

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
“VICTOR BABEȘ” TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MEDICINĂ DENTARĂ  
DEPARTAMENTUL III**

**ROTAR N.M. RAUL-NICOLAE**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**ASPECTE CLINICE ȘI EXPERIMENTALE ALE  
AMPRENTĂRII DIGITALE**

**R E Z U M A T**

Conducător Științific  
**PROF. UNIV. DR. ANCA JIVĂNESCU**

**Timișoara  
2021**



## CUPRINS

Lista lucrărilor publicate.....	VI
Lista abrevierilor.....	VII
Indexul figurilor.....	VIII
Indexul tabelelor.....	XI
Mulțumiri.....	XII
INTRODUCERE.....	XIII

<b>PARTEA GENERALĂ .....</b>	<b>1</b>
1. Scurt istoric .....	1
2. Modul de funcționare al sistemelor de scanare intraorală .....	5
2.1. Triangulația .....	5
2.2. Microscopia confocală .....	7
2.3. Interferometria și interferometria în acordeon (IA) .....	9
2.4. Tomografia optică coerentă (TOC) .....	9
3. Clasificarea sistemelor de scanare intraorală după modul de operare.....	11
3.1. Scannerul CEREC .....	11
3.2. Scannerul PlanScan Planmeca.....	13
3.3. Scannerul Trios 3 Shape .....	14
3.4. Scannerul ITerio .....	15
3.5. Scannerul Lava COS .....	16
3.6. Scannerul FastScan.....	17
3.7. Scannerul ZFX intrascan .....	18
4. Fidelitatea și precizia sistemelor de scanare intraorală .....	19
5. Factori care influențează acuratețea sistemelor de scanare intraorală .....	23
5.1. Lumina ambientală.....	23
5.2. Transluciditatea substratului .....	24
5.3. Protocolul de scanare .....	25
5.4. Geometria suprafeței .....	26
5.5. Gradul de umectare al suprafeței.....	26
6. Avantajele și limitările sistemelor de scanare intraorală .....	28
6.1. Avantajele SIO .....	28
6.2. Limitările SIO .....	30
6.3. Curba de învățare .....	30
6.4. Localizarea marginilor preparației .....	31

6.5. Izolarea .....	31
6.6. Costul de achiziție.....	32
<b>PARTEA SPECIALĂ .....</b>	<b>33</b>
1. Influența geometriei preparației asupra acurateții amprente digitale și convenționale .....	34
1.1. Introducere.....	34
1.2. Material și metodă.....	35
1.3. Rezultate.....	37
1.4. Discuții .....	38
1.5. Concluzii .....	39
2. Influența factorilor clinici asupra fidelității scanării intraorale .....	40
2.1. Introducere.....	40
2.2. Material și metodă.....	41
2.3. Rezultate.....	44
2.4. Discuții .....	45
2.5. Concluzii .....	46
3. Fidelitatea și precizia a două sisteme de scanare intraorală: studiu comparativ in vitro .....	47
3.1. Introducere.....	47
3.2. Material și metodă.....	48
3.3. Rezultate.....	52
3.4. Discuții .....	55
3.5. Concluzii .....	56
4. Amprenta digitală versus amprenta convențională: evaluarea comparativă a percepției studenților și a medicilor stomatologi .....	57
4.1. Introducere.....	57
4.2. Material și metodă.....	58
4.3. Rezultate.....	60
4.4. Discuții .....	63
4.5. Concluzii .....	64
5. Este tehnologia cad-cam un instrument important pentru evaluarea corectitudinii preparațiilor dentare? .....	65
5.1. Introducere.....	65
5.2. Material și metodă.....	66
5.3. Rezultate.....	70
5.4. Discuții .....	72

5.5. Concluzii .....	74
6. Evaluarea adaptării marginale a coroanelor integral ceramice fabricate prin tehnologie cad/cam obținute prin protocolul digital direct și indirect .....	75
6.1. Introducere .....	75
6.2. Material și metodă .....	76
6.3. Rezultate .....	79
6.4. Discuții .....	81
6.5. Concluzii .....	83
7. Abordarea digitală și convențională în tratamentul uzurilor dentare severe din zona frontală .....	84
7.1. Introducere și obiective .....	84
7.2. Prezentare de caz .....	85
7.3. Discuții .....	89
7.4. Concluzii .....	90
CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE .....	91
BIBLIOGRAFIE .....	97
ANEXE .....	I

## REZUMAT

Obiectivul principal al acestui manuscris a fost acela de a observa limitările amprentării digitale, atât în scenariile clinice cele mai uzuale precum și în scenarii particulare, în speranța de a obține o serie de răspunsuri cât mai clare referitor la indicațiile și avantajele scanării intraorale. De asemenea un alt obiectiv al prezentei tezei, a fost acela de a evalua comparativ performanțele clinice ale sistemelor de scanare intraorală, pentru a observa dacă parametrii de funcționare și utilizare indicați de producători corespund cu utilizarea practică a acestor sisteme.

Evaluarea sistemelor de scanare intraorală, mai exact a amprentării digitale, pornește de la un deziderat regăsit și în cazul amprentării convenționale cu material de amprentă, respectiv acuratețea reproducerii suprafețelor înregistrate. Studiile efectuate în prezenta teză de doctorat au încercat să evalueze aceste caracteristici prin simularea de diverse scenarii clinice, în care s-a realizat evaluarea comparativă a tehnicilor tradiționale și digitale de amprentare.

În ultima decadă, evoluția tehnologiei s-a desfășurat într-un ritm extrem de alert, cuprinzând toate aspectele vieții cotidiene, pornind de la telefoanele mobile, care au devenit tot mai performante, până la locuințele și autovehiculele inteligente, care intuiesc tot mai mult nevoile utilizatorilor. În acest context, trecerea de la metodele convenționale de tratament, cronofage și supuse diverselor erori, spre cele digitale, a devenit inevitabilă. Tehnologiile digitale au marcat profund majoritatea specialităților stomatologice. Protetica dentară s-a bucurat de cele mai evidente îmbunătățiri ale fluxului operațional digital, axate pe utilizarea tehnicilor de amprentare digitală și a sistemelor CAD/CAM.

La ora actuală, scanerile intraorale au început să fie tot mai frecvent utilizate în cabinetele stomatologice. Principalele motive pentru care au cunoscut acest succes sunt reprezentate de reducerea timpului de lucru pentru clinician, confort sporit pentru pacient, vizualizarea în timp real a calității tratamentului precum și posibilitatea efectuării de corecturi dacă acest lucru este necesar, fără reluarea tuturor pașilor de lucru precedenți. Cu toate acestea, există și unele limitări ale acestor sisteme. În primul rând, curba de învățare nu este facilă și rapidă, motiv pentru care nu orice clinician poate să utilizeze cu succes de la bun început un astfel de sistem. De asemenea nu toate cazurile se pretează tehnicilor de scanare intraorală. Restricțiile legate de o geometrie necorespunzătoare la nivelul preparațiilor, de izolarea deficitară, de accesul dificil al vârfului de scanare la nivelul anumitor zone precum și prețul de achiziție ridicat, reprezintă încă obstacole în calea virării complete de la convențional la digital în amprentare.

Dat fiind numărul tot mai crescut de sisteme de scanare disponibile pe piață, pentru un medic stomatolog ia naștere o întrebare extrem de pertinentă: "Pe care dintre toate aceste sisteme să îl aleg, astfel încât să îmi ușurez munca dar în același timp să mențin și calitatea tratamentelor?". Răspunsul la această întrebare nu este deloc ușor și se poate schimba de la un an la altul, datorită evoluției fulminante a acestor tehnologii.

De cele mai multe ori, cele mai importante caracteristici luate în calcul la alegerea unui dispozitiv de scanare intraorală sunt reprezentate de precizie, viteza de înregistrare a datelor, ergonomie și de posibilitatea de a trimite la un laborator de tehnică dentară datele scanate, respectiv să fie un sistem deschis, ce permite exportarea fișierelor în format STL.

Pentru ca un sistem de scanare intraorală să poată fi utilizat cu succes este necesar ca acuratețea acestuia să fie sub 50  $\mu$ m. Pentru o restaurare protetică unidentară, această valoare este considerată crescută, în timp ce pentru o restaurare compusă din mai multe elemente, o acuratețe de 50  $\mu$ m sau chiar mai ridicată, este considerată clinic acceptabilă.

Cu cât suprafața ce trebuie scanată este mai mare, proporțional va scădea acuratețea, datorită algoritmilor de înregistrare a datelor, care practic 'țes' imaginile capturate, una în continuarea celeilalte. Scanarea unei zone mai extinse (respectiv

întreaga arcadă) determină un risc sporit de apariție al erorilor. De asemenea, scanarea repetată a unei zone va duce la creșterea numărului de erori posibile.

Standardele de determinare a acurateței de scanare a sistemelor intraorale nu sunt extrem de bine definite. Există numeroase studii care testează *in vitro* variate sisteme de scanare, multe dintre ele neavând relevanță clinică, deoarece marjele de precizie și fidelitate între care aceste sisteme operează sunt mai mult sau mai puțin la latitudinea firmelor producătoare.

**Obiectivele științifice principale** ale acestei cercetări sunt:

1. Evaluarea modului în care geometria unei preparații dentare influențează acuratețea amprente digitale comparativ cu amprenta convențională
2. Evaluarea impactului factorilor clinici (prezența dinților vecini bontului dentar preparat) asupra fidelității unei scanări intraorale
3. Evaluarea comparativă a acurateței de înregistrare a detaliilor unei preparații dintre diferite sisteme de scanare intraorală
4. Evaluarea acceptabilității tehnicilor digitale de către medicii stomatologi
5. Aprecierea beneficiilor pe care amprentarea digitală le oferă cu privire la evaluarea corectitudinii unei preparații dentare
6. Evaluarea adaptării marginale a coroanelor integral ceramice fabricate prin tehnologie cad/cam obținute prin protocolul digital direct și indirect
7. Evaluarea aplicabilității clinice a tehnologiilor digitale în tratamentul restaurativ protetic.

**Primul studiu** a evaluat influența geometriei preparațiilor dentare (bonturilor) asupra acurateței ambelor metode de amprentare, convențională și digitală. O serie de incisivi centrali maxilari din rășină au fost preparați pentru coroane integral ceramice cu angulații de 0°, 5°, 15° respectiv 25°, preparații au fost scanate cu ajutorul unui scanner intraoral precum și a unui scanner de laborator. Apoi s-au realizat amprente convenționale cu polivinil siloxan (PVS), obținându-se câte trei modele pentru fiecare de bont de referință. Prin suprapunerea fișierelor .STL s-au observat modelele de deviație ale scanărilor din grupurile testate față de modelul de referință.

În **al doilea studiu** s-a evaluat influența structurilor dentare adiacente preparației asupra fidelității scanării intraorale. Un premolar maxilar a fost preparat pentru o restaurare protetică unidentară ceramică, fiind apoi scanat în trei situații clinice simulate: nici un dinte adiacent preparației, un dinte adiacent preparației și ambii dinți adiacenți, absenți. Compararea fișierelor s-a realizat cu ajutorul unui algoritm de suprapunere din program. Rezultatul obținut a fost sub forma unor hărți de culori ce indică diferențele de 'potrivire' dintre scanări.

**Al treilea studiu** a analizat acuratețea (fidelitatea și precizia) a două sisteme de scanare intraorală, la nivelul unei preparații de tip onlay. Au fost folosite două scanere intraorale, PlanScan și CEREC Omnicam, precum și un scanner de laborator cu rezoluție înaltă, D700. Un molar prim maxilar standard din rășină a fost preparat pentru un onlay ceramic fiind apoi scanat cu ambele scanere, precum și cu scannerul de laborator (modelul de referință). Valorile pentru fidelitate au fost obținute prin suprapunerea fișierelor STL din grupurile test cu fișierul STL al scanării de referință. Suprapunerea STL-urilor în cadrul fiecărui grup test a generat valorile pentru precizie.

Cel de **al patrulea studiu** a investigat eficiența și percepția operatorilor cu privire la cele două tehnici de amprentare, convențională și digitală. Cinci medici specialiști în protetică dentară, cinci medici rezidenți de protetică și patru studenți, au realizat amprente

digitale și convenționale pentru o RPF, pe un tipodont montat într-un manechin. Eficacitatea tehnicii de amprentare a fost evaluată prin măsurarea timpului total de lucru, acesta incluzând și pașii pregătitori manoperei propriu-zise. Operatorii au fost rugați să completeze un chestionar cu privire la impresia rezultată în urma efectuării celor două metode de amprentare, iar răspunsurile au fost cuantificate.

În **al cincilea studiu** a fost investigată prevalența erorilor de geometrie a preparațiilor, care au trecut neobservate de către rezidenții de protetică dentară și de a determina dacă acestea ar fi putut să fie identificate și corectate în urma analizei modelului digital. Au fost analizate 60 de bonturi preparate de 30 de rezidenți de protetică dentară. Fiecare bont a fost scanat folosind un scanner intraoral (PlanScan, Planmeca) și introdus în software-ul Romexis unde a fost analizată reducerea ocluzală, convergența ocluzală a pereților axiali, lățimea și omogenitatea pragului, precum și unghiurile negative.

**Al șaselea studiu** a investigat adaptarea marginală a coroanelor fabricate prin tehnologia CAD/CAM rezultate în urma scanării directe și indirecte a unui bont preparat. Patru amprente digitale au fost realizate, folosind scannerul intraoral Planscan (Planmeca) prin scanarea directă a bontului fixat în tipodont rezultând modelele digitale. Apoi s-au realizat un număr de opt amprente convenționale folosind două tipuri de materiale de amprentă diferite. Modelele din ghips rezultate, au fost scanate cu același scanner intraoral fiind introduse în software-ul CAD/CAM Romexis, urmând apoi același protocol ca și grupul scanat direct. Toate coroanele au fost inspectate și fotografiate la o magnificație de 40x cu ajutorul unei camere foto digitale (D3300, Nikon) montată la un stereomicroscop analiza adaptării marginale realizându-se pe baza a 48 de imagini, fiecare coroană fiind investigată mezial, distal, oral și vestibular.

**Al șaptelea studiu** a evidențiat rezultatul estetic și funcțional obținut în urma combinării metodelor digitale și convenționale de fabricare a restaurărilor protetice. În cadrul Disciplinei de Protetică Dentară din Timișoara, s-a prezentat o pacientă în vârstă de 63 ani, având ca motivație principală problemele estetice ale zonei frontale precum și probleme funcționale în zona laterală. Examinarea intraorală a evidențiat următoarele: gingivită la nivelul grupului frontal mandibular, restaurări protetice fixe vechi în zona posterioară și uzura marcată a dinților frontali maxilari. La nivelul grupului frontal maxilar s-au realizat preparații minim invazive, cu prag rotunjit, implicând patru coroane pe incisivi și o fațetă pe canin. Datorită reducerii minime de țesuturi dure dentare, vitalitatea bonturilor a putut fi menținută. Preparațiile au fost scanate cu scannerul intraoral PlanScan, restaurările ceramice (Empress CAD Multi), fiind frezate în cabinet (Planmill 40, Planmeca). Restaurările ceramice au fost fixate urmând un protocol de cimentare adezivă, cu un ciment fotopolimerizabil.



Concluziile finale ale tezei prezente sunt prezentate în cele ce urmează.

Referitor modalitatea în care angulația finală a unei preparații influențează rezultatul final al amprentării s-a observat că:

1. Ambele grupuri investigate (amprenta convențională cu PVS și amprenta digitală) au evidențiat creșterea acurateței la o convergență ocluzală a bontului de  $15^{\circ}$ .
2. La convergența ocluzală a bonturilor apropiată de valoarea de  $0^{\circ}$ , ambele grupuri au prezentat valori similare ale acurateței.
3. Pentru ambele grupuri investigate, valorile medii ale fidelității au indicat faptul că grupul amprentării cu tehnica digitală a avut cea mai redusă deviație raportată la modelul de referință.

Investigarea efectului factorilor clinici reprezentați de prezența dinților adiacenți unei preparații, asupra fidelității amprente digitale, a condus la următoarele concluzii:

4. Fidelitatea unei amprente digitale este condiționată de o bună vizibilitate a preparației.
5. Prezența dinților adiacenți reduce vizibilitatea interproximală, cu un minus de date la acest nivel.
6. Cea mai scăzută fidelitate a fost în cazul prezenței ambilor dinți adiacenți preparației, pentru toți operatorii, fiind urmată de scenariul cu un singur dinte adiacent și fără nici un dinte mezial și distal de preparație.
7. Influența operatorilor respectiv a modului de scanare individual, în apariția erorilor amprente digitale, nu a prezentat semnificație statistică.

Investigarea comparativă dintre acuratețea amprentelor digitale obținute cu ajutorul a două sisteme de scanare, CEREC Omnicam și Planmeca PlanScan, în scenariul simulat pentru o restaurare unidentară de tip onlay, a evidențiat următoarele:

8. Deviațiile acurateței celor două scanere analizate au fost consecvente, fără ca să existe diferențe majore între acestea.
9. Cu toate că la inspecția vizuală a modelelor 3D obținute cu cele două scanere s-au putut observa o serie de neconcordanțe, din punct de vedere statistic acestea nu au prezentat semnificație.

Percepția medicilor legată de realizarea amprente digitale și utilizarea tehnicii de scanare intraorală, precum și timpul alocat celor două tehnici de amprentare (convențională și digitală) au fost de asemenea evaluate, reieșind următoarele concluzii:

10. Timpii medii de lucru în cadrul grupului medicilor specialiști au fost semnificativ diferiți din punct de vedere statistic, între metoda convențională și cea digitală.
11. Atât în grupul rezidenților cât și în grupul studenților, diferențele dintre timpii de lucru înregistrați pentru cele două metode, au fost semnificative.
12. Media timpilor de lucru pentru amprenta convențională a fost cea mai redusă pentru grupul medicilor specialiști, urmând apoi grupul rezidenților și al studenților. Cu toate acestea, rezultatele nu au avut semnificație statistică.
13. Pentru amprenta digitală, cei mai reduși timpi de lucru au fost evidențiați în grupul medicilor rezidenți, urmând apoi grupul studenților și al specialiștilor. Și în această situație, rezultatele nu au prezentat semnificație statistică.
14. 63.3% dintre participanții la studiu au declarat că tehnica preferată a fost amprentarea digitală, 28.6% dintre participanți nu au avut nici o preferință, iar 7.10% au preferat tehnica convențională de amprentare.

15. 92.9% dintre participanți au considerat faptul că amprentarea digitală permite eficientizarea activității din cabinet, în timp ce 7.1% dintre participanți au ales amprentarea convențională.
16. 78.6% dintre participanții la studiu au considerat că amprentarea digitală crează premisele unor rezultate clinice superioare, în timp ce 21.4% au considerat că ambele tehnici conduc la rezultate clinice calitative.
17. Amprenta convențională a fost mai puțin eficientă decât cea digitală. Timpii medii de lucru au fost mai reduși pentru amprenta digitală, confirmând astfel ipoteza nulă.

Studiul legat de evaluarea erorilor de prepararea a bonturilor, precum și beneficiile utilizării amprente digitale ca instrument de evaluare a corectitudinii unei preparații, a condus la concluziile enumerate mai jos:

18. Mai mult de jumătate dintre operatori nu au întrunit standardele impuse pentru reducerea suprafeței ocluzale. Privitor la reducerea proximală, doar 26,6% dintre preparații au întrunit specificațiile inițiale.
19. Lățimea preparației marginale a fost respectată în 16,6% din cazuri, în timp ce omogenitatea pragului a fost prezentă la 47% din bonturile examinate. Criteriile ideale de convergență ocluzală au fost prezente la 36% dintre preparații.
20. Amprentarea digitală permite evaluarea imediată a geometriei preparației, care poate să reprezinte un instrument de evaluare obiectivă a preparațiilor dentare.

Studiul comparativ între protocolul de scanare directă și indirectă în vederea realizării restaurărilor ceramice cu tehnologie CAD/CAM a prezentat următoarele concluzii:

21. Atât metodele digitale directe cât și cele indirecte, de realizarea a RPF CAD/CAM, conduc la valori ale adaptării marginale acceptabile din punct de vedere clinic;
22. Metoda digitală directă este mai eficientă din punctul de vedere al timpului de lucru, necesitând mai puține etape.

Combinarea metodelor digitale și convenționale în tratamentul uzurilor dentare severe din zona frontală, la pacienții cu patologii asociate (diabet zaharat de tip 2) a avut ca și concluzii:

23. Combinarea restaurărilor realizate cu tehnologia CAD/CAM, precum și cele realizate prin metoda convențională (în laboratorul de tehnică dentară), conduc la tratamente protetice care satisfac atât dezideratele estetice cât și cele funcționale.
24. Echilibrarea ocluzală corectă este cu atât mai importantă în cazul pacienților care prezintă boli metabolice asociate datorită influenței majore pe care acestea o exercită asupra structurilor de susținere ale dinților.

Teza de doctorat a realizat cercetări multidirecționale, iar studiile *in vitro* și *in vivo* efectuate au încercat să contribuie la clarificarea unor aspecte controversate din literatura de specialitate referitoare la amprenta digitală. Prin scenariile abordate, au fost clarificate o serie de întrebări, dar în aceeași măsură au rămas și numeroase necunoscute care necesită soluționare.

Datorită evoluției constante a tehnologiilor și echipamentelor, este necesar să continuăm cercetările legate de acest domeniu inovator al scanării intraorale, cu o importanță majoră în fluxul operațional digital. Studiile ulterioare vor fi orientate spre cercetarea tehnologiilor de scanare cu tehnologie ultrasonică, pentru a obține imagini intraorale de înaltă rezoluție. Scopul final este creșterea eficienței clinice și crearea posibilității de a obține amprente digitale precise, care vor permite realizarea de restaurări protetice estetice, funcționale și longevive.