

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

# Metode complementare non-invazive utilizate pentru investigarea țesuturilor dento-parodontale

---

Doctorand **Radu Chifor**

---

Conducător de doctorat **Prof. Dr. Mîndra Eugenia Badea**

---



**UMF**  
UNIVERSITATEA DE  
MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
IULIU HAȚIEGANU  
CLUJ-NAPOCA

Cluj-Napoca 2015

## CUPRINS

<b>INTRODUCERE</b>	15
<b>STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII</b>	17
1. Elemente de morfologie și diagnostic ale sistemului dento-parodontal	19
2. Modalități clasice de examinare a parodonțiului marginal	23
2. 1. Examenul clinic	23
2.1.1. Sondarea computerizată, automatizată a pungilor parodontale	24
2. 2. Examinările complementare radiologice	26
2. 3. Examinările complementare bacteriologice	28
3. Alternative în examinarea parodonțiului marginal	29
3. 1. Ultrasonografia parodonțiului marginal	29
3. 2. Monitorizarea vascularizației gingivale	31
4. Tratamentul non-chirurgical în afecțiunile parodontale	35
4. 1. Tratamentul clasic non-chirurgical în afecțiunile parodontale	35
4. 2. Laserterapia fotodinamică, tratament adjuvant tratamentului clasic non-chirurgical	36
Parodontal	36
<b>CONTRIBUȚIA PERSONALĂ</b>	39
<b>1. Ipoteza de lucru/obiective</b>	41
<b>2. Studiul 1. Evaluarea laser-terapiei fotodinamice parodontale prin monitorizarea microcirculației gingivale</b>	43
2.1. Introducere	43
2.2. Ipoteza de lucru/obiective	43
2.3. Material și metodă	44
2.4. Rezultate	49
2.5. Discuții	51
2.6. Concluzii	52
<b>3. Studiul 2. Utilizarea ultrasonografiei cu frecvență înaltă pentru evaluarea și caracterizarea sistemului dento-alveolar</b>	53
3.1. Introducere	53
3.2. Ipoteza de lucru/obiective	53
3.3. Material și metodă	53
3.4. Rezultate	54
3.5. Discuții	57
3.6. Concluzii	57
<b>4. Studiul 3. Evaluarea sistemului dento-parodontal prin ultrasonografie cu frecvență de 20 MHz, comparativ cu computertomografia și microscopia</b>	59
4.1. Introducere	59
4.2. Ipoteza de lucru/obiective	59
4.3. Material și metodă	59
4.4. Rezultate	63
4.5. Discuții	66

4.6. Concluzii	66
<b>5. Studiul 4. Identificarea computerizată a șanțului gingival și a inserției epiteliale gingivale pe imagini de ultrasonografie parodontală cu frecvență înaltă</b>	67
5.1. Introducere	67
5.2. Ipoteza de lucru/obiective	67
5.3. Material și metodă	67
5.4. Rezultate	70
5.5. Discuții	73
5.6. Concluzii	75
<b>6. Studiul 5. Identificarea elementelor anatomice utilizate în diagnosticul afecțiunilor parodontale pe imagini de ultrasonografie parodontală cu frecvența de 40 MHz</b>	77
6.1. Introducere	77
6.2. Ipoteza de lucru/obiective	77
6.3. Material și metodă	77
6.4. Rezultate	79
6.5. Discuții	81
6.6. Concluzii	83
<b>7. Studiul 6. Aprecierea evoluției inflamației gingivale, în urma igienizării profesionale, cu ajutorul ultrasonografiei parodontale cu frecvența de 40 MHz</b>	85
7.1. Introducere	85
7.2. Ipoteza de lucru/obiective	85
7.3. Material și metodă	85
7.4. Rezultate	86
7.5. Discuții	89
7.6. Concluzii	91
<b>8. Discuții generale</b>	93
<b>9. Concluzii generale</b>	95
<b>10. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei</b>	97
<b>REFERINȚE</b>	99

## INTRODUCERE

Sistemul dento-parodontal reprezintă suportul dinților în cavitatea orală fiind alcătuit din mai multe țesuturi componente: gingie, cement radicular, osul alveolar și ligamentele parodontale. Rolul principal este cel de menținere a dinților la nivelul maxilarului și mandibulei. Componentele sistemului dento-parodontal preiau forțele masticatorii și le transmit de la nivelul dinților la nivelul proceselor alveolare, prin intermediul ligamentelor parodontale. Componentele parodonțiului marginal au fost împărțite în 2 categorii: *parodonțiul superficial* sau de înveliș, gingia, care are ca principală funcție protejerea țesuturilor parodontale profunde și *țesutul parodontal profund*, de susținere sau funcțional. Prin intermediul țesuturilor profunde: cement, ligamente și osul alveolar, dinții sunt atașați la nivelul maxilarelor<sup>[1, 2]</sup>. Sistemul dento-parodontal suferă modificări pe măsura trecerii timpului datorită îmbătrânirii, infecțiilor, forțelor excesive aplicate la nivelul dinților etc.

Pentru diagnosticarea afecțiunilor parodontale, în prezent, se monitorizează semnele și simptomele clinice și se fac diverse testări cum ar fi sondarea parodontală din timpul examinărilor clinice, evaluarea mobilității dentare, radiografii, teste sanguine, analize microbiologice și biopsie.

Sondarea pungilor parodontale stabilește adâncimea la sondare a pungii parodontale. Această dimensiune este diferită de adâncimea biologică a pungii, care la ora actuală este măsurată cu exactitate doar pe secțiuni histologice, în vitro<sup>[Error! Reference source not found.]</sup>. Evaluarea mobilității dentare se poate face cu exactitate cu ajutorul unor aparate precum periotestul<sup>[4]</sup>. Radiografiile dentare aduc informații prețioase legate, în special, de țesuturile dure osoase și dentare, mai puțin despre țesuturile gingivale. De asemenea, există un inconvenient major în ceea ce privește utilizarea examinărilor radiologice în scopul monitorizării afecțiunilor parodontale și anume radiația ionizantă<sup>[Error! Reference source not found.]</sup>. <sup>[Error! Reference source not found.]</sup>. Testele sanguine, analizele bacteriologice și microbiologice sunt extrem de costisitoare la ora actuală și drept urmare nu sunt utilizate ca examinări de rutină în diagnosticul și monitorizarea afecțiunilor parodontale.

În acest sens, am ales căutarea unor alternative în evaluarea și monitorizarea afecțiunilor parodontale, datorită dezavantajelor metodelor actuale. În cadrul acestei teze am studiat țesuturile parodontale sănătoase, pe modele experimentale, în special mandibule de porc, dar și la subiecți umani. De asemenea, am studiat efectul unor tratamente cu influențe imediate asupra parodonțiului, cum ar fi igienizarea profesională și laserterapia parodontală la un lot de subiecți umani. Scopul cercetărilor a fost identificarea unor metode de examinare parodontală non-invazive, eficiente din punct de vedere al costurilor, neconsumatoare de timp, reproductibile și cu o acuratețe ridicată.

Studiile desfășurate în cadrul acestei teze de doctorat au beneficiat de finanțare prin proiectul de burse doctorale POSDRU nr. 107/1.5/S/78702.

**Cuvinte cheie:** parodontiu, ultrasonografie parodontala, laser Doppler, gingivita, diagnostic boala parodontala

## CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

### Obiectivele cercetării:

1. Identificarea unei metode de examinare non-invaziva, cum ar fi ultrasonografia cu frecvență înaltă, care să permită identificarea și cuantificarea resorbției osului alveolar
2. Utilizarea ultrasonografiei pentru evaluarea nivelului inserției epiteliate gingivale
3. Evaluarea inflamației gingivale prin măsurători ale dimensiunilor țesuturilor gingivale pe imagini de ultrasonografie cu frecvență înaltă.
4. Evaluarea inflamației gingivale prin măsurători ale fluxului gingival cu ajutorul Laser Doppler

## **Studiul 1. Evaluarea laser-terapiei fotodinamice parodontale prin monitorizarea microcirculației gingivale**

**Scopul studiului:** *principal* - Demonstrarea unei corelații între inflamația gingivală (cuantificată prin indicii clasici: indicele de sângerare la sondare și indicele de sângerare gingivală) și fluxul sanguin gingival.

*secundar* - Evaluarea aPDT (terapie laser fotodinamică antimicrobiană), ca tratament adjuvant al tratamentului clasic non-chirurgical aplicat în boală parodontală, prin comparație cu tratamentul clasic non chirurgical (detartraj și planare radiculară), fără un alt tratament adjuvant, folosind fluxul sanguin gingival ca element principal de cuantificare.

**Material și metodă:** Studiul pilot se referă la măsurarea laser Doppler a fluxului sanguin gingival la nivelul a 30 de locuri diferite, înainte și după aplicarea a 4 ședințe de laser terapie fotodinamică antimicrobiană la 4 pacienți cu afecțiuni parodontale. La începutul fiecărei ședințe de tratament, în cadrul examenului clinic, a fost determinată parodontograma, graficul parodontal, înregistrat automatizat, incluzând: notarea locurilor care prezintă sângerare la sondare (BOP), măsurarea pungilor parodontale (PPD), măsurarea recesiunilor gingivale (REC), marcarea secreției purulente. După aceasta au fost efectuate măsurători Laser Doppler pentru evaluarea fluxului sanguin gingival. Ulterior s-a aplicat laserterapia fotodinamică antimicrobiană (aPDT).

Pacienții au fost supuși unui tratament clasic non-chirurgical, respectiv igienizarea profesională (detartraj supra și subgingival, planare radiculară), precum și ședințe de laserterapie fotodinamică la nivelul parodontiului marginal al dinților de pe hemiarcadele 1, 3 sau 2, 4. Prin urmare, zona în care a fost realizată aPDT a fost aleasă randomizat, în cazul parodontitei generalizate sau conform nevoii de tratament în cazul parodontitei localizate. Pacienții incluși în studiu au beneficiat de tratament clasic non-chirurgical al afecțiunilor parodontale și adjuvant ședințe de laser terapie aPDT cu dispozitivul TheraLite Helbo (laser terapeutic clasa IIb), Austria. Comparația a fost efectuată între dinții care au fost tratați clasic non-chirurgical și omologii lor de pe hemiarcada opusă, care au primit pe lângă tratamentul clasic și terapia fotodinamică cu dioda laser de 660 nm, cu puterea 75 Mw, Helbo TheraLite laser (laser terapeutic 12-229 clasa IIb).

**Rezultate:** În ședința inițială s-a înregistrat sângerare gingivală la sondare la 83% dintre locurile examinate. În zonele unde s-a efectuat laserterapie fotodinamică, ca terapie adjuvantă, sângerarea la sondare a scăzut la 21%, în timp ce în zonele martor sângerarea la sondare a scăzut la 46%. Culoarea violacee a gingiei înregistrată la 22 dintre locurile examinate inițial, a persistat în 5 zone, dintre care 3 în zonele martor, ulterior sedințelor de tratament. În urma celor 4 ședințe de laser terapie adjuvantă, nu s-a înregistrat o modificare semnificativ statistică a adâncimii pungilor la sondare parodontală. În zonele martor nu s-a înregistrat o modificare semnificativă statistic a fluxului sanguin gingival în decursul celor 4 ședințe de tratament. În zonele în care a fost realizată laserterapia ca tratament adjuvant tratamentul clasic non-chirurgical a fost înregistrată o îmbunătățire a fluxului sanguin gingival, marcată prin creșterea unităților perfuzabile.

**Concluzii:** Terapia laser fotodinamică antimicrobiană poate fi considerată o metodă adjuvantă cu efecte benefice asupra vascularizației gingivale. Este necesară extinderea acestui studiu pentru a demonstra că măsurătorile laser Doppler efectuate la nivel gingival pot fi utilizate ca metodă de monitorizare a afecțiunilor parodontale.

## **Studiul 2. Utilizarea ultrasonografiei cu frecvență înaltă pentru evaluarea și caracterizarea sistemului dento-alveolar**

**Scopul** acestui studiu fost realizarea unui model experimental și folosirea ultrasonografiei de frecvență înaltă pentru a obține informații credibile legate dimensiunile diverselor elemente anatomiche ale spațiului parodontal.

**Material și metodă:** Studiul a fost unul prospectiv și a constat în elaborarea unui protocol de examinare cu ajutorul ultrasonografiei. S-a utilizat un transductor de 20 Mhz, 2D, al aparatului Dermascan C, Cortex Technology, Suedia, cu care am examinat 4 mandibule de porc, realizând un model experimental. S-au folosit doar mandibule de la animale sacrificate în scop alimentar, conform normelor Uniunii Europene, într-un abator autorizat. Mandibulele au fost examinate la mai puțin de 6 ore de la sacrificarea porcilor fără a fi congelate.

Conform protocolului, aceeași persoană a realizat examinările în anumite locații prestabilite, în zona laterală a proceselor alveolare, pe versantul lingual. Transductorul a fost poziționat paralel cu planul ocluzal, la aproximativ 1 mm sub marginea coronară a procesului alveolar, examinările fiind realizate prin mișcări corono-apicale. S-au înregistrat valori pentru 20 de locuri diferite de examinare.

Pentru realizarea analizei statistice, a datelor înregistrate, a fost utilizat programul SPSS 17.

**Rezultate:** Pe baza imaginilor obținute prin ultrasonografie, am putut identifica următoarele elemente anatomice: corticala osoasă linguală, coroana dentară, rădăcina (porțiunea coronară) și marginea gingivală liberă. Pe imaginile obținute cu aparatul Dermascan C 3.0, am reușit să măsurăm cu un grad de precizie ridicată, cu ajutorul Dermascan C Cortex Software, lățimea spațiului parodontal, grosimea mucoasei fixe și grosimea osului cortical la limita sa coronară.

Principalele rezultate au fost următoarele:

- lățimea spațiului parodontal (medie = 0.45 mm, Std. Dev. = 0.078);
- grosimea mucoasei fixe (medie = 0.91 mm, Std. Dev = 0.176);
- grosimea osului cortical la limita sa coronară (grosime medie = 0.31 mm, Std. Dev. = 0.134).

**Concluzii:** Ultrasonografia cu frecvență înaltă permite identificarea elementelor anatomice ale sistemului parodontal, precum și realizarea unor măsurători credibile și cu acuratețe ridicată legate de lățimea spațiului parodontal, grosimea gingiei fixe și a corticalei osoase.

### **Studiul 3. Evaluarea sistemului dento-parodontal prin ultrasonografie cu frecvență de 20 MHz, comparativ cu computertomografia și microscopia**

**Scopul** acestei cercetări a fost identificarea și vizualizarea reperelor necesare monitorizării afecțiunilor sistemului dento-alveolar printr-o metodă non-invazivă, cum ar fi ultrasonografia, care să ne permită să facem și măsurători precise la nivelul acestor zone.

Elementele componente ale sistemului dento-alveolar pe care am căutat să le identificăm și măsurăm sunt: corticala externă a procesului alveolar la nivelul suprafeței orale, marginea corticalei osoase la limita ei coronară, spațiul parodontal la emergența dintelui din alveolă, inserția epitelială de la baza șanțului gingival, joncțiunea smalț-cement, peretele rădăcinii de la emergența procesului alveolar până la joncțiunea smalț-cement, mucoasa fixă.

**Material și metodă:** Examinările au fost efectuate la nivelul a patru mandibule de porc, în zona laterală, pe suprafețele orale ale proceselor alveolare. S-au colat repere din gutapercă, la nivelul suprafețelor orale ale dinților laterali. Colarea s-a realizat cu ajutorul unui material compozit fluid. Au fost examinate cele patru mandibule de porc în dreptul a 20 de dinți cu ajutorul aparatului Dermascan C, CORTEX TECHNOLOGY 1, Danemarca, cu un transductor de 20 MHz, 2D. Imaginile au fost obținute prin poziționarea în plan longitudinal la nivelul zonei laterale a procesului alveolar mandibular. Ulterior, cele patru mandibule au fost examinate cu ajutorul unui aparat Cone Beam Computed Tomograph (CBCT), al cărui software a permis măsurători din 0.2 în 0.2 mm.

După realizarea examinărilor radiologice, mandibulele au fost secționate la nivelul reperelor de gutapercă cu ajutorul unui microtom Buehler, Law Speed Saw, SUA.

Măsurătorile au fost realizate prin cele 3 metode cu ajutorul software-ului Dermascan C Cortex Technology, CBCT New Tom 3G și Olympus cell B. Pentru fiecare loc de examinare au fost înregistrate 3

măsurători. Prima dată pe imaginile ultrasonografice (US) a fost definită joncțiunea smalț-cement (ECJ) pe baza convexităților anatomice ale coroanei și peretelui rădăcinii, datorate morfologiei dentare. Pe imaginile de CBCT pentru aceeași secțiune, ECJ a fost relativ ușor identificată datorită diferențelor mari de radioopacitate între smalț și dentină. De asemenea, pe imaginile de microscopie au putut fi identificate joncțiunea smalț-cement, reperele de gutapercă și creastă alveolară

**Rezultate:** Au fost identificate următoarele repere anatomice pe imagini de ultrasonografie de 20 MHz în secțiuni longitudinale: conul de gutapercă lipit la nivelul coroanei dentare, margine gingivală liberă, țesut conjunctiv gingival, rădăcină, spațiul periodontal, smalțul, joncțiune smalț-cement, creastă alveolară, gingie fixă. S-a căutat identificarea aceluiași elemente anatomice prin poziționarea transductorului paralel cu planul ocluzal, obținându-se o secțiune transversală Având ca și standard de aur măsurătorile pe imaginile de microscopie, comparațiile între cele 3 metode au arătat asemănări importante ca formă și dimensiune. Distanța între joncțiunea smalț-cement și porțiunea coronară a osului alveolar este mai redusă pentru dinții posteriori față de dinții anteriori. Acest lucru a fost confirmat și de măsurătorile realizate ulterior. Deși măsurătorile au fost realizate pe un număr de doar 20 de dinți, generând un set redus de date, valorile obținute au avut o distribuție normală, permițând realizarea regresiei liniare. S-a obținut o corelație puternic pozitivă între nivelul osos măsurat cu cele 3 tehnici. Regresia liniară a arătat o corelație statistic semnificativă între nivelul osos măsurat pe imagini de CBCT, comparativ cu cele de pe imagini de microscopie ( $p < 0.001$ ). Coeficientul de corelație  $R^2$  a arătat că mai mult de 50% din valori erau corelate.

**Concluzii:** Modalitatea de monitorizare exactă a sistemului dentoparodontal este prin raportul osului alveolar cu dintele, raport din care rezultă atrofia orizontală și cea verticală. Ultrasonografia este o metodă neinvazivă care poate furniza date despre acest raport și mai multe informații asupra părților moi: margine gingivală liberă, gingia atașată procesului alveolar.

#### **Studiul 4. Identificarea computerizată a șanțului gingival și a inserției epiteliale gingivale pe imagini de ultrasonografie parodontală cu frecvență înaltă**

**Scopul** acestui studiu a fost demonstrarea faptului că US este o metodă credibilă de identificare și evaluare a joncțiunii epiteliale și a lățimii biologice. Obiectivul secundar a fost dezvoltarea unei metode computerizate, automatizate, care să faciliteze examinatorului identificarea conturului șanțului gingival.

**Material și metodă:** Studiul *in vitro* a fost realizat la nivelul suprafeței linguale a 36 de dinți situați la nivelul a opt mandibule de porc. Criteriile de incluzie au fost: dinți cu parodonțiu sănătos, fără leziuni coronare sau la nivelul țesuturilor gingivale. Animalele au fost crescute și sacrificate în scop alimentar, în ferme care respectă normele și legislația UE. La nivelul fiecărui loc de examinare au fost fixate conuri de gutapercă pe suprafața linguală, paralel cu axul longitudinal al dintelui, fără a atinge parodonțiul. A fost realizată ulterior o examinare ultrasonografică la nivelul fiecărui reper. Ulterior ultrasonografiei s-au secționat mandibulele la nivelul reperelor de gutapercă. Secțiunile obținute au fost examinate prin microscopie directă cu magnificație 4x. Pentru a facilita identificarea șanțului gingival pe imaginile de ultrasonografie, a fost aplicată o prelucrare computerizată a acestora prin aplicarea unui algoritm matematic.

**Rezultate:** Pe imaginile de US au fost identificate următoarele elemente anatomice: smalțul, rădăcina dintelui, șanțul gingival, creasta alveolară, osul cortical, gingia fixă și marginea gingivală liberă. Smalțul, cementul și osul cortical sunt zone hiperecogenice, smalțul fiind mai hiperecogen decât cementul. Țesutul conjunctiv este o zonă mai închisă la culoare fiind hipoecogen. Șanțul gingival se vizualizează ca o zonă hipoecogenă bine delimitată între dinte și marginea gingivală liberă. Următoarele distanțe au fost măsurate folosind Dermascan C software: înălțimea șanțului gingival (D-HGS), distanța dintre creasta alveolară și joncțiunea smalț-cement (D-AC-CEJ), lățimea spațiului parodontal (D-PSW). Aceleași elemente anatomice au fost identificate la examinare prin microscopie directă 4x: smalțul, rădăcina dentară, șanțul gingival, creasta alveolară, osul cortical, gingia fixă și marginea gingivală liberă. Diferențele dintre mediile absolute ale

valorilor obținute prin măsurătorile DermaScan și cele obținute pe imaginile generate computerizat, luate ca și standardul de aur, variază între 0.06 și 1.75 mm. Valorile absolute ale deviației standard ale acestor diferențe se încadrează între 0.09 și 1.75. A fost găsită o corelație semnificativă statistic ( $p < 0.05$ ) între cele 3 valori măsurate, prin cele 3 metode diferite (Dermascan, metoda computerizată și microscopie).

**Concluzii:** Ultrasonografia parodontală permite examinarea precisă și localizarea nivelului inserției epiteliale, oferind în același timp date substanțiale asupra țesuturilor moi gingivale. Metoda US poate evalua resorbțiile osoase, verticală și orizontală, cu o acuratețe comparabilă cu cea a microscopiei directe. Aceste tipuri de evaluări sunt folosite în diagnosticul și monitorizarea bolii parodontale. În studiul nostru, ultrasonografia parodontală a fost îmbunătățită prin prelucrarea computerizată a imaginilor ecografice înregistrate. Avantajul metodei US îl reprezintă faptul că este non-invazivă și poate fi realizată ori de câte ori este nevoie.

## **Studiul 5. Identificarea elementelor anatomice utilizate în diagnosticul afecțiunilor parodontale pe imagini de ultrasonografie parodontală cu frecvența de 40 MHz**

**Scopul** acestui studiu constă în identificarea datelor necesare pentru diagnosticul și stadializarea afecțiunilor parodontale, folosind ultrasonografia parodontală cu frecvența de 40 MHz.

**Material și metodă:** Studiul a fost realizat pe zece pacienți (patru femei și șase bărbați, cu vârsta cuprinsă între 25-65 ani), care prezentau inflamație gingivală și parodontită marginală cronică. S-a obținut aprobarea comisiei de etică și consimțământul informat în scris al pacienților. Examinările au fost efectuate în zona premolarilor (superiori și inferiori) și în zona dinților frontali pentru fiecare pacient. Au fost luați în considerare doar dinții fără leziuni, carii sau restaurări. La nivelul dinților selectați s-au efectuat următoarele examinări: examen clinic, ultrasonografie parodontală și examen radiologic periapical.

Au fost examinați 49 de dinți, la 10 pacienți, obținându-se imagini de ultrasonografie la nivelul suprafețelor vestibulare. În total au fost realizate 245 de măsurători pe imaginile de ultrasonografie.

**Rezultate:** Epiteliul gingival cheratinizat a fost identificat pe imaginile de US ca o linie continuă hiperecogenă, albă. Țesutul conjunctiv gingival este hipoecogen și apare ca o zonă mai închisă la culoare, între epiteliului gingival și osul cortical sau între epiteliul gingival și rădăcina dintelui. Osul cortical este o zonă hiperecogenă continuă. Dintele poate fi vizualizat ca o zonă hiperecogenă bine conturată, care este întreruptă la nivelul joncțiunii smalț-cement. Datorită acestei întreruperi, coroana și rădăcina dintelui pot fi identificate.

Pe imaginile de ultrasonografie, au fost înregistrate următoarele date cu ajutorul ULTRASONIX SonoTouch software: distanța dintre creasta alveolară și joncțiunea smalț-cement (UBJ), distanța dintre creasta alveolară și marginea gingivală liberă (UBG), grosimea/lățimea gingiei fixe (UGW) măsurată la limita coronară a osului alveolar, recesiunea gingivală măsurată pe imagini de ultrasonografie (UGR), distanța dintre joncțiunea smalț-cement și marginea gingivală liberă, lățimea spațiului parodontal la limita de coronară (UWPS), între creasta osului alveolar și rădăcina dintelui.

Cu scopul de a verifica acuratețea examinării parodontale cu ajutorul ultrasonografiei, recesiunea gingivală măsurată pe imagini de ultrasonografie a fost comparată cu recesiunea gingivală măsurată clinic, automatizat, cu Florida Probe.

Datorită existenței unui coeficient de corelație mai mare de 93% între recesiunea gingivală măsurată clinic cu sonda parodontală automatizată Florida Probe (CGR) și recesiunea gingivală măsurată pe imagini ultrasonografice (UGR), se poate considera că datele obținute pe imagini de ultrasonografie au o acuratețe extrem de ridicată.

A existat o corelație mare atunci când au fost comparate măsurătorile, de ordinul milimetrilor, efectuate pe imagini de ultrasonografie UBJ cu măsurători efectuate pe radiografii intraorale XBJ. Coeficientul de corelație a fost de 90%. Acest coeficient de corelație este mai redus, de 59,9 %, pentru lățimea spațiului



parodontal (UPSW cu XPSW) care înregistrează valori mai mici de 0,5 mm. Coeficientul mai scăzut se poate pune pe seama Minray Soredex Software, care nu poate măsura sutimi de mm.

**Concluzii:** Ultrasonografia parodontală cu frecvență înaltă de 40 MHz, reprezintă o metodă imagistică de investigație, care poate fi utilizată cu succes în scopul identificării elementelor anatomice necesare în vederea unui diagnostic parodontal precis, la nivelul zonei examinate.

## **Studiul 6. Aprecierea evoluției inflamației gingivale, în urma igienizării profesionale, cu ajutorul ultrasonografiei parodontale cu frecvența de 40 MHz**

**Obiectivul** acestui studiu a fost monitorizarea evoluției inflamației gingivale, în urma igienizărilor profesionale, cu ajutorul ultrasonografiei parodontale cu 40 MHz.

**Material și metodă:** Studiul a fost realizat pe un număr de 18 dinți cu tartru subgingival, la 5 pacienți. A fost obținut consimțământul informat al pacienților.

Examinările și tratamentele parodontale au fost realizate la nivelul premolarilor și grupului frontal maxilar și mandibular. Au fost incluși în studiu dinții care prezentau tartru subgingival la nivelul suprafeței vestibulare și nu aveau nici un fel de reconstrucție coronară sau leziune cu lipsă de substanță de orice natură. S-a efectuat examinarea ultrasonografică inițială, în scopul vizualizării depozitelor de tartru. Apoi pacientul a fost examinat clinic intraoral. Igienizarea profesională a fost realizată cu aparatul de detartraj cu ultrasunete Satelec P5 booster, Franța și airflow (NSK, Japan). Au fost repetate examinările clinice și de ultrasonografie la 2 și la 7 zile distanță față de prima ședință.

**Rezultate:** Pentru toate suprafețele examinate, în cea de-a doua și cea de-a șaptea zi după igienizarea profesională nu au fost observate, atât la nivelul coroanei cât și la nivelul rădăcinii depozite de tartru. Există o diferență minimă de 0,15 mm între valorile medii înregistrate prin măsurătorile între creasta alveolară și joncțiunea smalț-cement, în ziua a doua și a șaptea după igienizarea profesională. Corelația dintre aceste variabile a fost de 98,8% ( $p < 0.001$ ). Valorile medii ale variabilelor legate de grosimea gingivală în ziua a doua și a șaptea au înregistrat o diferență de 0,19 mm ( $p = 0,001$ ). În ceea ce privește înălțimea marginii gingivale libere a existat o diferență de 0,32 mm ( $p = 0,001$ ).

**Concluzii:** Ultrasonografia parodontală este o metodă imagistică reproductibilă și extrem de precisă, cu ajutorul căreia se poate evalua și cuantifica atât resorbția osoasă, inflamația gingivală, cât și prezența sau absența tartrului la nivel subgingival. Fiind o metodă neinvazivă și cu costuri reduse, se poate utiliza ori de câte ori este nevoie fără a avea efecte negative asupra pacienților sau personalului medical.

### **Concluzii generale**

Ultrasonografia este o metodă neinvazivă, care poate furniza date legate de țesuturile moi ale parodontiului (marginea gingivală liberă, mucoasa fixă) și țesuturile dure, respectiv peretele radicular, coroana dentară și osul alveolar. Formațiunea anatomică generată de aceste elemente, șanțul gingival cu inserția epitelială și depozitele de tartru, pot fi de asemenea vizualizate pe imaginile ultrasonografice. Prin urmare, US poate furniza date pentru măsurători exacte ale adâncimii biologice a pungii parodontale, ceea ce în prezent se obține doar prin măsurători *in vitro*, pe preparate histologice.

Avantajul major al ultrasonografiei cu frecvență înaltă de 20 MHz sau mai mare, este rezoluția bună la care este obținută imaginea. Aceasta permite măsurători precise de ordinul micronilor, care probabil se vor dovedi semnificative în depistarea precoce a afecțiunilor parodontale, monitorizarea lor extrem de exactă, precum și informații utile în ortodonție și ocluzologie.

Dezavantajul metodei ultrasonografice generat de faptul că ea este operator dependentă, este în cazul nostru, mult diminuat. Datorită faptului că adesea ultrasonografia este efectuată pe părți moi, este dependentă de capacitățile operatorului de interpretare a imaginilor obținute, precum și de presiunea

exercitată de acesta la nivelul țesuturilor. În cazul examinărilor făcute la nivelul țesuturilor parodontale, imaginile vor conține multe repere osoase fixe, care vor putea fi utilizate în viitor chiar pentru generarea unor modele 3D ale arcadei dentare, care ar facilita tehnicile de monitorizare a afecțiunilor. Pentru obținerea modelului 3D al arcadei dentare, reperele în funcție de care se fac măsurătorile sunt țesuturi dure, fixe, ale căror raporturi nu se modifică în timpul examinării, generând imagini extrem de clare, foarte ușor de interpretat și reproductibile la o măsurătoare ulterioară. Inconvenientul poate să apară în momentul în care dinții examinați au o mobilitate mare, de gradul 2 sau 3. În aceste situații s-ar impune probabil aplicarea unei șine de imobilizare a dinților înainte de efectuarea examinărilor ultrasonografice.

În vederea chirurgiei parodontale este extrem de important să se cunoască dacă există fenestrări sau dehiscente osoase la nivelul osului alveolar. În caz contrar, în urma intervențiilor chirurgicale, este posibil să se ajungă la efecte nedorite și complicații la nivelul gingiei. Palparea cu ajutorul sondei parodontale nu poate să furnizeze date exacte legate de aceste dehiscente și este dificil de diagnosticat prezența unor fenestrări osoase. Prin examen radiologic clasic și anume radiografiile periapicale sau ortopantomografie, nu este posibilă diagnosticarea dehiscentelor sau fenestrărilor osoase (adesea localizate la nivelul suprafețelor vestibulare), datorită planurilor care se suprapun pe radiografiile bidimensionale. Examenul computertomografic CT, datorită costurilor și iradierii ridicate, nu se recomandă în aceste situații. Ultrasonografia pe de altă parte, mai ales cea de rezoluție înaltă, este o procedură neinvazivă și care poate furniza detalii de ordinul micronilor referitor la aceste defecte osoase.

Convexitatea arcadei din zona frontală și dimensiunea redusă spațiului interdental ar putea să limiteze utilizarea metodei la zonele vestibulare și orale ale porțiunilor anterioare ale proceselor alveolare. Utilizarea metodei va fi mult limitată dacă dimensiunile transductorului nu vor fi suficient de reduse sau dacă transductorul nu va fi conceput pentru a putea să capteze imagini din zone cu dimensiuni reduse, cum sunt zonele interdentalare precum și dacă transductorul nu va avea o curbura prestabilită, care să urmărească forma anatomică a arcadei dentare.

### **Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei**

Una dintre contribuțiile inovative ale tezei constă în identificarea și vizualizarea pe imagini de ultrasonografie a șanțului gingival, fără a fi nevoie să se utilizeze un alt element ajutător în timpul examinării, care ar putea influența nivelul inserției epiteliale. Mai mult decât atât, algoritmul computerizat utilizat în studiul numărul 3 a crescut semnificativ precizia de măsurare a adâncimii șanțului gingival, fapt confirmat de faptul că valorile măsurate automatizat nu diferă semnificativ de cele obținute prin microscopie direct și sunt mai apropiate de acestea față de cele măsurate manual. Țesuturile gingivale și poziția osului cortical în raport cu țesuturile dentare dure pot fi evaluate extrem de precis, îmbunătățind acuratețea și calitatea diagnosticului parodontal, precum și monitorizarea tratamentelor.

Înregistrarea înainte și după tratament sau în cadrul monitorizării afecțiunilor parodontale a grosimii mucoasei gingivale fixe și a înălțimii marginii gingivale libere, pe imagini de ultrasonografie, sunt o propunere pentru crearea unei metode noi de evaluare a inflamației gingivale.

PhD THESIS SUMMARY

# Noninvasive alternative investigation methods of periodontal tissue

---

PhD Student **Radu Chifor**

---

PhD Advisor Prof. Dr. **Mîndra Eugenia Badea**

---



Cluj-Napoca 2015



# CONTENTS

<b>INTRODUCTION</b>	15
<b>THE CURRENT STATE OF KNOWLEDGE</b>	17
1. Elements of morphology and diagnosis of dento-periodontal system	19
2. Classical methods for marginal periodontal examination	23
2.1 Clinical examination	23
2.1.1 Computerized periodontal probing and charting solutions	24
2.2 Radiological examination	26
2.3 Bacteriological examination	28
3. Alternatives in marginal periodontal examination	29
3.1 Periodontal Ultrasonography	29
3.2 Evaluation of the gingival blood flow	31
4. Non surgical periodontal treatment	35
4.1 Classical non surgical periodontal treatment	35
4.2 Periodontal photodynamic laser therapy	36
<b>PERSONAL CONTRIBUTION</b>	38
<b>1. Working Hypothesis/Objectives</b>	
<b>2. 1st study - The Correlation Between Gingival Inflammation and Gingival Blood Flow, Measured with Laser Doppler</b>	43
2.1 Introduction	43
2.2. Working Hypothesis/Objectives	43
2.3. Material and methods	44
2.4. Results	49
2.5. Discussions	51
2.6. Conclusions	52
<b>3. 2nd study - Experimental model for measuring and characterisation of the dento-alveolar system using high frequencies ultrasound techniques</b>	53
3.1 Introduction	53
3.2. Working Hypothesis/Objectives	53
3.3. Material and methods	53
3.4. Results	54
3.5. Discussions	57
3.6. Conclusions	57
<b>4. 3rd Study - The evaluation of 20 MHz ultrasonography, computed tomography scans compared to direct microscopy for the periodontal system assessment</b>	59
4.1 Introduction	59
4.2. Working Hypothesis/Objectives	59
4.3. Material and methods	59
4.4. Results	63
4.5. Discussions	66
4.6. Conclusions	66

<b>5. 4th Study – Computer-assisted identification of the gingival sulcus and periodontal epithelial junction on high-frequency ultrasound images</b>	67
5.1 Introduction	67
5.2. Working Hypothesis/Objectives	67
5.3. Material and methods	67
5.4. Results	70
5.5. Discussions	73
5.6. Conclusions	75
<b>6. 5th Study – Identification of the anatomical elements used in periodontal diagnosis on 40 MHz periodontal ultrasonography</b>	77
6.1 Introduction	67
6.2. Working Hypothesis/Objectives	67
6.3. Material and methods	67
6.4. Results	70
6.5. Discussions	73
6.6. Conclusions	75
<b>7. 6th Study – The utility of 40 MHz periodontal ultrasonography in the assessment of gingival inflammation evolution following professional teeth cleaning.</b>	85
7.1 Introduction	85
7.2. Working Hypothesis/Objectives	85
7.3. Material and methods	85
7.4. Results	86
7.5. Discussions	89
7.6. Conclusions	91
<b>8. General discussion</b>	93
<b>9. General conclusions</b>	95
<b>10. Originality and innovative contributions of the thesis</b>	97
<b>11. REFERENCES</b>	99

## INTRODUCTION

The periodontium represents the supportive tissue of the teeth and it has several components: the gingiva, root cementum, alveolar bone and the periodontal ligaments. The main function of it is to ensure the support of the teeth at maxillary and mandibular level. The components of the periodontium transmit masticatory forces from the tooth level to the alveolar bone level. They are divided in two categories: the superficial periodontium, *the gingiva*, with its main function to protect the underlying components and *the attachment apparatus*. The components of the attachment apparatus: the cementum, the periodontal ligaments, the alveolar bone ensure the functionality of the teeth <sup>[1, 2]</sup>. The periodontium suffers changes due to aging, infections, excessive forces applied on the tooth.

For periodontal diagnosis purposes, nowadays, there are signs and symptoms that can be monitored clinically and different tests are performed: periodontal pocket probing depth, tooth mobility evaluation, periapical or bitewing radiographies, blood tests, microbiological and bacteriological analysis.

During the periodontal pocket probing, the examiner finds out the depth of the periodontal pocket. This measurement is different from the biological one which can be exactly measured only *in vitro* on histologic section images <sup>[3]</sup>. Tooth mobility evaluation can be done with a device like Periotest <sup>[4]</sup>. On dental radiographies we can find information about the hard tissue like the cortical bone and about the dental tissue, but less information about soft tissue like gingiva is available. The ionising radiation is the main disadvantage of the radiological examination <sup>[5,6]</sup>. The blood tests, bacteriological and microbiological analysis are very expensive and for this reason they are not used on a daily basis during the diagnosis of the periodontal disease.

In this respect, searching for alternative assessment and monitoring of periodontal diseases was the main objective, due to the current methods disadvantages. In this thesis there were studied healthy periodontal tissues in experimental models, especially pig mandibles, but also in humans. Was also studied the effects of periodontal treatments having an immediate influence such as professional cleaning and periodontal laser therapy in a group of humans. The aim of the research was to identify methods which are cost effective, time saving, reproducible, accurate and non-invasive for periodontal examination.

The present study was carried out with the financial support of POSDRU PhD scholarship project No. 107/1.5/S/78702.

**Key words:** periodontium, periodontal ultrasonography, laser Doppler, gingivitis, periodontal diagnosis

## PERSONAL CONTRIBUTION

### Research Objectives:

1. Identifying a non-invasive examination method such as the high frequency ultrasonography, which allows the identification and the assessment of the alveolar bone resorption
2. Using ultrasonography to assess the level of gingival epithelial insertion
3. Assessment of gingival inflammation using volumetric measurements of the gingiva on ultrasound images
4. Evaluation of gingival inflammation by measuring the gingival blood flow using Laser Doppler measurements

## **1st Study. The Correlation Between Gingival Inflammation and Gingival Blood Flow, Measured with Laser Doppler**

**Purpose:** Demonstration of a strict correlation between gingival inflammation (quantified by classical indices: full mouth bleeding score (FMBS), bleeding on probing (BOP)) and Gingival Blood Flow. Another objective was to assess the adjuvant periodontal antimicrobial photodynamic treatment (aPDT) compared with classical non surgical treatment alone, using as main element of quantification the laser Doppler measurements at the gingival level.

**Material and methods:** This is a pilot study on 4 patients. On each patient we performed 4 aPDT treatment sessions. A total of 120 laser Doppler measurements on 30 different sites were performed. The gingival blood flow was measured with laser Doppler Periflux 5000 for the teeth treated with aPDT and also for their counterparts in the opposite quadrant. The patients included in the study underwent a classical non-surgical treatment of periodontal disease and adjuvant aPDT. We compared the parameters for the teeth that were treated classically, non-surgically and their peers on the opposite quadrant which received classical treatment first and after that aPDT with 660 nm, 75 Mw, Helbo TheraLite laser (therapeutic laser 12-229 class IIb) (therapeutic laser class IIb). The following parameters were evaluated during each clinical examination, for monitoring the modifications at periodontal level and they were recorded as a computerized Periodontal Chart: bleeding on probing (BOP), probing pocket depth (PPD), gingival recession (REC), pus secretion. Measurements of clinical parameters, were made with Florida Probe (a computerized periodontal probing and charting systems).

**Results:** Before the first treatment session bleeding on probing was found in 83% of the examined sites. In the areas where aPDT was performed the bleeding on probing decreased to 21% after 4 treatment sessions, compared to the control group sites where the bleeding on probing decreased to 46%. The purple color of the gingiva was present at 22 sites before treatment and it persisted in 5 sites after treatment, among which 3 belonged to the control group ones. After 4 laser therapy treatment sessions the gingival blood flow was significantly improved, but the periodontal pocket probing depth was not significantly changed.

**Conclusions:** Measuring the gingival blood flow could be highly relevant in quantifying the gingival inflammation. Photodynamic laser therapy is an adjuvant method in periodontal disease treatment with benefits on the gingival blood supply. We need to extend this study to demonstrate that laser Doppler measurements at the gingival level can become a feasible method in the future of monitoring periodontal disease.

## **2nd Study . The evaluation and characterization of the periodontium using high frequency ultrasonography**

**Purpose:** The main objective of the study was the realisation of an experimental model and evaluation to establish whether the high frequency ultrasound method can provide credible information concerning the structure of the periodontal tissues.

**Material and methods:** The prospective research consisted of the elaboration of an examination protocol with an ultrasound equipment Dermascan C, CORTEX TECHNOLOGY, with which we examined 4 pig mandibles in an experimental model. The lower jaws were examined no later than 6 hours after the animal was sacrificed, without being refrigerated. According to the study-protocol, the same person did the examination always in standard positions, in the lateral area of alveolar bone, on the lingual side. The transducer was placed parallel to the occlusal plane, at approximately 1 mm below the coronal edge of the cortical bone and the examinations were performed with corono-apical movements. We recorded the values for 20 different lateral teeth.

SPSS 17 was used to perform the statistical analysis.



**Results:** Based on the obtained ultrasound images, we were able to identify the lingual cortical bone, tooth crown, the root and the attached gingiva.

On the images obtained with Dermascan C version 3.0 device, we succeeded in measuring very precisely the periodontal space width, the thickness of the attached gingiva and the thickness of the cortical bone at its coronary edge. The main results obtained are as follows: periodontal space width (average = 0,45 mm, Std. Dev = 0,078), thickness of attached gingiva (average = 0,91 mm, Std. Dev = 0,176) , thickness of cortical bone (average thickness = 0,31 mm, Std. Dev = 0,134).

**Conclusion:** The periodontal ultrasonographic examination offers quantitative information, precise, repeatable measurements of different areas of periodontium like width of the periodontal space , thickness of the fixed mucosa and of the cortical bone, which means that the ultrasound method could have clinical applications in periodontology.

### **3rd Study. The evaluation of 20 MHz ultrasonography, computed tomography scans compared to direct microscopy for the periodontal system assessment**

**The aim** of this study was to identify and to visualize the reference points necessary to monitor the periodontal disease with a non invasive method like ultrasonography, which allows one to perform precise measurements at this level.

A secondary aim was to identify the following elements of the periodontium: the cortical bone of the alveolar process at its coronal limit, the cementum-enamel junction, the tooth root between the cortical bone and the cementum-enamel junction, the periodontal space at its coronal limit, the fixed oral mucosa.

**Material and methods:** The examinations were performed on the lingual side of alveolar bone of 4 pig mandibles. Gutta-percha-landmarks were glued on the lingual surface of lateral teeth. The gutta-percha landmarks were bonded with a flowable composite. 20 teeth from all 4 mandibles were examined US with DermaScan C, CORTEX TECHNOLOGY 1, with a 20 MHz, 2D transducer. The images were obtained by positioning the transducer parallel to the long axis of the tooth to be examined. After that, the 4 mandibles were examined using Cone Beam Computed Tomograph (CBCT), which allowed us to perform measurements with an error of 0.2 mm. After the radiological examination were performed, the mandibles were sectioned through the Gutta-percha-landmarks with a Buehler, Law Speed Saw, USA microtome.

The measurements were made using 3 methods: Dermascan C cortex Technology Software, CBCT New Tom 3G Software and Olympus Microscope Software. For each examination site 3 set of measurements were recorded. First of all the cementum-enamel junction was identified on the US images based on the anatomical convexities of the tooth. On the CBCT images the cementum-enamel junction was easily identified due to the differences of radio translucency between the enamel and the cementum. On the direct microscopy images the cementum-enamel junction, the gutta-percha-landmarks and the alveolar bone were identified.

**Results:** The following anatomical elements were identified on 20 MHz US images: the gutta-percha-landmarks glued at the coronal level, the free gingival margin, the gingival connective tissue, the tooth root, the periodontal space, the cementum-enamel junction, the alveolar bone, the fixed gingival. The gold standards were the measurements performed on direct microscopy images. Comparing the 3 methods, we found that there are similarities of shape and size. Comparing the same sections statistical significant similarities between them were found. The regression analysis was statistically significant for DermaScan measurements compared to microscopy ones ( $p < 0.0001$ ). Linear regression showed statistically significant correlations also for the alveolar bone level measurements made by CBCT compared to microscopy ( $p < 0.001$ ). The correlation coefficient  $R^2$  value showed that more than 50% of the values were highly correlated, which proves the accuracy of the measurements.

**Conclusions:** The periodontal system can be evaluated and monitored through the relation between the cortical bone and the tooth, which allows one to appreciate the horizontal and the vertical atrophy. The

ultrasonography is a non invasive method through which there can be assessed this relationship and that also brings information about the soft tissues: the gingival free margin, and the attached gingiva.

#### **4<sup>th</sup> Study. Computer-assisted identification of the gingival sulcus and periodontal epithelial junction on high-frequency ultrasound images**

The primary **aim** of this study was to demonstrate that periodontal ultrasonography offers a reliable method for identifying and evaluating the attachment level of the gingival junctional epithelium and the gingival biological width. A secondary aim was to develop an automated computer-assisted method that allows the examiner to more easily identify the gingival sulcus contour.

**Material and methods:** This *in vitro* study was carried out on 36 sites on the lingual surface of eight mandibles from healthy young pigs (age 10–12 months) with a body mass of 100–110 kg. The inclusion criteria were: teeth with healthy periodontal tissue with no lesions. The pigs were raised and slaughtered for alimentary purposes in farms organized according to European Union legislation and they were not experimental animals. Gutta percha cones were glued onto the teeth at every examination site, that is, on the lingual surface, parallel to the longitudinal axis of the tooth, without touching the periodontal tissue. Then a periodontal ultrasound examination was performed at each site indicated by the glued gutta percha landmarks. Periodontal ultrasonography was carried out using DermaScan C Cortex Technology (Denmark). Immediately after the ultrasound examination, the mandibles were sectioned with a low-speed microtome saw. Direct microscopy of the sections was performed at 4× magnification and without refrigeration or further preparation of the tissue sections. To facilitate the identification of the gingival sulcus on ultrasound images, a computational method was adopted.

**Results:** The following anatomical elements were identified on the ultrasound images: enamel, tooth root, gingival sulcus, alveolar crest, cortical bone, attached gingival tissue, and free gingival margin. The enamel, cementum, and cortical bone are hyperechogenic areas, with the enamel brighter than the cementum. The connective tissue is a darker hypoechogenic area. The gingival sulcus is a hypoechogenic area well delimited by the tooth and by the free gingival margin. The following distances were measured using the Dermascan C software: the height of the gingival sulcus (D-HGS), the distance between the alveolar crest and cementum-enamel junction (D-AC-CEJ), and the width of the periodontal space (D-PSW). The same elements identified on ultrasound examination were visualized by direct microscopy: enamel, tooth root, gingival sulcus, alveolar crest, cortical bone, attached gingival tissue, and free gingival margin. The absolute mean of the differences of the linear measurements obtained by Dermascan and the Dermascan-automated computer-generated values, and the corresponding values obtained by microscopy, as the gold standard, varied between 0.06 and 1.75 mm. The absolute values of the standard deviations of these differences ranged between 0.09 and 1.75. Significant correlations ( $p < 0.05$ ) were found between the values measured by all three methods (Dermascan, computer, and microscopy).

**Conclusions:** Periodontal ultrasonography allows precise examination and localization of the gingival epithelial attachment level, while providing substantial data on the soft gingival tissues. Vertical and horizontal bone resorption can be evaluated, which is extremely important in the diagnosis and monitoring of periodontal diseases. Periodontal ultrasonography was further improved by the computerized processing of the recorded ultrasound images.

#### **5<sup>th</sup> Study. Identification of the anatomical elements used in periodontal diagnosis on 40 MHz periodontal ultrasonography**

The **aim** of this study consists in identifying the information for diagnosis and staging of periodontal disease using 40 MHz periodontal ultrasonography.

**Material and methods:** The study was conducted on 10 patients (four females and six males, aged 25–65 years) with gingival inflammation and chronic periodontitis. Ethical approval and written informed consent of all patients were obtained. Examinations were performed on upper and lower pre-molars and frontal teeth for each patient. Only the teeth without any odontal lesions, caries or restorations were examined. For all these teeth, the following examinations were performed: periodontal ultrasonography, clinical examination and digital periapical X-rays.

On the total of 10 patients, data on the ultrasound images taken from the buccal surface of 49 teeth were recorded. Overall, 245 measurements were performed on these ultrasound images.

**Results:** The keratinized gingival epithelium was identified on the ultrasound images, as a continuous, white hyperechogenic line. Gingival connective tissue is hypoechogenic and appears as a darker area between the gingival epithelium and the cortical bone or between the gingival epithelium and the tooth root. The cortical bone is a continuous hyperechogenic area. The tooth can be visualized as a hyperechogenic well-contoured area, which is interrupted at the level of the cementum-enamel junction. Due to this interruption, the crown and the tooth root can be identified.

On ultrasound images the following data were recorded, using ULTRASONIX SonoTouch software: the distance between alveolar bone crest and the cemento-enamel junction (UBJ), the distance between the alveolar bone crest and the free gingival (UBG) margin, the attached gingiva width/thickness (UGW) at the limit of the alveolar bone crest, measured on ultrasound images, the ultrasound gingival recession (UGR) as the distance between cemento-enamel junction or dento-prosthetic junction and the free gingival margin was measured in order to assess gingival recession on ultrasound images (UGR), the width of periodontal space at its coronal limit (UWPS), between the alveolar bone crest and tooth root. The measurements on the ultrasound images were performed only on buccal surfaces due to the shape and size of the transducer which best fits there. In order to verify the accuracy of ultrasound periodontal examination, the gingival recession measured on ultrasound images was compared with the gingival recession measured clinically with Florida Probe.

Because there is a correlation coefficient of more than 93 % between the gingival recession measured clinically with the computerized probing and charting Florida Probe (CGR) and gingival recession measured on ultrasound images (UGR), we consider that the data obtained on ultrasound images are highly reliable.

There is a high correlation when comparing the measurements made on ultrasound images UBJ with measurements made on intraoral radiographs XBJ. The correlation coefficient is 90%. The correlation coefficient may be lower, 59.9%, for periodontal space width (UPSW with XPSW) because of the smaller values measured, less than 0.5 mm, and because the Soredex Minray Software can measure only units of tenth of a mm.

**Conclusions:** 40 MHz periodontal ultrasonography is a reliable, non-invasive and cost effective imagistic method for identifying the anatomical elements necessary for making an accurate periodontal diagnosis for the examined area. It is able to clearly show all anatomical landmarks that are important for periodontal disease diagnosis, staging and follow-up.

## **6th Study. The utility of 40 MHz periodontal ultrasonography in the assessment of the gingival inflammation evolution following professional teeth cleaning.**

**The aim** of this study was to use 40 MHz periodontal US to assess the evolution of the gingival inflammation following professional tooth cleaning and to visualize any residual calculus after periodontal debridement.

**Material and methods:** The study was performed on 18 teeth having subgingival calculus of 5 patients. The informed consent was obtained from every patient. The examinations and treatments were

performed on the upper and lower premolars and frontal teeth. The teeth were included in the study if they had subgingival calculus on the buccal surface and if neither reconstructions, nor lesions with missing substance were present at the crown or root level. In each case the initial US examination was performed, aiming to visualize the calculus deposits. Then the patient was clinically intraorally examined. Afterwards professional tooth cleaning was performed by ultrasound scaling (SatelecP5 booster, France) and airflow (NSK, Japan). In the second and seventh days after the first examination US and clinical examinations were repeated.

**Results:** For all the examined teeth it was noticed that clinically and ultrasonographically in the second and in the seventh day after the professional cleaning there was no remaining calculus neither at the crown nor at the root level. There is a slight difference of 0.15 mm between the median values of the alveolar crest and cementum-enamel junction in the 2<sup>nd</sup> day and in the 7<sup>th</sup> day. The intraclass correlation coefficient was 98.8 ( $p < 0.001$ ). The median dimension of GH decreased in the 7<sup>th</sup> day comparing to the 2<sup>nd</sup> day with 0.32 mm ( $p = 0.001$ ). The median values of the two variables width/thickness of the gingival tissue (GW) at 2 days and GW at 7 days showed a decrease of 0.19 mm ( $p = 0.001$ )

**Conclusion:** Periodontal ultrasonography is a highly precise and reproducible imagistic method, with which both bone resorption, gingival inflammation as well as the presence or absence of subgingival calculus can be assessed.

## General conclusions

Ultrasonography is a non-invasive method, which may provide data related to soft tissues of the periodontium (free gingival margin, fixed mucoasa) and to hard tissues (root, dental crown and alveolar bone). The anatomical structure generated by these elements, gingival sulcus with epithelial insertion and calculus deposits, can also be visualized on the ultrasonography images. Thus, the US may provide data for exact measurements of the biological depth of the periodontal pocket, which is nowadays obtained only by *in vitro* measurements on histological sections.

The main advantage of the 20 MHz high frequency ultrasonography is the good resolution of the image. This allows micron precision measurements, which are very likely to be highly important in early detection of periodontal diseases, their exact monitoring as well as in gathering useful information in orthodontics and ocluzology.

The disadvantage of the ultrasonographical method, due to its operator-dependency, is significantly diminished in our case. When ultrasound examination is performed on soft tissues it depends on the abilities of the operator to interpret the images and also on the pressure applied by him/her on the tissues. The examinations performed on the periodontal tissues, the images will contain many fixed bone-related reference points, which could be used in future researches for generating 3D models of dental arches, which can support the disease follow-up. In order to obtain the 3D model of dental arches, the reference points according to which the measurements are performed, are hard, fixed tissues, whose relative positions do not change during the exam, generating very clear images, very easy to interpret and reproducible at further measurements. The main draw-back may occur when the examined teeth have a very high mobility (3<sup>rd</sup> degree). In this case a splint for immobilisation should probably be applied before the ultrasound examination.

In order to perform periodontal surgery it is highly important to know if there are any alveolar bone fenestration or dehiscence. In case there are such bone defects, the surgery could result in unwanted effects and complications on the gingiva. The palpation with the periodontal probe can not return exact data regarding these dehiscences and it is very difficult to diagnose bone fenestrations. Following a classical X-ray exam, meaning periapical X-rays or ortopantomographies, it is not possible to diagnose bone dehiscences or fenestrations (often located on buccal surfaces), due to overlapping plans on two-dimensions X-rays. The computertomographical exam, CT, due to high costs and irradiation, is not recommended in these cases. On

the other hand, ultrasonography, especially the high frequency one, is a non-invasive procedure which can return details of a few microns regarding these bone defects.

The convexity in the frontal area and the low size of the interdental area could limit the use of this method for the buccal and oral areas of alveolar process corresponding to lateral teeth. Thus the size of the transducer should be sufficiently small to be able to capture images of small areas, such as the interdental ones. It should also have a pre-determined concavity.

### **Originality and innovative contributions of the thesis**

One of the achievements of the thesis allows the identification and visualization of the gingival sulcus on ultrasonography images without the need to use any additional elements during examination which may influence the level of the epithelial insertion. Moreover, the computer algorithm used in the third study significantly increased the measuring precision of the gingival sulcus depth. This was proved by the fact that the automated measured values do not differ significantly from those obtained by direct microscopy and are closer to those than to the values measured manually. Gingival tissues and cortical bone position compared to hard dental tissues can be evaluated with high precision, thus improving the accuracy and quality of the periodontal diagnosis, as well as the follow-up after treatments.

Recording the thickness of the fixed gingival mucosa and the height of the free gingival margin before and after treatment or during the monitorization of periodontally-involved patients, on ultrasonography images, are suggestions for creating a new method to assess the gingival inflammation.