed tomography. Rom. J. Biopys. 2014 24 (4): 227–241  
Journal de categoria BDI
- David O.T, Szuhanek C, Tuce R.A, David A.P, Leretter M (2017) Polylactic acid 3D printed drill guide for dental implants using CBCT REV.CHIM.(Bucharest) 2017 68 (2):341-342  
Journal de categoria A (ISI)  
Impact Factor (IF): 0.956  
Scorul de influență absolut (AIS): 0.063
- David O.T, Nagib R, Szuhanek C, Brad S, Banu A.M, Tuce R.A, Leretter M (2017) Cone beam computed tomography (CBCT) diagnosis of lingual bone canals in the mandibular interforaminal area. Medicine in Evolution 2017 Vol (1) : 93-99  
Journal de categoria BDI
- David O.T, Tuce R.A, Munteanu O, Neagu A (2017) Evaluation of the influence of patient positioning on the reliability of lateral cephalometry, Aceptat în La Radiologia Medica 2017, d.o.i: 10.1007/s11547-017-0748-4  
Journal de categoria A (ISI)  
Impact Factor (IF): 1.523  
Scorul de influență absolut (AIS): 0.43

**Cuvinte cheie:** număr CT, radiodensitate, unități Hounsfield (HU), implant dentar, acid polilactic, CBCT, ghid chirurgical, inserare implant fără lambou, tiprire 3D, foramen mandibular lingual, canal osos lingual, regiunea interforaminală, interobserver, intraobserver, teleradiografii de profil, poziționare pacienți, valori ale voxelilor CBCT, calitate osoasă, implantologie.

## INTRODUCERE

Am artat în prezenta teză de doctorat cum utilizarea programelor imagistice de calculator se poate face mai util în practica de zi cu zi precum și în cercetare.

Astfel am folosit programe de calculator 2D și 3D pentru a descrie aportul acestora în plusul de rezultate pe care medicii le pot avea prin utilizarea lor mai eficient în scopul unui diagnostic mai precis și rapid.

Am încercat să concep această teză ca răspuns la unele din întrebările pe care mi le-au adresat medicii în legătură cu imaginile 2D sau 3D pe care le primesc în urma investigațiilor imagistice ale pacienților lor executate în cabinetul de radiologie dentară în care lucrez.

Conținutul lucrării se bazează pe doi piloni: contribuții privind utilizarea în cercetare a PCI (Programe de calculator imagistice) 3D și contribuții privind utilizarea în cercetare a PCI 2D.

Teza are nou capitole începând cu introducerea în tema cercetată și încheindu-se cu concluziile generale.

Bibliografia aflată la sfârșitul tezei alcătuită din peste o sută de lucrări reprezentative din domeniu, constituie dovada faptului că subiectele dezbătute în teză sunt de actualitate.

## ELEMENTE DE IMAGISTICĂ DENTARĂ

Trecerea de la imagistica analogică la cea digitală a reprezentat un salt calitativ. Primul avantaj al introducerii generatoarelor de radiații digitale care folosesc PCI a fost acela că regimurile de lucru kV (Kilovoltage) și mA (Miliampere) s-au diminuat datorită utilizării senzorilor din A-Si (Amorpheus Silicon). Diminuându-se aceste valori, au scăzut și dozele pe care le primesc pacienții.

Următorul avantaj al digitalizării a fost reducerea numărului de radiografii refăcute. Dacă în fluxul procesului analogic nu se foloseau regimuri de lucru adecvate, dezvoltarea și fixarea filmului nu mai puteau reface claritatea. Spre deosebire de analogic, în fluxul digital intervin PCI care prin aplicarea unor filtre ca: strălucire, contrast, saturație, luminozitate, nuanță, balans, gama, pot aduce claritatea imaginii chiar dacă parametrii n-au fost aleși optim.

Alte avantaje ale imaginilor digitale: se stochează și se accesează mai ușor și rezistă fără modificări un timp mult mai îndelungat decât filmele iar posibilitățile de circulație ale lor sunt mult mai rapide și nu necesită neapărat tipărire putând fi vizualizate pe monitor.

Trebuie însă să ținem cont că folosirea abuzivă a filtrelor de prelucrare din PCI poate influența într-o oarecare măsură în mod negativ scopul acestor investigații imagistice, anumite patologii putând să fie foarte puțin vizibile prin folosirea lor exagerată. Acesta constituie unul din dezavantajele folosirii PCI.

Ca ramură a imagisticii medicale, imagistica stomatologică are mai multe particularități. Prima dintre acestea este aceea că imaginile obținute trebuie să fie ca lungime identice cu cele reale sau cât mai apropiate de acestea. Lucrul acesta este necesar stomatologilor pentru că o serie întreagă de tratamente se bazează pe aceste dimensiuni: lungimea dintelui în cazul tratamentului endodontic, dimensiunea de la creasta mandibulei la canalul mandibular în cazul inserării unui implant, lungimea implantării rădăcinii dintelui în mandibulă în cazul unui tratament parodontal și multe altele.

O a doua particularitate a imagisticii stomatologice o constituie forma curbată a arcadei dentare, care a necesitat inventarea tehnicilor rotaționale de investigație, astfel încât arcadele desfășurate să se proiecteze pe un film plan. Lucrul acesta a fost rezolvat odată cu introducerea Ortopantomografului în imagistica dentară.

Dacă în tehnicile statice de expunere putem măsura cu ajutorul PCI dimensiunile calibrate în plan atât pe verticală cât și pe orizontală, în tehnicile rotaționale, măsurătorile se pot face doar pe verticală pentru că pe orizontală avem desfășurarea unei curbe.

Comparativ cu rezultatele radiografiilor analogice, unde filmul rezultat dezvoltat și fixat avea un factor de magnificare de până la 30% la radiografiile panoramice sau la teleradiografii, PCI calibrează mărimea filmului astfel că filmul tipărit termic pe suport de plastic este scara 1:1. Exportul imaginilor din PCI se poate face prin mai multe feluri. Cel mai uzual fel este filmul calibrat tipărit pe suportul de plastic. Există apoi posibilitatea ca medicul să primească rezultatul pe un CD pe care să fie inscripționat și programul nativ de vizualizare al PCI cu care a fost achiziționat. Acesta se instalează pe calculatorul medicului la primul CD primit, urmând ca ulterior imaginile să poată fi trimise și pe mail pentru a fi importate și vizualizate în acest program.

Aceste programe au posibilități diverse de prelucrare a imaginilor pentru o mai bună vizualizare a lor. Astfel există funcții de magnificare, măsurare, contrast, luminozitate, negativ, simulare de implantate sau aplicarea unor coroane dentare. De asemenea se pot face diverse note pe film legate de planul de tratament sau de alt natură.

Analiza cefalometrică realizată cu ajutorul PCI special create pentru acest scop a adus în ortodonție două mari plusuri: economie de timp și creșterea preciziei rezultatelor. Astfel după calibrarea teleradiografiei și punerea punctelor cefalometrice, programul furnizează atât tabelar cât și grafic măsurătorile unghiulare, dimensionale sau dacă e cazul diferite rapoarte între anumite valori ale acestora, care sunt calculate automat.

În partea dedicată imagisticii 3D am descris funcțiile 3D ale programelor imagistice folosite în cercetarea de față și am prezentat unele particularități ale fișierelor DICOM.

Simularea de implantate în PCI 3D este o funcție care se folosește foarte des dar cu toate acestea majoritatea clinicienilor folosesc încă măsurători când evaluează locul în care vor să insereze un implant. Este de preferat folosirea simulării pentru că implantul simulat este ușor de verificat în relația lui cu vecinătățile. Verificarea se face astfel în toate cele trei planuri axial, sagital și coronar simultan.

Programul de calculator de bază cu care funcționează un unit CBCT are funcții multiple și complexe: captarea imaginii, tipărirea ei, posibilitatea de a o exporta, gestionarea bazei de date a tuturor pacienților, stocarea acestora, etc. Acestui program de bază îi este asociat un viewer care de regulă poartă numele programului urmat de cuvântul Viewer. Aceste programe se folosesc la vizualizarea imaginilor de către medicii care sunt beneficiarii investigațiilor respective. Programul de bază exportă acest Viewer pe CD împreună cu imaginile.

Există viewere care se pot instala pe PC-ul utilizatorului astfel încât după prima instalare să nu mai fie necesară prezența viewerului în CD-ul de export.

De regulă viewerele deschid imaginile de fiecare dată în modul în care au fost scrise în momentul exportului, dar există și viewere în care se pot salva datele într-o altă configurație, rămânând de exemplu implantele simulate în interiorul volumului după redeschiderea programului. Aceste particularități de prezentare a viewer-elor se numesc proiecte. Proiectele ajută medicii pentru că aceștia nu mai trebuie să facă nimic în PCI ca să vizualizeze mai bine anumite patologii, ele fiind direct prezentate prin accesarea din program a acestor proiecte așa cum au fost scrise din centrul de radiologie dentară.

Există posibilitatea de a deschide imagini DICOM și cu alte viewere decât cele de achiziție însă doar viewerele CBCT au funcția de trasare a curbei panoramice în volum, funcție care asigură măsurarea corectă perpendicular pe aceasta a secțiunilor perpendiculare pe această curbă panoramică rezultând dimensiunea reală a arcadelor dentare.

## **EVALUAREA CALITĂȚII OSULUI TRABECULAR PRIN TOMOGRAFIE COMPUTERIZATĂ FASCICUL CONIC (CBCT)**

În primul articol descriem utilizarea cu anumite precauții a funcției de analiză calitativă a voxelilor HU (Hounsfield) din imagini 3D achiziționate cu CBCT-ul (Cone-Beam Computed Tomography) în condiții similare pe un lot de 46 de pacienți, jumătate bărbați, jumătate femei. Rezultatele obținute duc la concluzia că deși doar CT-ul (Computer Tomograph) clasic constituie nivelul de gold standard în analiza calitativă a voxelilor și CBCT-ul poate furniza date necesare clinicienilor în anumite condiții. Una dintre utilizările analizei calitative ce se poate folosi cu siguranță în evaluarea tridimensională a evoluției unei patologii este compararea a două volume achiziționate în exact aceleași condiții la un interval de timp. Acest lucru se întâmplă când pacientul revine pentru un examen de control.

## **GHID CHIRURGICAL PENTRU INSERAREA IMPLANTELOR DENTARE PROIECTAT PRIN IMAGISTICĂ CBCT ȘI REALIZAT PRIN TIPĂRIRE 3D**

În cel de-al doilea articol am descris o tehnică cu ajutorul căreia am realizat un ghid chirurgical pentru inserarea fâșiei lambou a implantelor dentare pornind de la o achiziție CBCT. Am folosit pentru realizarea ghidului simularea implantelor în programul CBCT-ului, exportând volumul împreună cu implantele într-un program de CAD după care a fost tipărit 3D din acid polilactic (PLA). Pentru o verificare a regimului în ghid a condițiilor inițiale în care au fost simulate implantele, s-a tipărit 3D și modelul cu ajutorul fișierului DICOM. Ghidul și modelul suprapuse au fost scanate cu raze X cu ajutorul CBCT-ului, pentru verificare. Nu s-au constatat nici un fel de abateri dimensionale între simularea implantelor și realizarea gurilor frezei pilot în ghid.

## **UTILIZAREA IMAGISTICII CBCT PENTRU IDENTIFICAREA CANALELOR OSOASE ÎN ZONA MANDIBULARĂ INTERFORAMINALĂ**

În al treilea articol ne-am ocupat de studiul canalelor osoase ce traversează ambele corticale ale mandibulei în zona interforaminală pe un lot de 70 de pacienți. Analiza s-a realizat cu ajutorul funcțiilor de poziționare în diverse secțiuni specifice programului CBCT și în special cu ajutorul secțiunilor perpendiculare pe curba panoramică trasată în mandibulă în plan axial. S-au găsit cu ajutorul acestor secțiuni și cu ajustarea grosimii secțiunilor o serie de canale osoase suplimentare la anumiti pacienți.

Multe din acestea aveau direcții și dimensiuni care nu se vedeau în secțiuni coronale sau sagitale ci doar în secțiuni perpendiculare pe curba panoramică.

## **EVALUAREA INFLUENȚEI PE CARE O ARE POZIȚIONAREA PACIENTULUI ÎN CEEA CE PRIVEȘTE CALITATEA TELERADIOGRAFIEI DE PROFIL**

În ceea ce privește contribuțiile realizate în cercetare pe partea de programe imagistice bidimensionale, în acest articol, am pornit de la o funcție existentă în programul Romexis denumită Virtual Ceph. Această funcție permite realizarea dintr-un volum a unei proiecții laterale echivalente cu o teleradiografie de profil. Modul în care se realizează proiecția este ajustabil cu ajutorul acestei funcții prin posibilitatea rotirii și/sau înclinării capului pacientului. Fiind că teleradiografia de profil gold standard este aceea în care structurile bilaterale se suprapun perfect, ne-am propus să studiem influența poziționării pacientului asupra valabilității acestei teleradiografii și în cazuri în care nu este realizat acest gold standard. Pentru o analiză mai precisă a acestei probleme s-a luat decizia studiului pe un lot de pacienți care aveau deja teleradiografii de profil executate, unii dintre ei chiar câte două, a doua fiind realizată în ideea îmbunătățirii celei dintâi. Baza de date a fost furnizată de UMF Targu Mureș care a dat și avizul Comisiei de Etică pentru realizarea studiului. Cu ajutorul PCI 2D, AudaxCeph (Ljubljana, Slovenia) am realizat analiză Tweed fără țesut moale, succesiv la o perioadă de o lună de către doi observatori. S-au realizat analize pe 11 parametri dimensionali și unghiulari intra și inter-observator și s-au comparat datele. În urma analizei statistice s-a ajuns la concluzia că teleradiografiile nu trebuie repetate pentru că nu se justifică plusul de informații obținut față de doza de radiație suplimentară pe care o primesc pacienții.

## **CALIBRAREA NUMERELOR CT OBȚINUTE PRIN IMAGISTICA CBCT**

Cel de-al cincilea subcapitol abordează studiul indicelui HU specific CBCT-ului în substanțe omogene comparativ cu indicii HU de la CT. Prin metoda de lucru se analizează variabilitatea valorilor voxelilor situați în interiorul unei bile cu diametru de 9 mm care se deplasează cu un pas de un mm dinspre centrul FOV-ului (Field of View) achiziționat înspre exteriorul acestuia până ajunge la marginea lui. Prin comparația cu valorile gold standard obținute cu CT-ul am observat valoarea diferențelor și modul în care variază încercând prin aplicarea unor funcții matematice aducerea acestora la valorile CT-ului.

## **SEGMENTAREA IMAGINILOR MEDICALE TRIDIMENSIONALE**

Despre preocupările actuale de cercetare legate de segmentarea imaginilor medicale am prezentat în capitolul suplimentar, trei cazuri de folosire a funcției de segmentare imagistică.

Segmentarea imaginilor se referă la descompunerea unei imagini în componentele sale. În urma procesului de segmentare vor fi extrase din imagine obiecte distincte, regiuni ce satisfac anumite criterii de uniformitate.

Segmentarea în achizițiile CBCT se poate face cel mai ușor și mai sigur în regiunile în care prezența aerului este limitată. Astfel de o parte a sferoidului avem os și de cealaltă parte avem aer. În felul acesta aezarea și particularizarea formei sferoidului se face mai ușor. După inserarea seminței de creștere în materialul omogen, volumul sferoidului se va



împărțit în două părți, una cu materialul omogen care va fi determinat volumetric și celălalt cu aer. Astfel se face evaluarea măsurimii volumetrice.

## CONCLUZII

Prin cercetarea noastră am ajuns la un anumit nivel care trebuie continuat, metodele folosite de noi fiind ușor de dezvoltat și îmbunătățit fiind prezentate pe larg în teză.

Analiza calitativă a voxelilor unei achiziții CBCT ar trebui transformată din una subiectivă actual în una obiectivă ca în cazul CT-ului clasic. Metodele matematice care permit transformarea în indici  $H_u$  ai indicilor  $H_u$  CBCT vor putea fi continuate luând ca bază de plecare în cercetare metoda noastră. Observarea variabilității acestui indice ar trebui făcută pe cât mai multe materiale și cu cât mai multe programe și tipuri de aparate CBCT, cu diversi parametri de achiziție pentru a se trage concluzii în direcția de urmat în cercetare. Dozele mici la pacient cu care se realizează achizițiile CBCT, sunt de un ordin de mărime mai mică de 6-7 ori decât la CT. Segmentarea imaginilor care în momentul de față se face preponderent cu CT-ul clasic, ar putea fi făcută prin rezolvarea acestor probleme și cu tomografele CBCT.

În ceea ce privește realizarea ghidurilor chirurgicale pentru inserarea implantelor dentare, am tins prin cercetarea noastră să realizăm un ghid cât mai simplu și în cât mai puține faze. Avantajele tehnico-economice au fost și ele vizate în acest proiect, costurile ghidului și al modelului realizat prin metoda noastră fiind foarte scăzute el fiind realizat integral din amidon de porumb (PLA) care are un preț de 80 lei/kg în condițiile în care ghidul realizat de noi cântărește 4 grame iar tipărirea acestuia 3D se realizează în aproximativ o oră. Problemele rămase nerezolvate prin metoda noastră sunt legate de cazurile care includ edentații mai mari și care ar necesita scanări intraorale.

Tendența realizării acestor ghiduri de inserare a implantelor ar fi după părerea noastră una care pe viitor să nu folosească materiale de amprentare suplimentare care trebuie să fie scanate, asta îngreunând procesul de fabricare a acestor dispozitive. Producerea lor ar trebui să fie posibilă cât mai simplu și rapid, aceste etape urmând a fi rezolvate prin utilizarea programelor de CAD tot mai complexe.

Cercetarea legată de identificarea canalelor osoase interforaminale a plecat de la tehnica de inserare a implantelor dentare pentru supraprotezarea pacienților cu probleme legate de stabilitatea protezei pe care o aveau.

Tehnica s-a dorit a fi una minim invazivă care folosește doar examenul CBCT și o gutier confecționată de tehnician în urma executării modelului de ghips. Am constatat printre pacienți, o mare diversitate a traiectului și poziției acestor canale și anume: nu erau toate similare la toți pacienții, direcțiile și dimensiunile lor variau, numărul lor nu era constant. Am decis astfel să facem un studiu pe un lot mai larg de pacienți, studiu care ar putea fi continuat și pe porțiunile distale ale mandibulei, pe un număr mai mare de pacienți.

Metodele folosite în studiu au fost contribuții proprii prin alegerea unghiurilor secțiunilor de studiat și prin modul lor de evaluare, secțiune după secțiune cu un pas egal cu cel al imaginilor din care sunt compuse cu un voxel de exemplu de 0,2 milimetri.

Referitor la cercetarea legată de evaluarea influenței pe care poziționarea pacientului o are în raport cu evaluarea preciziei teleradiografiei de profil, concluziile au mers înspre o zonă în care repetarea acesteia n-ar fi necesară, această repetare neaducând informații suplimentare valoroase.

Contribuția proprie a fost legată de proiectul de studiu de cercetare în care doi observatori certifică statistic faptul că citeșc similar rezultatele care le generează teleradiografiile de profil, apoi sunt puși să facă citiri pe radiografii repetate ale aceluiași pacient. Parametrii obținuți în urma citirilor nu prezintă variabilitate în partea a doua a studiului, sau variabilitatea acestora este nesemnificativă.

Problemele rămase nerezolvate sunt legate de precizarea în grade a maximului acceptat ca poziționare greșită a pacientului și calcularea valorilor acestora. Față de poziția gold standard pacientul poate avea o anumită înclinație a capului sau o rotire a

acestui care să nu conteze în rezultatele cefalometrice datorită însumării erorilor legate de poziționarea și identificarea corectă a punctelor cefalometrice.

Concluziile generale sunt legate de necesitatea instruirii în permanență a medicilor în legătură cu abordarea imagisticii tridimensionale. Lucrul acesta se poate face și în sistemul de învățământ formal dacă se modifică curricula educațională. Există de altfel pe piață oferte de învățare pe diverse tipuri de PCI. Cei ce vor să se familiarizeze mai mult cu folosirea acestor PCI au la dispoziție pe site-urile producătorilor foarte multe tutoriale video în care se explică folosirea majorității funcțiilor importante ale acestor programe. Datorită faptului că în acest moment pe piață există o multitudine de producători de unituri CBCT, instruirea devine foarte complexă. Există funcții comune care se regăsesc la mai mulți producători de PCI. De asemenea există Viewere și programe de achiziție comune pentru mai multe tipuri de unituri. Programele de reconstrucție nu funcționează după aceiași algoritmi de reconstrucție, rezultatele calitative fiind mult influențate când vizualizăm un volum achiziționat cu un alt program decât cel nativ.

**VICTOR BABE UNIVERSITY OF MEDICINE AND  
PHARMACY TIMI OARA  
MEDICINE FACULTY  
DEPARTMENT OF FUNCTIONAL SCIENCES**

**DAVID OVIDIU TIBERIU**



# **Phd THESIS**

**MEDICAL IMAGING SOFTWARE USED IN DENTISTRY  
PRACTICE AND RESEARCH**

**ABSTRACT**

Scientific Coordinator  
**PROF. UNIV. DR. NEAGU ADRIAN**

**Timi oara**

## CONTENTS

List of published works .....	VI
List of abbreviations .....	VIII
Index of Figures .....	IX
Index of Tables .....	XI
Thanks.....	XII

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>XIII</b>
---------------------------	-------------

<b>PART I. GENERAL NOTIONS.....</b>	<b>1</b>
-------------------------------------	----------

<b>1. DENTAL IMAGISTICS ELEMENTS .....</b>	<b>1</b>
1.1. BIDIMENSIONAL DENTAL IMAGISTIC (2D).....	1
1.1.1. DIGITAL DENTAL IMAGISTIC.....	1
1.1.2. PARTICULARITIES OF DENTAL IMAGISTIC .....	2
1.1.3. VISUALIZATION OF DENTAL RADIOLOGY IMAGES.....	3
1.1.4 CEPHALOMETRIC ANALYSIS PROGRAMS .....	4
1.2. THREE-DIMENSIONAL DENTAL IMAGISTIC (3D).....	7
1.2.1 ANALYSIS OF GREY VALUES OF THE VOXELS FROM A CBCT IMAGE	7
1.2.2 IMPLANT SIMULATION AND ASSOCIATED CAD FUNCTION.....	8
1.3. ANALYSIS OF DICOM FILES WITH IMAGISTIC DENTAL PROGRAMS.....	10

<b>PART II ORIGINAL STUDIES.....</b>	<b>13</b>
--------------------------------------	-----------

<b>2. THE QUALITY OF TRABECULAR BONE ASSESSED USING CONE-BEAM         COMPUTED TOMOGRAPHY.....</b>	<b>13</b>
2.1. INTRODUCTION.....	13
2.2. MATERIALS AND METHODS .....	18
2.2.1. DATA COLLECTION .....	18
2.2.2. DATA PROCESSING .....	21
2.3. RESULTS AND DISCUSSION .....	20
2.3. RESULTS .....	21

2.4 DISCUSSIONS .....	28
2.5. CONCLUSIONS .....	31
<b>3. Polylactic acid 3D printed drill guide for dental implants using CBCT.....</b>	<b>32</b>
3.1. INTRODUCTION .....	32
3.2. MATERIALS AND METHODS .....	34
3.3. RESULTS AND DISCUSSIONS.....	39
3.4. CONCLUSIONS .....	40
<b>4.Cone beam computed tomography (CBCT) diagnosis of lingual bone canals in the mandibular interforaminal area .....</b>	<b>41</b>
4.1. INTRODUCTION .....	41
4.2. MATERIALS AND METHODS .....	42
4.3. RESULTS .....	42
4.4. DISCUSSION .....	47
4.5. CONCLUSIONS .....	48
<b>5.Evaluation of the influence of patient positioning on the reliability of lateral cephalometry.....</b>	<b>49</b>
5. 1. INTRODUCTION .....	49
5.2. MATERIALS AND METHODS .....	50
5.2.1. PATIENTS AND CEPHALOMETRIC MEASUREMENTS .....	51
5.2.2. STATISTICAL ANALYSIS .....	53
5.3 RESULTS .....	54
5.4. DISCUSSION .....	59
5.5. CONCLUSIONS .....	63
<b>6. CT NUMBERS INFERRED FROM CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY .....</b>	<b>64</b>
6.1. INTRODUCTION .....	64
6.2. MATERIALS AND METHODS.....	65
6.3. RESULTS .....	68

6.4. DISCUSSION .....	74
6.5. CONCLUSIONS .....	75
<b>7. SEGMENTATION OF THREE-DIMENSIONAL MEDICAL IMAGES. ....</b>	<b>76</b>
7.1. 3D CBCT IMAGES SEGMENTATION .....	76
7.2. VOLUMETRIC EVALUATION OF A MAXIAL LIFT SINUS .....	76
7.3. VOLUMETRIC EVALUATION OF A MANDIBLE CYST .....	76
7.4. VOLUMETRIC EVALUATION OF A SINUS ORAL MUCOCELE .....	78
<b>8. OWN CONCLUSIONS AND CONTRIBUTIONS .....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCES .....</b>	<b>83</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>I</b>

### List of published works

3. David O.T, Leretter M, Neagu A (2014) The quality of trabecular bone assessed using cone-beam computed tomography. Rom. J. Biopys. 2014 24 (4): 227–241  
Category journal BDI
  
- 5 David O.T, Szuhanek C, Tuce R.A, David A.P, Leretter M (2017) Polylactic acid 3D printed drill guide for dental implants using CBCT REV.CHIM.(Bucharest) 2017 68 (2):341-342  
Category journal A (ISI)  
Impact Factor (IF): 0.956  
Absolute influence score (AIS): 0.063
  
- 6 David O.T, Nagib R, Szuhanek C, Brad S, Banu A.M, Tuce R.A, Leretter M (2017) Cone beam computed tomography (CBCT) diagnosis of lingual bone canals in the mandibular interforaminal area. Medicine in Evolution 2017 Vol (1) : 93-99  
Category journal BDI
  
- 7 David O.T, Tuce R.A, Munteanu O, Neagu A (2017) Evaluation of the influence of patient positioning on the reliability of lateral cephalometry, Aceptat în La Radiologia Medica 2017, d.o.i: 10.1007/s11547-017-0748-4  
Category journal A (ISI)  
Impact Factor (IF): 1.523  
Absolute influence score (AIS): 0.43

**Key words** : CT number, radiodensity, Hounsfield unit (HU), dental implant, polylactic acid, CBCT, drill guide, flapless implant surgery, 3D printing, mandible lingual

foramen, lingual bone canal, interforaminal region, interobserver, intraobserver, lateral cephalograms, subject positioning, CBCT voxel values, bone quality, implantology.

## **INTRODUCTION**

I have shown in this doctoral thesis how the use of computer imaging software can be more useful in everyday practice as well as in research.

So we used 2D and 3D computer programs to describe their contribution in addition to the results that physicians can have through their more efficient use for a more accurate and fast diagnosis.

I tried to conceive this thesis in response to some of the questions that the doctors addressed in relation to the 2D or 3D images they receive from the imaging investigations of their patients executed in the dental radiology center in which I work.

The content of the paper is based on two pillars: contributions to the research use of 3D imaging software (PCI) and contributions on the use of PCI 2D in research.

The thesis has eight chapters starting with the introduction to the researched theme and ending with the general conclusions.

The bibliography at the end of the thesis, made up of over one hundred representative works in the field, is evidence that the topics discussed in the thesis are topical.

## **DENTAL IMAGISTICS ELEMENTS**

Switching from analog to digital imaging was a qualitative step. The first advantage of introducing digital radiation generators using PCI was that the kV (Kilovoltage) and mA (Miliampere) work patterns diminished due to the use of A-Si (Amorphous Silicon) sensors. Decreasing these values also lowered the doses that patients receive.

The next benefit of digitization was the reduction in the number of recovered radiographs. If adequate workflows were not used in the flow of the analogue process, the development and fixation of the film could not restore clarity. Unlike the analogue, PCI's digital streaming means that by applying filters such as brightness, contrast, saturation, brightness, hue, balance, gamma, can bring clarity even if the parameters have not been chosen optimally.

Other advantages of digital images: they are easier to store and access, and they last longer without changes for a much longer time than analogue films and their travel possibilities are much faster and do not necessarily require printing because it can be viewed on the monitor.

However, it must be borne in mind that abusive use of PCI filtering filters may somewhat negatively influence the purpose of these imaging investigations, and some pathologies may be very unclear by their exaggerated use. This is one of the drawbacks of using PCI.

As a branch of medical imaging, dental imaging has several peculiarities. The first is that the images obtained must be as long as the actual ones or as close as possible to them. This is necessary for dentists because a whole range of treatments is based on these dimensions: the length of the tooth in the endodontic treatment, the size of the mandible ridge

in the mandibular groove in the case of insertion of an implant, the length of implantation of the tooth root in the mandible in the case of periodontal treatment and more.

A second feature of dental imaging is the curved shape of the dental arches, which required the invention of rotational investigation techniques, so that the arcs are projected onto a planar film. This was solved with the introduction of the Orthopantomograph in dental imaging.

If in static exposure techniques we can measure PCI calibrated planar dimensions both vertically and horizontally in rotational techniques, the measurements can only be made vertically because we have a curve on the horizontal.

Compared to the results of analog radiographs, where the resulting film developed and fixed had a magnification factor of up to 30% for panoramic radiographs or for telerradiographs, the PCI calibrated the size of the film so the 1: 1 scale and plastics film are thermally printed. Exporting images from PCI can be done in several ways. The most common way is the calibrated film printed on the plastic holder. There is then the possibility for the doctor to receive the result on a CD on which the Native Visualization Program of the PCI with which it was acquired is also engraved. It is installed on the doctor's computer at the first received CD, after which the images can also be sent by mail to be imported and viewed in this program.

These programs have various image processing capabilities to better visualize them. Thus there are magnification, measurement, contrast, brightness, negative, implant simulation, or dental crown functions. It is also possible to make various notes on the film related to the treatment or other plan.

The cephalometric analysis made with the help of PCI specially created for this purpose has brought into the orthodontics two big pluses: saving time and increasing the accuracy of the results. Thus, after the calibration of the telegraphy and the setting of the cephalometric points, the program provides both table and graphical angular, dimensional measurements or, if different, different ratios, which are calculated automatically.

In the part dedicated to 3D imaging, I described the 3D functions of the imaging programs used in the present research and presented some features of the DICOM files. Simulation of implants in 3D PCI is a function that is used very often but yet most clinicians still use measurements when assessing where they want to insert an implant. It is preferable to use the simulation because the simulated implant is easy to verify in its relationship with the neighborhoods. This is done in all three axial, sagittal and coronary planes simultaneously.

The basic computer program with a CBCT unit has multiple and complex functions: image capture, printing, exporting, database management of all patients, storage, etc. This basic program is associated with a viewer that usually bears the name of the program followed by the word Viewer. These programs are used to view images by physicians who are the beneficiaries of those investigations. The basic program exports this Viewer to CD along with the images.

There is a viewer that can be installed on the user's PC so that after the first installation, the viewer will no longer need to be present on the export CD.

Typically, viewers open the images each time in the way they were written at the time of export, but there is also a viewer in which the data can be saved in another configuration, for example implants simulated inside the volume after reopening the program. These particularities of viewers' presentation are called projects. The projects help doctors because they need to do nothing in PCI to better visualize certain pathologies, and they are directly presented by accessing these projects as they were written from the dental radiology center.

It is possible to open DICOM images with viewers other than the viewers, but only CBCT viewers have the function of drawing the panoramic volume curve, a function which ensures the correct measurement perpendicular to it of the sections perpendicular to this panoramic curve resulting in the actual size of the dental arcs.

## **THE QUALITY OF TRABECULAR BONE ASSESSED USING CONE**



In the first article we describe the use of the HU (Hounsfield) voxel qualitative analysis of 3D images acquired with CBCT (Cone-Beam Computed Tomography) under similar conditions on a group of 46 patients, half men, half women. The obtained results lead to the conclusion that although only CT (CT) is the standard gold standard in voxel quality analysis, the CBCT also can provide clinicians data under certain conditions. One of the uses of the qualitative analysis that can be safely used in the three-dimensional evaluation of a pathology evolution is the comparison of two volumes acquired under exactly the same conditions over a period of time. This happens when the patient returns for a control exam.

### **Polylactic acid 3D printed drill guide for dental implants using CBCT**

In the second article I have described a technique by which we have developed a surgical guide for inserting without flap dental implants starting from a CBCT acquisition. We used implant simulation in the CBCT program to export the volume together with the implants into a CAD program after which 3D polylactic acid (PLA) was printed. In order to check the initial conditions in which the implants were simulated, 3D was printed and the model was created using the DICOM file. The superimposed guide and model were scanned with X-rays using CBCT for verification. No dimensional deviations were found between simulation of the implants and the realization of the guides in the guide.

### **Cone beam computed tomography (CBCT) diagnosis of lingual bone canals in the mandibular interforaminal area)**

In the third article, we studied the bone canals that crossed both cortical mandibles in the interforaminal area on a group of 70 patients. The analysis was performed by positioning functions in various sections of the CBCT program and especially by means of sections perpendicular to the panoramic curve drawn in the mandible in the axial plane. With these sections and with the adjustment of the section thickness, a number of additional bone canals were found in some patients. Many of them had directions and dimensions not seen in coronal or sagittal sections, but only in sections perpendicular to the panoramic curve.

### **Evaluation of the influence of patient positioning on the reliability of lateral cephalometry**

As far as the research contributions on the two-dimensional imaging program are concerned, in this article I started from an existing function in the Romexis program called Virtual Ceph. This feature allows you to achieve from a volume a side projection equivalent to a profile telerradiography. The way the projection is made is adjustable by means of this function by the possibility of the patient's head turning and / or tilting. Knowing that standard gold telerradiography is one in which the bilateral structures are perfectly superimposed, we intend to study the influence of patient positioning on the validity of this telerradiography and in cases where this gold standard is not achieved. For a more precise analysis of this issue, the study was decided on a group of patients already having telerradiographies of a profile, some of them even two, the second one being made in the idea of improving the first one. The database was provided by UMF Targu Mures, which also gave the Ethics Commission the opinion of the study. Using PCI 2D, AudaxCeph (Ljubljana, Slovenia), we conducted a Tweed

soft-tissue analysis successively over a period of one month by two observers. Analyzes were performed on 11 dimensional parameters and intra and inter-observer angles and the data were compared. Based on the statistical analysis, it was concluded that teleradiographies should not be repeated because there is no justification for the additional information obtained from the additional dose of radiation received by the patients.

## **CT NUMBERS INFERRED FROM CONE-BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY**

The fifth subchapter deals with the study of the HU-specific index of CBCT in homogeneous substances compared to the HU index from CT. The working method analyzes the variability of the voxel values within a 9 mm diameter ball that moves a 1 mm pitch from the center of the Field of View (FOV) purchased to its outside until it reaches its edge. By comparing with the gold standard obtained with the CT we noticed the value of the differences and how they vary by trying to apply them to the CT values by applying mathematical functions.

## **SEGMENTATION OF THREE DIMENSIONAL MEDICAL IMAGES**

About our current research concerns related to segmentation of medical imagery we have presented in the additional chapter three cases of using the imaging segmentation function.

Segmentation of images refers to the decomposition of an image into its components. Following the segmentation process, distinct objects, regions that satisfy certain uniformity criteria, will be extracted from the image.

Segmentation in CBCT acquired can be made the easiest and safest in regions where air presence is near-bound. Such a part of the spheroid has bone and the other part has air. In this way, the setting and customization of the shape of the spheroid is made easier. After the seed has been inserted into the homogenous material, the volume of the spheroid will be divided into two parts, one with the homogeneous material to be determined volumetrically and the other with air. This is how the volumetric size is evaluated.

## **OUR OWN CONCLUSIONS AND CONTRIBUTIONS**

Through our research we have reached a certain level that needs to be continued, the methods used by us being easily developed and improved being presented in the thesis.

The qualitative analysis of the voxels of a CBCT acquisition should be transformed from a present subjective one into an objective one as in the case of classical CT. The mathematical methods that allow the transformation into Hu indices of the Hu CBCT indices may be continued by taking our method of research as a starting point. Observing the variability of this index should be done on as many materials as possible and the more programs and types of CBCT devices with different acquisition parameters to draw conclusions in the direction of research. The small doses in the patient with whom CBCT acquired are made are of a smaller size order and 6-7 times lower than CT. Image segmentation, which is currently predominantly classic CT, could be done by solving these problems with CBCT tomographs.

Regarding the implementation of surgical guidelines for the insertion of dental implants, we have turned through our research to make a guide as simple as possible and in as few phases. The technical and economical advantages were also covered in this project, the cost of the guide and the model made by our method being very low, being entirely made of corn starch (PLA), which has a price of 80 RON/ kg under the conditions in which our guide was made from 4 grams and printing it 3D is done in about an hour. The issues left unresolved by our method are related to cases involving larger editions and requiring intraoral scans.

The tendency of making these implant insertion guides would, in our opinion, be one that in the future will not use additional fingerprinting materials that need to be scanned, making it difficult to manufacture these devices. Their production should be as simple and fast as possible, and these steps will be resolved by using increasingly complex CAD programs.

Research on the identification of iterphoramin bone canals has gone from the technique of inserting dental implants for over-protection of patients with problems related to the denture stability they had.

The technique was meant to be a minimally invasive one that uses only the CBCT exam and a guy made by the technician following the execution of the gypsum model. We found among the patients a great diversity of the trajectory and position of these channels, namely: they were not all similar in all patients, their directions and sizes varied, their number was not constant. We have thus decided to conduct a study on a wider group of patients, a study that could be continued on the distal portions of the mandible on a larger number of patients.

The methods used in the study were their own contributions by choosing the angles of the study sections and by their evaluation mode, section by section with a step equal to that of the images from which they are composed with a voxel of, for example, 0.2 millimeters.

Concerning the research on the influence of patient positioning on the accuracy of the profile teleradiography, the findings went to an area where repetition would not be necessary, this repetition not providing valuable additional information.

Our own contribution was related to the research study project in which two observers statistically certify that they read similarly the results generated by their profile teleradiographies, and are then allowed to read on the same radiographs of the same patient.

Parameters obtained from the readings do not show variability in the second part of the study, or their variability is insignificant.

The remaining issues are related to the indication in degrees of the accepted maximum as the wrong patient positioning and the calculation of their values. Compared to the gold standard, the patient may have a certain head inclination or spin that does not count in the cephalometric results due to the summation of errors related to the positioning and correct identification of the cephalometric points.

The general conclusions are related to the need for permanent training of physicians in relation to the three-dimensional imaging approach. This can also be done in the formal education system if the curriculum changes. There are also learning offers on various types of PCI on the market. Those who want to become more familiar with using these PCIs have a lot of video tutorials on the manufacturers' websites explaining the use of most of the important functions of these programs. Due to the fact that there are a lot of CBCT units present on the market, training becomes very complex. There are common features that are common to several PCI manufacturers. There are also viewers and shared acquisition programs for multiple types of units. Reconstruction programs do not work with the same reconstruction algorithms, with qualitative results being greatly influenced when we view a volume purchased with a program other than native.