

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

SORIN GHEORGHE MIHALI



TEZĂ DE DOCTORAT
REMODELAREA OSULUI PERIIMPLANTAR PRIN
OPTIMIZAREA TEHNICII DE FREZAJ ȘI A
SUPRASTRUCTURILOR PE IMPLANTE DENTARE

REZUMAT

Conducător Științific
PROF. UNIV. DR. CRISTINA BORȚUN

Timișoara
2016

CUPRINS

Lista lucrărilor publicate	V
Lista abrevierilor.....	VI
Indexul Figurilor	VII
Indexul Tabelelor	XII
Mulțumiri	XIII
1. INTRODUCERE	XIV
2. PARTEA GENERALĂ	1
2.1. Timpul chirurgical de inserare a implantelor dentare	1
2.1.1. Oferta osoasă. Efectele chirurgicale ale densității osoase	1
2.1.2. Protocolul convențional de frezaj	7
2.1.2.1. Prefrezarea	7
2.1.2.2. Frezajul inițial.....	8
2.1.2.3. Prefrezajul intermediar.....	8
2.1.2.4. Frezajul intermediar	9
2.1.2.5. Tarodarea	10
2.1.3. Protocolul de frezaj în funcție de densitatea osoasă	11
2.2. Suprastructurile pe implante dentare	15
2.2.1. Tipuri de conexiuni de la nivelul platformelor implantare.....	15
2.2.2. Materiale și tehnologii restaurative utilizate în protetica implantologică.....	30
2.2.2.1 Performanța clinică a RPFI înșurubate versus cimentate	32
2.2.2.2 Date referitoare la utilizarea tehnologiei CAD/CAM în protetica implantologică.....	35
3. PARTEA SPECIFICĂ	41
3.1. Studiu experimental in vitro privind osteotomia sitului implantar în vederea optimizării tehnicii de frezaj	41
3.1.1. Partea experimentală.....	41
3.1.2. Rezultate	47
3.1.3. Discuții.....	52
3.1.4. Concluzii	58
3.2. Remodelarea osului periimplantar utilizând un protocol de frezaj scurtat.....	60
3.2.1. Partea experimentală.....	60
3.2.2. Rezultate	64
3.2.3. Discuții.....	66
3.2.4. Concluzii.....	71

3.3. Remodelarea osului periimplantar în funcție de tipul conexiunii stâlp-implant.....	73
3.3.1. Partea experimentală.....	73
3.3.2. Rezultate	78
3.3.3. Discuții.....	80
3.3.4. Concluzii.....	85
3.4. Remodelarea osului periimplantar în cazul suprastructurilor nano-ceramice pe implante	86
3.4.1. Partea experimentală.....	86
3.4.2. Rezultate	90
3.4.3. Discuții.....	91
3.4.4. Concluzii.....	95
3.5. Contribuții privind utilizarea incrustațiilor ceramice pentru sigilarea orificiilor de acces la restaurările înșurubate	97
3.5.1. Partea experimentală.....	97
3.5.2. Rezultate	103
3.5.3. Discuții.....	105
3.5.4. Concluzii.....	111
4. Concluzii și contribuții proprii.....	113
5. Bibliografie	118
ANEXE	I

CUVINTE CHEIE: implante dentare, optimizare protocol de frezaj, remodelare osoasă, conexiuni implantare, incrustații integral ceramice, protocol scurt de frezaj, tratament minim invaziv, material nano-ceramic, freză finală, estetică dentară, restaurări înșurubate, termografie, variații termice.

I. INTRODUCERE

Implantologia orală este un domeniu dinamic în care termenii, concepțiile și materialele sunt într-o continuă dezvoltare. Anual sunt inserate mii de implantate care sunt încărcate ulterior cu suprastructuri protetice, astfel restaurarea protetică cu sprijin implantar a pacienților edentați a deschis o nouă eră în medicina dentară. Aceste restaurări au ajuns unele dintre cele mai fiabile terapii din medicina dentară, explicându-se astfel și dezvoltarea uriașă a acestei ramuri medicale.

Deși încă costisitoare, predictibilitatea, funcționalitatea și durabilitatea implantelor dentare, le-a oferit statutul de primă opțiune terapeutică în restaurarea edentațiilor. Complicațiile implanturilor pot fi biologice sau mecanice. Datorită unei dispensarizări precare în menținerea igienei orale există riscul ca inflamația gingivală din jurul implantelor să se soldeze cu pierderea osoasă peri-implantară. Astfel, complicațiile biologice sunt cel mai greu de rezolvat. Dar există și factori de risc neelucidați, de aceea **unul din obiectivele acestor lucrări a fost de a optimiza o tehnică de frezaj scurtată**, care să nu producă modificări la nivelul osului periimplantar, indiferent de tipul implantului. Tehnică convențională este cronofagă, crescând timpul chirurgical și măbind automat perioada postoperatorie de recuperare. Motivația principală a studiului a fost dată de minimizarea remodelării osoase periimplantare datorate timpului chirurgical și celui protetic.

Prin urmare am dorit a stabili un protocol de simplificare a secvenței de frezaj în vederea realizării sitului implantar. În acest sens, **am realizat un studiu in vitro** pentru a analiza torsiunea din timpul secvențelor de frezaj și a temperaturii degajate.

Dintre complicațiile mecanice, cele mai frecvente sunt cele de slăbire sau fracturare a șuruburilor de fixare ale suprastructurii. Este demonstrat științific că pe o perioadă de 5 ani, sunt destul de rare situațiile în care un implant este fracturat (sub 0.4 %) sau are loc fracturarea stâlpilor sau a șuruburilor. Cele mai frecvente situații sunt de deșurubare (8.8 %), urmate de descimentări (4.1%) și de fracturarea materialului de placare (3.5 %).

De cele mai multe ori la nivelul conexiunilor implantare există un spațiu microscopic între stâlpul protetic și corpul implantului, care este definit generic ca micro-gap (microcavități). Pierderea osoasă crestală pare a fi în strânsă legătură cu aceste micro-gap-uri, care acționează ca o nișă pentru microorganisme, putând fi chiar un factor etiologic în reacția inflamatorie la nivelul țesuturilor moi peri-implantare. S-a demonstrat că cele două tipuri de conexiuni interne hexagonale și conice s-au comportat diferit. La conexiunile conice de tip Morse a existat o adaptare precisă între stâlp și implant. Contrar, la implantate cu conexiuni hexagonale au fost observate numeroase spații între conexiunea implantului și stâlpul protetic fixat prin înșurubare. De altfel, cele mai mici tensiuni la nivelul osului periimplantar au fost descoperite la implanturile cu conexiune conică. Datorită mecanismului de sudură la rece al conexiunii conice, stâlpii protetici prezintă rezistență majoră la deformare și fractură față de stâlpii cu conexiune hexagonală internă. Drept urmare mi-am propus să cercetez pe parcursul prezentei teze **remodelarea osoasă de la nivelul celor două tipuri uzuale de conexiuni interne hexagonale în comparație cu cele conice**. Datorită acestui obiectiv se poate optimiza pierderea osoasă utilizând o conexiune, care să stabilească o întrepătrundere perfectă între cele două părți (stâlp/implant).

De-a lungul timpului s-a încercat utilizarea diferitelor tipuri de materiale pentru realizarea restaurărilor protetice. Dintre acestea s-au dovedit viabile doar câteva, care posedă anumite proprietăți obligatorii, ce se impun în vederea obținerii unui succes pe termen lung. Sistemele integral ceramice au revoluționat protetica dentară prin calitățile și

proprietățile lor de precizie, rezistență, naturalețe și durabilitate. Printre dezavantaje se enumeră rigiditatea și fragilitatea.

Întâmpinând în practica curentă pierderi ale restaurărilor protetice pe implantate prin fracturarea materialului de placare datorită lipsei ligamentului periodontal, care servește în mod normal ca absorbție a șocului transmis de restaurare, am decis să analizez materialul restaurativ Lava Ultimate **CAD/CAM**, care este un **compozit cu umplutură nano-ceramică**. În cadrul restaurărilor protetice pe implantate aceste caracteristici sunt deosebit de avantajoase prin faptul că prezintă un modul de elasticitate asemănător cu al dentinei, spre deosebire de masele ceramice, care prezintă o fragilitate crescută.

Epoca implantologiei moderne este dominată de restaurările cu fixare prin înșurubare. În prezent, multe materiale compozite au fost folosite în acoperirea orificiilor de acces ale restaurărilor înșurubate. Principalele dezavantaje ale acestor materiale sunt microinfiltrațiile bacteriene în jurul materialelor compozite tradiționale utilizate în obturarea orificiilor de acces, periclitarea esteticii, uzura exagerată și efectul de îmbătrânire. Observând neajunsurile estetice și funcționale a materialelor convenționale folosite pentru închiderea orificiilor de acces ale șuruburilor, am considerat utilă realizarea unui **studiu pe incrustații integral ceramice, în vederea închiderii orificiilor de acces**. Astfel am evaluat performanța clinică a unui nou concept de tratament restaurativ. Deși ridică prețul terapiei, acest concept are scopul de a înlătura inconvenientele restaurărilor cimentate și a obturațiilor din compozit pentru închiderea orificiului de acces. Pe viitor acest concept oferă avantaje estetice cât și stabilitate pe termen lung în comparație cu obturațiile tradiționale.

II. PARTEA GENERALĂ

Această parte a tezei se întinde pe două capitole care abordează sintetic date pertinente din literatura de specialitate a stadiului actual al cunoașterii referitor la tema studiată. Primul capitol este destinat timpului chirurgical de inserare a implantelor dentare, în care sunt prezentate noțiunile de anatomie și fiziologie a ofertei osoase precum și protocoalele de frezaj convenționale, subliniindu-se importanța acestora în vederea înțelegerii eventualelor optimizări. Oferta osoasă este foarte importantă în implantologia orală, de aceea în cadrul primului subcapitol sunt descrise efectele remodelării osoase realizate în urma extracțiilor dentare. Au fost luate în considerare clasificarea densităților osoase, precum și determinarea gradului de densitate osoasă evaluat printr-o investigație radiologică (CT). Succesul clinic este determinat în mare parte de cunoașterea densității osoase. În al doilea subcapitol este descris protocolul convențional de frezaj utilizat pentru realizarea sit-ului implantar. Astfel sunt descrise secvențele convenționale de frezaj pentru osteotomie recomandate de producătorii de implantate dentare. Subcapitolul trei face referire la folosirea protocolului convențional de frezaj în funcție de densitatea osoasă. Se descriu caracteristicile de bază ale osteotomiei pentru fiecare tip de densitate osoasă (D1-D4).

Ultimul capitol al acestei părți, "Suprastructurile pe implantate dentare", abordează conexiunile implantare, precum și metodele de restaurare protetice pe implantate. Sunt luate în considerare tipurile de conexiuni de la nivelul platformelor implantare. Pe parcursul primului subcapitol sunt analizate cele mai uzuale conexiuni externe și interne, prioritar fiind conexiunile care influențează în mod direct remodelarea osului peri-implantar, deoarece ele au o legătură dublă atât cu platforma, cât și cu diferite suprastructuri implantare. Referitor la materialele și tehnologiile restaurative utilizate în protetica implantologică, acestea sunt

descrise în următoarele două subcapitole. Drept urmare sunt analizate performanțele clinice ale restaurărilor protetice pe implante fixate prin înșurubare versus cimentare, în care sunt aduse argumente pro și contra pentru fiecare tip de retenție în parte. Spre final, în ultimul subcapitol, sunt prezentate datele referitoare la utilizarea tehnologiei CAD/CAM în protetica implantologică. Este descris statusul actual al acestei tehnologii, precum și criteriile de selecție a materialelor integral ceramice. Imaginile folosite pe parcursul acestor capitole completează datele prezentate.

III. PARTEA SPECIFICĂ

Studiul 1. STUDIU EXPERIMENTAL IN VITRO PRIVIND OSTEOTOMIA SITULUI IMPLANTAR ÎN VEDEREA OPTIMIZĂRII TEHNICII DE FREZAJ

OBIECTIVELE CERCETĂRII: Scopul acestui studiu a fost de a stabili un protocol de reducere a secvențelor de frezaj din timpul preparării sitului implantar analizând variațiile termice, forța precum și timpul necesar fiecărei etape de frezaj. Secvența protocolului convențional de frezaj a fost comparată cu un nou protocol de frezaj propus (freza pilot urmată de freza finală) în toate tipurile de densități osoase.

PARTEA EXPERIMENTALĂ: O sută de osteotomii au fost realizate în cadrul acestei cercetări în vederea comparării a două tipuri de tehnici de frezaj. Au fost luate spre analiză 5 tipuri de densități osoase. În fiecare os s-au realizat câte 2 osteotomii, una pentru evaluarea **protocolul convențional de frezaj** și una pentru **protocolul scurtat de frezaj** a câte 2 seturi pentru fiecare diametru de implant (3.75 mm și 4.20 mm).

Variațiile termice de la nivelul osos din timpul frezării au fost măsurate prin metoda termografică. Determinarea temperaturii s-a făcut prin captarea de imagini termice pe tot parcursul operațiilor de frezare și analizate de ThermoCAM Researcher Professional 2.10 (FLIR SYSTEMS AV, Oregon, USA). Variațiile de temperatură au fost afișate pe imaginile termografice sub formă de hărți de temperatură, făcându-se astfel o monitorizare continuă a temperaturii din timpul frezării. În Excel a fost realizată o bază de date pentru fiecare sit implantar în parte, pentru toate densitățile osoase. Variația maximă observată față de momentul inițial (delta T) a fost analizată pe tot parcursul de frezare ca un factor principal, deoarece aceasta poate reprezenta o insultă termică pentru țesutul osos.

Forța de frezaj (torque) a fost determinată prin măsurarea în timpul de frezare a puterii electrice consumate și a turației frezei. Valoarea maximă a momentului de torsiune pe parcursul unei frezări a rezultat în urma valorii maxime a puterii electrice consumate de fiziodispenser.

Timpul total de lucru a fost înregistrat cu ajutorul unui cronometru pe toată perioada de preparare a sitului implantar.

Modificările mecanice rezultate în urma celor două tehnici de frezaj au fost observate la microscopul electronic, la o magnificație de 12.5x (Pico, Zeiss, Germania) pentru fiecare specimen osos caracteristic fiecărei densități.

Semnificația diferențelor observate, a fost evaluată statistic folosind one-way ANOVA.

REZULTATE ȘI DISCUȚII: Temperatura osoasă medie produsă în timpul preparării sitului implantar în toate densitățile pentru protocolul de frezaj convențional a fost de $2,94 \pm 2,08$ °C, iar pentru cel scurtat de $2,66 \pm 0,92$ °C pentru diametrul implantului de 3,75mm. În urma frezajului realizat pentru diametrul implantului de 4,20 mm valoarea termică medie a fost de $2,99 \pm 2,47$ °C pentru protocolul de frezaj convențional și $3,01 \pm 1,45$ °C pentru protocolul de frezaj scurtat. Nu au fost diferențe semnificative statistic între cele două protocoale de frezaj analizate. Cele mai mici înregistrări medii termice cu o valoare de

+0.54°C au fost observate când s-a folosit freza de diametrul 4.2 mm în densitatea osoasă D4 utilizând protocolul de frezaj convențional. Cele mai mari creșteri medii de temperatură de +9.07 °C au fost vizibile la utilizarea frezei cu diametrul de 3 mm în densitatea osoasă D1.

Forța medie de frezaj din timpul preparării sitului implantar aplicat în toate densitățile osoase a fost de 44.12±4.32 N/cm în cazul protocolul de frezaj convențional și de 45.04±5.21 N/cm în protocolul de frezaj scurtat. Comparând forța de frezaj din timpul osteotomiei, nu au existat diferențe semnificative între cele două tipuri de protocoale la ambele diametre de implant (3.75 mm și 4.20mm).

Timpul necesar pentru prepararea sitului implantar a fost scăzut semnificativ în situația utilizării protocolul de frezaj scurtat în comparație cu protocolul de frezaj convențional. Timpul mediu necesar de frezaj în cadrul protocolul de frezaj convențional a fost de 75,11±38,22 sec, respectiv 19,34±11,62 sec pentru protocolul scurt. Prin reducerea numărului frezelor din etapa de osteotomie, timpul a fost redus cu aproximativ 50 de secunde. Timpul de frezaj a fost statistic semnificativ mai mare folosind protocolul de frezaj convențional comparativ cu cel scurtat ($P < 0,001$).

Prezentul studiu a evaluat schimbările termice, precum și forța din timpul frezajului în diferite densități osoase când se folosesc protocolul de frezaj convențional versus protocolul de frezaj scurtat. Prin reducerea secvenței de frezaj s-a scurtat timpul operator și s-a redus trauma postoperatorie. Rezultatele obținute din acest studiu au arătat că, prin reducerea numărului de frezaje utilizate, a avut loc o reducere semnificativă a timpului operator și a generării de căldură.

Acest protocol a stabilit similarități cu cele de os uman. Cu toate acestea speciemenle osoase nu reproduc cu exactitate condițiile oaselor umane datorită lipsei fluxului sanguin și temperaturii normale de 37°C. Lipsa unui mod standardizat de preparare a siturilor implantare poate fi considerată de asemenea una din limitele prezentului studiului.

CONCLUZII: În toate secvențele de frezaj evaluate, temperaturile înregistrate pe parcursul osteotomiei au fost sub limita critică de necroză osoasă. Cu toate limitările acestui studiu experimental, utilizarea protocolului de frezaj scurtat (freză pilot și finală) propus ar putea fi o abordare sigură pentru prepararea siturilor implantare.

În continuare, studii in vivo sunt necesare pentru a verifica aplicabilitatea utilizării clinice ale acestui protocol.

Studiul 2. REMODELAREA OSULUI PERIIMPLANTAR UTILIZÂND UN PROTOCOL DE FREZAJ SCURTAT

OBIECTIVELE CERCETĂRII: Scopul acestui studiului a fost de a examina influența unui protocol de frezaj scurtat asupra remodelării osului crestal.

PARTEA EXPERIMENTALĂ: Douăzeci de pacienți, cu vârste cuprinse între 34 și 64 de ani, au fost luați în studiul clinic. Au fost utilizate patruzeci de implanturi C1 (MIS Implants, Israel) cu diametrul de 4.2 mm și lungime de 10 mm și de 11.5 mm. Toate implanturile au fost inserate în pereche, la nivel crestal, în edentații terminale ale mandibulei. Au fost excluse toate cazurile de augmentări osoase realizate în prealabil, implantele fiind inserate doar în os consolidat de densitate D2. Implantul mezial a fost inserat utilizând protocolul convențional (freză rotundă, freză pilot cu stopper integrat, freză de 3.2 mm, freză de 3.8 mm și o freză finală de unică folosință); implantul distal a fost inserat utilizând secvența de frezare scurtată (freză rotundă, freză pilot cu stopper integrat și o freză finală de unică folosință). Cuplul de inserare nu a depășit 55 N/cm.

După inserare, la nivelul implanturilor au fost poziționate șuruburi de vindecare. Etapa de amprentare s-a realizat la 3 luni după etapa chirurgicală în vederea obținerii restaurărilor finale. Suprastructurile au fost realizate sub formă de restaurări pe implantate unidentare (Lava Ultimate – 3MEspe) cimentate pe stâlpi prefabricați din Ti pentru toate situațiile clinice.

Analiza remodelării osoase prin observarea nivelului osului creștal a utilizat metoda radiologică. Pentru fiecare pacient s-au realizat câte un set de radiografii retro-alveolare la momentul inserării, precum și la 3, 6 și 12 luni post-inserare. Rezultatele au fost analizate utilizând software-ul Image J 1.46r (National Institutes of Health, USA). Fiecare radiografie a fost calibrată la scala de 1:1, cunoscând lungimea implantului, de la nivelul platformei până la apex. Măsurătorile s-au efectuat de la nivelul platformei implantului și până la nivelul rebordului osos vizibil radiologic în mm distal de fiecare implant.

Analiza statistică a fost realizată utilizând software-ul statistic SAS version 9.2 (SAS Institute Inc., USA). Datele colectate au fost reproduse prin medii, deviații standard, nivel minim și maxim al remodelării osoase.

REZULTATE ȘI DISCUȚII: Din totalul celor 20 de pacienți incluși în studiul clinic, 11 au fost bărbați iar 9 femei. Nu a fost pierdut nici un implant în timpul celor 12 luni de studiu. Toți pacienții s-au prezentat la examinările periodice de 3, 6 și 12 luni.

Efectele remodelărilor osoase, precum și nivelul osului creștal în cazul utilizării celor două protocoale de frezaj sunt prezentate în **Tabelul 1**. În ambele grupuri s-a observat o creștere a pierderii osoase marginale în primul an. Nivelul osului marginal la finalul perioadei de analiză (12 luni după inserarea implanturilor) a fost de 0.94 ± 0.43 mm pentru grupul de protocolul convențional și de 0.90 ± 0.33 mm pentru grupul protocolului scurt de frezaj. Testul two-tailed t-test indică, faptul că, între cele două protocoale de frezaj nu au existat diferențe semnificative statistic ($P > .05$).

Tabelul 1. Remodelarea osului marginal în mm, în timp și cu protocoale diferite de frezare.

VIZITA	PROTOCOLUL CONVENȚIONAL			PROTOCOL DE FREZARE SCURTAT		
	MEDIE \pm SD	Min	Max	Medie \pm SD	Min	Max
3 Luni	0.79 ± 0.24	0.31	1.21	0.67 ± 0.35	0.27	1.75
6 Luni	0.91 ± 0.36	0.43	1.79	0.87 ± 0.39	0.4	1.93
12 Luni	0.94 ± 0.43	0.5	1.81	0.90 ± 0.33	0.3	1.85

Timpul de frezare pentru inserarea implanturilor utilizând protocolul convențional de frezaj a fost de 1.03 ± 3.63 minute, în comparație cu 1.57 ± 2.88 minute pentru situația în care am redus secvența protocolului de frezaj.

În urma cercetărilor noastre s-a stabilit că timpul de frezaj a fost redus cu până la 50%, fără diferențe semnificative ale remodelării osoase între cele două protocoale de frezaj. Freza finală precalibrată de unică folosință, care se găsește împreună cu implantul, prezintă proprietatea unei tăieri fine și nu creează presiuni sau căldură la nivelul osului. Datorită reperelor de la nivelul frezei finale, adâncimea de frezaj corespunde pentru fiecare implant.

Din moment ce această procedură simplificată de frezaj nu a afectat în mod negativ răspunsul biologic al implanturilor inserate, ipoteza mea inițială că nu este afectată osteointegrarea s-a dovedit a fi adevărată. Rezultatele acestui studiu sugerează puternic faptul că etapa de osteotomie poate fi simplificată, fiind mai puțin cronofagă.

CONCLUZII: Prezentul studiu sugerează că utilizând protocolul de frezaj scurtat , timpul intervenției chirurgicale se reduce cu aproximativ 50%, iar protocolul nu a afectat remodelarea osoasă în primul an . Efectele economice se vor regăsi în reducerea semnificativă a costurilor pentru frezele necesare frezării , inserându-se astfel implantate la prețuri reduse . Un dezavantaj al acestui protocol scurtat poate fi considerat posibilitatea semnificativ redusă de corectare a poziției implantului în timpul osteotomiei, această metodă fiind recomandată doar clinicienilor cu experiență în etapa chirurgicală a implantologiei, sau în situația utilizării unui ghid chirurgical.

Studiul 3. REMODELAREA OSULUI PERIIMPLANTAR ÎN FUNCȚIE DE TIPUL CONEXIUNII STÂLP-IMPLANT

OBIECTIVELE CERCETĂRII: Scopul acestui studiu a fost de a analiza și compara remodelarea osoasă din jurul implantelor cu conexiune hexagonală (SEVEN, MIS, Israel) și cele cu conexiune conică (C1, MIS, Israel) inserate prin procedura scurtată de frezaj.

PARTEA EXPERIMENTALĂ: Studiul clinic a inclus un grup de pacienți cu vârste cuprinse între 30 și 70 de ani. Pacienții prezentau o igienă bucală bună, au fost nefumători și prezentau un biotip gingival gros. Implantele utilizate au fost cu conexiune hexagonală (SEVEN, MIS, Israel) și conexiune conică (C1, MIS, Israel) având diametre de 3.75mm și 4.20 mm, cu lungimi de 10mm respectiv 11.5 mm. Toate implantele au fost inserate în pereche (unul cu conexiune hexagonală și unul cu conexiune conică), aleator într-o densitate osoasă D2 în regiunea edentată terminal a mandibulei, în os consolidat.

Osteotomia a fost realizată prin protocolul de frezaj scurt descris în studiul anterior. Viteza de frezaj a respectat recomandările producătorului. Cuplul din timpul inserției implantului nu a depășit 50 N/cm. Grosimea osului a fost de minim 1.5 mm în jurul gâtului implantului. Toate implantele au fost inserate la nivel crestal și au fost fixate șuruburile de acoperire oferite de producător după inserare. La 3 luni de la etapa de inserare s-a realizat etapa protetică. Restaurările protetice au fost înșurubate unidentare realizate din disilicat de litiu (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein). La fixarea restaurărilor înșurubate pe implant s-a utilizat un cuplu de 25 N/cm atât pentru implantele cu conexiune conică, cât și pentru cele cu conexiune hexagonală.

Analiza nivelului osos periimplantar s-a făcut radiologic. Pentru fiecare pacient, s-a realizat un set de radiografii imediat după inserarea implantului precum și la 6, 12, 24 de luni post terapie implantară. Radiografiile retro-alveolare s-au investigat prin software-ul Image J 1.46r (National Institutes of Health, USA) asemănător studiului anterior. Remodelarea osoasă a fost evaluată mezial prin măsurarea diferenței dintre contactul os-implant și joncțiunea dintre implant și stâlpul implantar (platforma implantului).

Analiza statistică a fost evaluată folosind one-way ANOVA. Rezultatele sunt prezentate în tabele, ca medie, deviație standard, minim și maxim a datelor măsurate.

REZULTATE ȘI DISCUȚII: În cadrul acestui studiu au participat 49 de pacienți. 28 au fost bărbați și 21 femei cu vârste cuprinse între 37 și 68 de ani care au primit în total 98 de implantate. Toate implantele au fost osteointegrate și toți pacienții au respectat examinările la 6, 12 și 24 de luni.

Nu s-au înregistrat diferențe semnificative statistic între conexiunile hexagonale interne și cele conice interne pentru nici unul din cele 3 intervale din timp (6, 12 sau 24 de luni) evaluate ($p = 0.35$), dar există diferențe semnificativ statistic când s-au analizat intervalele de timp ($p < 0.05$).

Acest studiu clinic a demonstrat rezultate similare clinic și radiologic între cele două tipuri de conexiuni. Grosimea marginii gingivale poate fi considerată ca fiind un factor care influențează semnificativ stabilitatea osului periimplantar. În studiul nostru au fost implicați pacienți cu biotip gingival mediu/gros.

S-a adoptat inserarea unui implant întârziat într-un os consolidat pentru a avea predictibilitate și pentru a minimiza resorbția alveolară datorată etapei de vindecare și pentru a asigura o ancorare corectă a osului pentru stabilitatea implantului. Nu au fost făcute proceduri de augmentare cu os sau grefe de țesut.

CONCLUZII: În concluzie nu s-au înregistrat diferențe semnificative statistic între conexiunile hexagonale interne și cele conice interne pentru nici unul din cele 3 intervale din timp (6, 12 sau 24 de luni). Grosimea marginii gingivale poate fi considerată ca fiind un factor care influențează semnificativ stabilitatea osului periimplantar. Prin urmare, alegerea tipului de conexiune (hexagonal sau conic) poate fi bazată doar pe preferințele clinicianului.

Studiul 4. REMODELAREA OSULUI PERIIMPLANTAR ÎN CAZUL SUPRASTRUCTURILOR NANO-CERAMICE PE IMPLANTE

OBIECTIVELE CERCETĂRII: Obiectivele propuse spre rezolvare sunt de a evalua influența unui material compozit cu particule nano-ceramice în vederea realizării suprastructurilor protetice. În cadrul acestui studiu s-a urmărit remodelarea osoasă precum și capacitatea de abraziune al acestui material restaurator inovativ.

PARTEA EXPERIMENTALĂ: Studiul s-a desfășurat pe un lot de 12 pacienți cu vârste cuprinse între 34 și 64 ani. S-au inserat 32 de implanturi dentare C1 cu diametrul de 4.2 mm și lungimea de 10 mm, respectiv 11.5 mm. Criteriile de includere au fost bazate pe necesitatea de a insera minimum 2 implanturi. Implanturile au fost inserate în pereche la nivelul zonei laterale a mandibulei, în os consolidat, respectându-se diametrele și lungimile celor două implanturi.

După inserare, toate implanturile au fost acoperite cu șuruburi de vindecare. Amprenta s-a realizat după trei luni de la etapa chirurgicală în vederea obținerii restaurării protetice prin cimentare pe stâlpi protetici standard. Restaurările protetice au fost obținute prin tehnologia CAD/CAM aparținând firmei 3M ESPE LAVA, și s-au utilizat doar blocuri speciale Lava Ultimate Restorative, dimensiune S (mică) și culoare A2 LT (translucență scăzută).

Comportamentul la uzura ocluzală a fost stabilit prin compararea dimensiunilor inițiale a restaurărilor cu dimensiunile după 3, 6, 24 luni de la inserarea lor intraorală. Aceste măsurători s-au obținut utilizând soft-ware-ului 3M ESPE Lava Design 7.2. Cu ajutorul acestui program s-au scanat restaurările după adaptarea ocluziei și înainte de fixarea lor. Toate restaurările au fost cimentate cu ciment provizoriu de lungă durată (Dentotemp, Itena, Italia). La intervalele de 3, 6, 12 luni, restaurările s-au îndepărtat și s-au reanalizat cu același software. Rezultatele s-au comparat cu situația inițială.

Analiza remodelării osoase periimplantare s-a obținut radiologic. Rezultatele s-au analizat utilizând software-ul Image J 1.46r. Pierderea osoasă s-a măsurat în mm distal de fiecare implant. Măsurătoarea s-a realizat de la nivelul platformei până la nivelul osos, ținând cont că fiecare implant s-a plasat la nivel crestal. Măsurătorile s-au realizat în etapa chirurgicală, la 3 luni, 6 luni, 24 luni.

REZULTATE ȘI DISCUȚII: Din numărul celor 12 pacienți incluși în acest studiu clinic, un pacient a părăsit studiul datorită unor probleme de sănătate generale. Toate implanturile au fost osteointegrate, iar toți pacienții rămași în studiu au finalizat examinările la 3 luni, 6 luni și la 24 luni. Nu există diferențe semnificative între femei și bărbați în ceea ce privește pierderea osoasă.

Dintre cele 35 restaurări protetice realizate s-au semnalat 5 descimentări frecvente. Datorită acestui fapt, cimenturile folosite în fixarea suprastructurilor trebuie să fie cimenturi adezive, care să asigure o fixare optimă între stâlpul implantar și restaurarea protetică. De preferat ar fi utilizarea retenției prin înșurubare.

Rezultatele acestui studiu arată că restaurările nano-ceramice reduc cu până la 50% pierderea osoasă. Forțele ce au acționat la nivelul implantului s-au diminuat datorită elasticității acestor restaurări. Pe parcursul analizei celor 24 luni acest material a oferit o foarte bună rezistență la abraziune, chiar și în zona posterioară. Cu atât mai mult nu a fost vizibilă abraziunea antagoniștilor, comportându-se mult mai bine decât restaurările ceramice.

Una din limitele acestui material este dat de imposibilitatea individualizării. Așa cum am mai arătat pe parcursul studiului clinic pe care l-am realizat, acest material se găsește sub formă de blocuri prefabricate de nuanțe diferite.

Bazându-ne pe rezistența lui la flexie și pe rezistența crescută la oboseală, acest material este ideal pentru cazuri dificile care includ restaurările protetice pe implanturi. Datorită lipsei ligamentelor de la nivelul implantelor dentare, acest material inovativ poate amortiza forțele transmise implantului de pe parcursul procesului de masticatie. Consider că aceste materiale pe baza tehnologiei nano-ceramice sunt de luat în calcul mai ales în situațiile în care se dorește o amortizare a forțelor ocluzale.

CONCLUZII: Concluziile studiului confirmă dogma că suprastructurile pur ceramice sau metalo-ceramice nu sunt indicate datorită rigidității și densității lor. Acest compozit ramforțat cu particule nano-ceramice a demonstrat o resorbție osoasă redusă la nivelul implanturilor și de asemenea nu s-a remarcat o uzură ocluzală într-un interval de 24 luni de funcție intra-orală.

Studiul 5. CONTRIBUȚII PRIVIND UTILIZAREA INCRUSTAȚIILOR CERAMICE PENTRU SIGILAREA ORIFICIILOR DE ACCES LA RESTAURĂRILE ÎNȘURUBATE

OBIECTIVELE CERCETĂRII: Scopul acestui studiu a fost să evalueze performanțele estetice și clinice funcționale ale incrustațiilor ceramice utilizate pentru sigilarea cavităților de acces a restaurărilor înșurubate pe implante, pentru a elimina dezavantajele metodelor de restaurare alternativă prin obturații de compozit.

PARTEA EXPERIMENTALĂ: Acest studiu a inclus un lot de 28 de pacienți cu edentații în zona laterală la nivelul premolarilor și molarilor. Implantele au fost inserate folosind un ghid chirurgical obținut pe baza wax-upului. S-a folosit protocolul de frezaj scurt pentru inserarea implantelor.

Amprentarea s-a realizat la 3 luni după perioada de osteointegrare a implantelor. Toți pacienții au primit restaurări înșurubate unidentare monolitice, full-countur din disilicat de litiu (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent). Numărul total al restaurărilor a fost divizat în două grupe: **Grupul de control**, unde a fost folosit compozit fotopolimerizabil pentru a închide cavitățile de acces ale șuruburilor, și **grupul de studiu**, unde au fost folosite incrustații integral ceramice, pentru același scop.

Restaurările înșurubate au fost fixate la implant după dezinserția șurubului de vindecare. Toate restaurările au respectat protocolul standard de fixare prin înșurubare. La închiderea cavității de acces al șurubului s-a folosit diga, pentru a reduce la minimum umiditatea din cavitatea orală și din șanțul periimplantar.

Pentru determinarea suprafețelor de abrazie în toate cazurile, după finalizarea restaurărilor s-au luat amprente, iar modelele rezultate au fost scanate cu 3D Scanner Design System (Lava scan ST) înregistrând suprafețele anatomice ale modelelor. Prima amprentă a fost luată în ziua fixării incrustației ceramice, a doua amprentă după un an de funcție, iar a 3-a după doi ani de funcție. Imaginile scanate inițial au putut fi evaluate prin suprapunerea a trei puncte de referință. Valoarea gradului de abrazie (μm) a fost calculată ca fiind pierderea maximă în înălțime a suprafeței ocluzale. Cantitatea uzurii s-a raportat față de situația inițială pentru fiecare dintre anii unu și doi.

Instrumentul (FDI) Federației Dentare Internaționale pentru evaluarea restaurărilor directe și indirecte a fost folosit de asemenea pentru analiza clinică. În prezentul studiu am reușit să investighez 13 indicatori: biologic (6 itemi), funcțional (6 itemi), estetic (4 itemi). Fiecare element este stabilit printr-un examen clinic pe o scală cu 5 puncte (1 presupune o restaurare perfectă iar 5 o restaurare care necesită înlocuirea), și colectate într-un formular sub formă de raport de caz. Evaluatorul împreună cu clinicianul au folosit kitul special destinat pentru evaluarea criteriilor FDI (EX-KIT 150/250, Deppler, Rolle, Switzerland).

Toate calculele statistice au fost efectuate cu ajutorul analizei statistice unidirecționale a variației (ANOVA).

REZULTATE ȘI DISCUȚII: Analiza funcțională a pacienților s-a întins pe un interval de 2 ani. Toți pacienții au participat la studiu. Rata de succes a implantului și a restaurărilor la 2 ani a fost de 100%. Pentru cele 58 de restaurări au fost efectuate calculele de uzură pentru toate incrustațiile ceramice realizate în închiderea cavităților de acces și s-a comparat cu obturația clasică de compozit a orificiului cavității de acces. După 2 ani de urmărire, valorile de uzură au fost $228.20 \pm 54.68 \mu\text{m}$ în cazul obturațiilor din compozit, și $65.20 \pm 7.24 \mu\text{m}$ în cazul incrustațiilor. One-way ANOVA a arătat diferențe semnificative în pierderea verticală a acestor 2 grupuri ($P < .001$).

Cea mai mare uzură s-a observat în punctele de contact ocluzale în statică și dinamică pentru obturațiile din compozit, până la 310 μm în următorii 2 ani, de la momentul inițial.

Răspunsurile clinice, conform scorului Federației Dentare Internaționale pentru evaluarea restaurărilor dentare a relevat o deteriorare semnificativă a umpluturilor compozite în termen de 2 ani de la urmărire. Analiza statistică a indicat o diferență semnificativă între restaurările obturate cu compozit și cele cu incrustație. Urmărind adaptarea marginală, au fost vizibile spații în jumătate din toate obturațiile de compozit, la 2 ani de funcție. Infiltrații mici au fost observate exclusiv la închiderea marginală a restaurărilor compozite. După 2 ani, calitatea suprafeței nu s-a deteriorat mai mult, dar suprafața aspră a compozitului clasic a avut consecințe ale creșterii aderenței plăcii și lipsa stabilității cromatice.

Rezultatele acestui studiu clinic au indicat că incrustațiile ceramice studiate sunt o opțiune de restaurare cu potențial de uzură abrazivă scăzut și o estetică ridicată pe o perioadă îndelungată.

Important de notat este că și în situații în care poziția implantului nu este una ideală, este posibilă realizarea unei restaurări înșurubate utilizând incrustații estetice.

CONCLUZII: Rezultatele obținute în acest studiu sugerează că incrustațiile ceramice pentru sigilarea cavității de acces a coroanelor din disilicat de litiu fixate la stâlpi din titan prefabricați CAD/CAM sunt mult mai predictibile decât obturațiile de compozit utilizate în același scop. Prin acest lucru se oferă avantaje estetice cât și stabilitate pe termen lung în comparație cu obturațiile tradiționale.

CONCLUZII FINALE:

1. Utilizarea unui protocol de frezaj scurtat este o metodă sigură pentru prepararea siturilor implantare. Acest lucru a fost dovedit atât prin studiul in vitro cât și clinic pe care l-am realizat. Principalul avantaj al acestei metode este câștigul de timp. S-a demonstrat că pe parcursul celor două cercetări timpul a fost redus cu 50% față de secvența convențională de frezaj.
2. Utilizând protocolul de frezaj scurtat există posibilitatea relativ scăzută de a mai putea corecta poziția implantului în timpul osteotomie. Această metodă fiind recomandată doar clinicienilor cu experiență sau în situațiile utilizării ghidurilor chirurgicale.
3. Unul din cei mai importanți factori care asigură succesul implantar este dat de conexiunea implantelor. Nu s-au înregistrat diferențe semnificative ale remodelării osoase între conexiunile interne hexagonale și conice pe o perioadă de 24 luni. Biotipul gingival joacă un rol mai important în remodelarea osoasă decât tipul de conexiune.
4. Datorită lipsei ligamentelor la implantele dentare, suprastructurile pur ceramice sau metalo-ceramice nu sunt indicate datorită rigidității și densității lor. Conceptul materialelor nano-ceramice este de luat în calcul în situațiile în care se dorește o amortizare a forțelor ocluzale datorită prezenței unui modul de elasticitate similar cu cel al dentinei. Studiul nostru a demonstrat că prin acest material inovativ resorbția osoasă este redusă, într-un interval de 24 luni de funcție intraorală.
5. Restaurările înșurubate par a fi cele mai preferate în zilele noastre. Metoda convențională de sigilare a orificiilor de acces face referire la compozite. Această metodă prezintă numeroase dezavantaje: microinfiltrația, uzura accentuată, infiltrarea bacteriană, decolorarea. Incrustațiile ceramice studiate sunt o opțiune de restaurare cu potențial de uzură abrazivă scăzut și o estetică ridicată pe o perioadă îndelungată. Utilizarea acestui concept de restaurare protetică face posibilă realizarea unei restaurări înșurubate utilizând incrustații estetice chiar dacă poziția implantului nu este una ideală.
6. Realizarea planului adecvat de tratament, evaluarea țesuturilor și colaborarea dintre chirurgul implantolog și protezist sunt esențiale când sunt dorite rezultate optime estetice și funcționale.

**UNIVERSITY OF MEDICINE AND PHARMACY
"VICTOR BABEȘ" TIMIȘOARA
FACULTY OF DENTISTRY
I DEPARTMENT**

SORIN GHEORGHE MIHALI



PhD THESIS

**CRESTAL BONE REMODELING AROUND DENTAL
IMPLANTS BY OPTIMIZING A DRILLING PROTOCOL AND
RESTORATIVE METHODS**

ABSTRACT

Scientific Coordinator
PROF. UNIV. DR. CRISTINA BORȚUN

**Timișoara
2016**

CONTENTS

List of publishing research	V
Abbreviations	VI
List of figures	VII
List of tables.....	XII
Acknowledgements	XIII
1. INTRODUCTION	XIV
2. GENERAL PART	1
2.1. Implant surgery of dental implants.....	1
2.1.1. Bone Quantity. Surgical aspects of bone quality	1
2.1.2. Standard drilling protocol	7
2.1.2.1. Implant site location	7
2.1.2.2. Initial drilling	8
2.1.2.3. Bone preparation drilling	8
2.1.2.4. Intermediary drilling.....	9
2.1.2.5. Bone Tap	10
2.1.3. The drill sequence in osteotomy for type of bone quality.....	11
2.2. Implant-supported restorations	15
2.2.1. Type of prosthetic platforms in implant dentistry	15
2.2.2. Restorative materials and technology used for definitive implant-supported restorations	30
2.2.1.1 Clinical performance of screw- vs cement-retained restoration	32
2.2.1.2 CAD/CAM Technology for implant-supported restorations.....	35
3. SPECIFIC PART	41
3.1. In vitro effect of osteotomy preparation site for optimizing a new drilling protocol: An experimental study.	41
3.1.1. Materials and Methods	41
3.1.2. Results	47
3.1.3. Discussion	52
3.1.4. Conclusions.....	58
3.2. Crestal bone remodeling around implants placed using a short drilling protocol.....	60
3.2.1. Materials and Methods	60
3.2.2. Results	64
3.2.3. Discussion	66
3.2.4. Conclusions.....	71

3.3. Crestal bone remodeling around dental implants with different abutment connection	73
3.3.1. Materials and Methods	73
3.3.2. Results	78
3.3.3. Discussion	80
3.3.4. Conclusions	85
3.4. Crestal bone level remodeling using nano-ceramic implant-supported restorations	86
3.4.1. Materials and Methods	86
3.4.2. Results	90
3.4.3. Discussion	91
3.4.4. Conclusions	95
3.5. Clinical performance of ceramic inlays used for sealing implant supported dental restorations screw access hole.....	97
3.5.1. Materials and Methods	97
3.5.2. Results	103
3.5.3. Discussion	105
3.5.4. Conclusions	111
4. Conclusions and personal implications.....	113
5. References	118
APPENDIX.....	I

Keywords: dental implants, optimizing drilling protocol, bone remodeling, dental implant abutment connection, all ceramic inlays, short drilling protocol, minimal invasive treatment, nano-ceramic materials, final single-use drill, dental esthetics, screw-retained restorations, thermography, drill temperature, drill torque.

I. INTRODUCTION

Dental Implantology is a dynamic field in which the terms, concepts and materials are in constant development. Every year thousands of implants that are inserted subsequently charged with prosthetic superstructures, such prosthetic restoration edentulous patients with implant support has opened a new era in dentistry. These restorations have become a common treatment choice for most of the dental practitioners, therefore was explaining the developing of this huge medical part.

Although still expensive, their predictability, functionality and durability of dental implants, offered the status of first therapeutic option in restoring toothless. Complications of implants can be biological or mechanical. Due to a poor dispensary in maintaining oral hygiene risk that gingival inflammation around the implants end with crestal bone loss. Thus, biological complications are the most intractable. But there are risk factors elucidated, so one objective of this work was to optimize the short drilling protocol, which has no changes to the bone remodeling, regardless of type of implant. Conventional technique is time-consuming, increasing surgical time and automatically increasing postoperative recovery period. The main motivation for the study was given by minimizing the surgical and prosthetic time due to bone remodeling.

Therefore we wanted to establish a protocol to simplify the sequences of drilling to achieve implant site preparation. In this regard, we conducted an in vitro study to analyze torque and temperature during drilling sequences released.

Among the mechanical complications, the most common are the screw loosening or fracturing the fixing screw for the superstructure. It is scientifically proven that over a period of 5 years, are rare situations where an implant is fractured (below 0.4%) or a fracture that occurs abutments or screws. The most frequent cases are the screw loosening and retention loss (8.8%), followed by unbounded restorations (4.1%) and veneer fracture (3.5%).

Most often on the implant connections between prosthetic and implant body abutment, is a microscopic space which is defined generically as micro-gap. Crestal bone loss appears to be closely related to these micro-gaps, which acts as a gap for microorganisms and may even be an etiological factor in the inflammatory soft tissue reaction in peri-implantitis. It has been found that the two types of internal connections, conical and hexagonal behaved differently. Morse conical type connections existed between abutment and the implant present a accurate adaptation. Contrary to hexagonal implants connection were observed numerous spaces between the implant and prosthetic abutment connection after screwed. Incidentally, the lowest tension to the bone level was discovered on implants with conical connection. Due to cold welding mechanism of conical connection prosthetic abutment are more over resistant to deformation and fracture in compare with internal hex connection. Therefore, I wanted to analyze bone remodeling during this PhD thesis from the two common types of internal hexagonal connections compared to conical connection. Due to this objective can optimize bone loss using a connection that establishes a perfect overlap between abutments and implant.

Over time it tried using different types of materials for obtain prosthetic restorations. Of these proved viable only a few that have specific binding properties, which are necessary in order to obtain a long-term success. All-ceramic systems have revolutionized implant-supported restorations with qualities and properties of accuracy, strength, naturalness and sustainability. Among the disadvantages lists are the rigidity and fragility.

Encountering in daily practice a losses of prosthetic restorations on implants by veneer fracturing due to lack of periodontal ligament that serves normally as shock

absorbing transmitted by the restoration, we decided to analyze the new restorative material Lava Ultimate **CAD/CAM**, which is a composite with nano-ceramic particle. Those implant prosthetic restorations of these features are particularly advantageous in that a modulus of elasticity is similar to the dentin, unlike ceramic materials, having an increased brittleness.

The modern era of dental implantology is dominated by screw-retained restorations. Currently, many composite materials have been used in sealing the access holes of screw-retained implant restorations. The main disadvantages of these materials are the leakage of bacterial contaminants around traditional light-cured composites placed in the screw access hole, the compromise of esthetics, and the weariness noted on the implant crown. Noting aesthetic and functional shortcomings of conventional materials used for closing the access holes for the screw-retained restoration, we considered useful to undertake a study on all-ceramic inlays, to sealing implant prosthesis screw access hole. Thus we evaluated the clinical performance of a new concept of restorative treatment. Although therapy increases the price, the aim of this concept is to remove inconveniences of due cemented restorations and fillings with composite closing the screw access hole. In the future this concept offers aesthetic advantages and long-term stability compared with traditional fillings.

II. GENERAL PART

This part of the PhD thesis spans two chapters addressing synthetically relevant data in the literature to current state of art on the study subject. The first chapter describes the surgical time for insertion of dental implants, which present the anatomy and physiology of bone quantity and quality. Conventional drilling protocols, highlighting their importance in understanding the possible optimizations. Offer bone is very important in oral implantology, so in this chapter it was describes the effects of bone remodeling after dental extractions. They were taken into account bone density classification and determining bone density assessed by a radiological investigation (CT). Clinical success is determined largely by the knowledge of bone density. In the second chapter described conventional drilling protocol used for the implant site preparation. Such sequences are described for standard osteotomy drilling recommended by the manufacturers of dental implants. The third subchapter refers to the use of drilling according to the standard protocol of bone density. It was discuss the basic characteristics of each type of osteotomy bone density (D1-D4).

The last chapter of this part, "superstructures on dental implants", addresses the connections to implant and implant prosthetic restoration methods. Different types of implant connections from the platform implantation are described in this chapter for the most common internal and external connections, first of all the connections that directly influences crestal bone remodeling is important. Implant connection have a double link one with the platform and another with different superstructures implantation. Restorative materials and technologies used in prosthetic implantology are described in the following two subsections. Therefore the performances are analyzed clinically with implant prosthetic restorations that are screw retained or cemented. Each type of retention is debated brought pros and cons for clinical success. Towards the end, in the last chapter are presented data on the use of CAD/CAM technology in prosthetics implantology. I described the current status of the technology and the selection criteria for ideal ceramic materials. During these chapters images are used to complete the data that are submitted.

III. SPECIFIC PART

Study 1. IN VITRO EFFECT OF OSTEOTOMY PREPARATION SITE FOR OPTIMIZING A NEW DRILLING PROTOCOL: AN EXPERIMENTAL STUDY

PURPOSE: The purpose of the study was to establish a protocol for reducing time for drilling sequence during dental implant site preparation based upon temperature and insertion torque. Traditional conventional drilling sequence was compared to the proposed short drilling protocol (a pilot drill and the final drill) in different bone density.

MATERIALS AND METHODS: One hundred drilling osteotomies were performed in order to compare 2 types of drilling protocol by assessing the temperature changes and the magnitude of drill torque. 5 types of bone quality were used. Five bones were allocated for each bone density and 2 sets of 2 osteotomy sites were created in each bone.

Temperature measurements in bone during drilling were carried out with a thermography method. The thermo-graphic pictures were captured with a frequency of 60 frames/sec during all drilling time and analyzed by ThermoCAM Researcher Professional 2.10. This facilitates continuous monitoring of temperature during preparation. An Excel sheet was created for each drill perforation for every bone density. The maximum observed from baseline (delta T) was examined as a primary factor that represents thermal insult to the bone.

The torque was determined during the drilling by measuring the electric input and the drill speed. The maximum value for the torque was determined over the drilling phase, given by the maximum consumed input.

The total time for each perforation was recorded with a chronometer during every site preparation.

Mechanical changes resulting from the two drilling techniques were observed under an electron microscope at a magnification of 12.5x (Pico, Zeiss, Germany) for each specimen of each characteristic bone density.

The significance of the differences observed was evaluated using one-way ANOVA (statistical analysis of variance).

RESULTS AND DISCUSSION: The mean bone temperature produced during implant site preparation in all densities for the conventional and short drilling protocol $2.94 \pm 2.08^{\circ}\text{C}$ and $2.66 \pm 0.92^{\circ}\text{C}$ for 3.75 mm implant diameter and $2.99 \pm 2.47^{\circ}\text{C}$ and $3.01 \pm 1.45^{\circ}\text{C}$ for 4.20 mm implant diameter, respectively. There were no statistically significant differences between conventional and short drilling protocol. The lower mean temperatures were registered with conventional drilling protocol 4 mm diameter drill ($+0.54^{\circ}\text{C}$ in D4 density) and the higher mean temperatures were produced in conventional protocol with 3 mm diameter drill ($+9.07^{\circ}\text{C}$ in D1 density).

The mean torque applied to all bone densities during implant site preparation in conventional drilling protocol was 44.12 ± 4.32 N/cm and in short drilling protocol was 45.04 ± 5.21 N/cm. There were no significant differences between the two types of drilling protocols at both implant diameters when comparing the drilling torque during osteotomies.

Time needed for implant site preparation was significantly decreased in the short drilling protocol from 75.11 ± 38.22 seconds to the 19.34 ± 11.62 seconds when compared with the conventional drilling protocol. By reducing the osteotomy drills number, time has been reduced by approximately 50 seconds. During the drilling, time needed for implant site preparation was statistically significantly higher using conventional drilling protocol compared to short ($P < 0.001$).

This study evaluated the thermal change and drilling torque in different bone densities when using conventional drilling protocol versus short protocol. By reducing the drilling sequence the operating time was shortened and post-operative trauma was reduced.

Results from this study showed that by reducing the number of drill used, there was a significant reduction in the time and the heat generation controller.

This study protocol has established similar to those of the human bone. The specimens it does not exactly reproduce the conditions of the human bone by the lack of blood flow to the normal temperature of 37 °C and a standardized way of implant site preparation it was those of the limitations of this study.

CONCLUSIONS: In all evaluated drilling sequences, recorded temperatures during osteotomy were below to the critical bone necrosis. Within the limitations of this experimental study, the short drilling protocol (initial and last drills) proposed could be a safe approach used for implant site preparation. Further in vivo studies are required in order to verify the applicability to clinical use.

Study 2. CRESTAL BONE REMODELING AROUND IMPLANTS PLACED USING A SHORT DRILLING PROTOCOL

PURPOSE: The aim of the study was to examine the influence of short drilling protocol on peri-implant crestal bone level.

MATERIALS AND METHODS: Twenty patients, aged between 34 and 64 years, agreed to participate in the study. Forty C1 implants (MIS Implants, Israel) with diameter of 4.2 mm and the length of 10 mm or 11.5 mm. All implants were inserted in pairs in mandibular free-end situations, in consolidated D2 bone. It was excluded all cases of bone augmentations made previously. The mesial implant was inserted with the standard drilling protocol (round bur, pilot drill with integrated stopper, 3.2 mm drill, 3.8 mm and a final single use tapered drill) and the distal implant was inserted using the short drilling protocol sequence (round bur, pilot drill with integrated stopper and a final single use drill). Insertion torque did not exceed 55 Ncm.

After insertion, all implants received healing screw. Impressions were taken 3 months after the surgical phase, in order to obtain the final prosthetic restorations. Single unit restoration (Lava Ultimate – 3MEspe) was applied in all cases.

Analysis of crestal bone level was carried out using radiographs. For each patient, a set of retro-alveolar radiographs was obtained at insertion, 3, 6 and 12 months after insertion. The results were analyzed using software Image J 1.46r (National Institutes of Health, USA). Each radiographic image was calibrated at a 1:1 scale, using the length in mm of the implant, from the platform level to its apex. Bone level was measured in mm distally for each implant. The measurements were carried out from the implant platform to the radiographic bone level.

Statistical analyses of the radiographic data were performed using the statistical software SAS version 9.2 (SAS Institute Inc., USA). All data were summarized by mean, standard deviation, minimal and maximal level of bone remodeling.

RESULTS AND DISCUSSION: From the total of 20 patients included in this clinical investigation, 11 were men and 9 women. None of the implants was lost during the 12-months follow up period. All the patients completed the 3, 6 and 12-month follow-up examination.

The effects of the tested and control modalities of implant insertion with standard protocol and short drilling protocol are presented in Table 1. In both groups, there was an increase in the marginal bone loss over the first year. The final marginal bone level 12 months after implant placement was 0.94 ± 0.43 for the conventional drilling group, and 0.90 ± 0.33 for the short drilling protocol group. The two-tailed t-test indicated that between the two drilling protocols there were no statistically significant differences ($P > .05$).

Tabelul 1. Marginal bone remodeling in mm over time and with different protocols of drilling.

VISIT	CONVENTIONAL DRILL PROTOCOL			SHORT DRILL PROTOCOL		
	MEAN \pm SD	Min	Max	MEAN \pm SD	Min	Max
3 month	0.79 \pm 0.24	0.31	1.21	0.67 \pm 0.35	0.27	1.75
6 month	0.91 \pm 0.36	0.43	1.79	0.87 \pm 0.39	0.4	1.93
12 month	0.94 \pm 0.43	0.5	1.81	0.90 \pm 0.33	0.3	1.85

The drilling time for the insertion of one implant with the short drilling protocol was 1.03 ± 3.63 minute compared to 1.57 ± 2.88 minute for the standard protocol.

The present results suggest the possibility of reducing the number of drills for implant osteotomy without compromising the clinical results especially when we looked at crestal bone level. It provides a method for obtaining a reduced drilling time up to 50%, suggesting more patient satisfaction and better healing capacity. A final single use drill that was used in the present study, supplied with each implant was used for both groups. The use of a new final drill for each implant allows avoiding the rise in temperature during or torque pressure in osteotomy. With the mark parts of the final drill, osteotomy depth corresponding for each implant.

Since the simplified procedure for osteotomy has not affected the biological response of inserted implants, my initial hypothesis that is not affected osseointegration has been shown to be true. The results of this study strongly suggest that osteotomy procedure can be simplified, to be less time consuming.

CONCLUSIONS: Taken together, the present study suggest that using the short drilling protocol, the surgery time is reduced around 50%, but the protocol did not affect crestal bone remodeling during the first year. The economic effects will be reflected in significant cost savings necessary for drills for osteotomy, thus inserting implants at reduced prices.

One drawback of the proposed short drilling protocol is that the possibility to correct the implant position during the staged osteotomy is significantly reduced, so this method is advice only for clinicians with experience in the surgical part of implant dentistry, or it requires the use of a surgical guide.

Study 3. CRESTAL BONE REMODELING AROUND DENTAL IMPLANTS WITH DIFFERENT ABUTMENT CONNECTION

PURPOSE: The aim of this study is to evaluate advantages and disadvantages to compare bone remodeling around internal hexagon connection (SEVEN, MIS, Israel) and conical connection (C1, MIS, Israel) of identical implants placed with a short drilling surgical technique.

MATERIALS AND METHODS: This clinical study included a group of adult patients, aged between 30 to 70 years old. They presented good oral health, had to be non-smokers and presented a thick gingival biotype (more than 2 mm tissue thickness). They received dental implants with diameters of 3.75 mm or 4.20 mm and a length of 10 mm or 11,5 mm (MIS SEVEN and MIS C1, MIS ISRAEL). All implants were inserted randomized in pairs in mandibular free-end situations, in consolidated D2 bone, respecting the diameter and the length of the first implant to the second implant received by one patient (meaning that both types of implants will have the same diameter and length).

Drilling procedure was accomplished through a short drilling protocol that was described in anterior study. The drilling speed was maintained for every bur abided by the manufacturer's recommendations. Insertion torque did not exceed 50 N/cm. Torque

was measured with insertion ratchet for the last 3-4 rotations. Saline irrigation was applied during all phases. Each implant was inserted after final drilling with a perfectly calibrated single use drill, and was surrounded by 1,5 mm of bone around the implant neck.

After insertion, all implants embedded at the crestal bone level received cover screws as provided by the manufacturer for each type of implant. At 3 months from the insertion phase a second surgical phase was performed for implant uncovering to obtain final restorations. All patients received single monolithic lithium di-silicate screw-retained implant supported restoration (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent). All the screw-retained restorations on hexagonal and conical connection were fixed to the implant with a 25 N/cm torque. In all cases rubber dam was used for cementing the inlays in order to minimize humidity from the oral cavity and peri-implant sulcus.

Analysis of the crestal bone level was preformed radiographically. For each patient, a set of retro-alveolar radiographs was obtained at insertion phase (control phase), at 6, 12, and 24 months after insertion. The results were analyzed and changes in the peri-implant bone height were evaluated using software Image J 1.50e (National Institutes of Health, SUA). Each retro-alveolar X-ray image was calibrated at a 1:1 scale, knowing the length in mm of the implants, from the platform level until its apex. In the present study the evaluation was performed only on mesial aspect of the implant. The bone level was evaluated by measuring the differences between the implant-bone contact and implant-abutment junction.

Statistical analysis was performed using one-way ANOVA (statistical analysis of variance). All statistical calculations were described in tables and the results are given as mean, standard deviation, minimum and maximum of measured data.

RESULTS AND DISCUSSION: This study included 49 patients (28 men, 21 women), aged between 37 to 68 years (mean age 54 ± 11 years) who received a total of 98 implants. All the implants investigated were osseointegrated and all the patients completed the 6, 12 and 24-months follow up examination.

There are no statistically significant differences between internal hexagonal and conical connection for any of the three moments in time ($p = 0.35$) but there were significant difference when considering the time phases ($p < 0.05$).

This clinical study demonstrated after two years loading, no statistically significant differences or even trends could be observed comparing similar implants with internal hexagon and conical connections. Initial gingival tissue thickness at the crest may be considered as a significant influence factor on marginal bone stability around implants. In our study it was involved patients with gingival medium/thick biotype.

In the present study a delayed implant approach was taken in order to predictably minimize alveolar resorption secondary to healing, and to ensure a correct anchoring bone for implant stabilization. No bone or tissue grafting procedures was performed. Proper treatment planning, tissue evaluation and collaboration between the implant surgeon and restorative dentist is essential when optimal esthetic and functional results are desired.

CONCLUSIONS: In patients with natural thick gingival biotype the internal conical connection has no statistically significant influence on bone remodeling were observed in clinical outcomes when compared to internal hexagonal connection after 3 times intervals (6, 12, 24 month). This means that in cases with sufficient soft tissue volume, stable keratinized gingiva and sufficient bone offer the type of implant connection has no influence on the peri-implant bone remodeling. Therefore the choice of type of connection (hexagonal or conical) can be simply based on clinician preference.

Study 4. CRESTAL BONE LEVEL REMODELING USING NANO-CERAMIC IMPLANT-SUPPORTED RESTORATIONS

PURPOSE: The aim of this work is to study the influence of a new nano-ceramic particle reinforced composite related to the occlusal wear and implants bone resorption.

MATERIALS AND METHODS: The study was performed on twelve patients aged between 34 and 64 years agreed to participate in the study. It was inserted 32 C1 implants with diameter of 4.2mm and the length ranged between 10mm and 11,5mm. Inclusion criteria were needed for inserting at least 2 implants. All implants were inserted in pairs in mandibular free end situations, in consolidated bone.

After insertion, all implants received healing screws. Impressions were taken 3 month after the surgical phase, in order to obtain the final prosthetic restorations by cementing on standard prosthetic abutments. The CAD/CAM machine used for obtaining the prosthetic restorations belongs to 3M ESPE LAVA. Where used only specially designed blocks Lava Ultimate Restorative, size S (small) and A2 shade with LT-Low Translucency. The milling of the restorations was carried out with the CAM milling machine, belonging also to 3M ESPE LAVA, resulting in the final restorative prostheses.

The occlusal wear behavior was assessed by comparing the initial dimensions of the restoration with the dimensions after 3, 6, 24 month from the intraoral placement. These measurements were obtained by using 3M ESPE Lava Design 7.2 software. With this program the restorations were scanned after adjusting the occlusion and before the cementation. All restorations were cemented with long-term provisional cement (Dentotemp). After 3, 6, 12 month the restorations were removed and re-analyzed with the Lava Design 7.2 software. The results were compared with the initial situation.

Analyzing for periimplant bone remodeling was radiographically accomplished. Bone loss was measured in mm distally for each implant. The measurement was carried out from the implant platform to the bone level, keeping in mind that each implant was placed at the crestal level. The measurements were performed at the surgical phase, after 3, 6 and respectively 6 month.

RESULTS AND DISCUSSION: From the total of 12 patients included in this clinical investigation, one patient left the study, due to personal health problems. All the implants were osteointegrated and all the patients completed the 3, 6 and 24-month follow up examination. There were no significant differences between women and men regarding the bone loss.

Of the 35 prosthetic restorations were made five an bonding was signaled. Due to this fact cements used in fixation the superstructure must be adhesive cements, to ensure optimal fit between implant and prosthetic restoration abutment. Preferably as use of the screw retained restoration.

Following our research it was determined that the nano-ceramic restoration reduced up to 50% of the bone loss. By using these restorations it was observed a precision reduction in the peri-implant bone. The forces developed on the implant were diminished due to the elasticity of the restorations. Following our measurements with the Lava 7.2 software it was established that the bone loss is minimum after 24 month of intraoral function. In the entire period none of the restoration fractured. The occlusion remained stable for all restorations. One of the limitations of this material is given the impossibility of individualization. As I mentioned during the trial that I realized, this material is in the form of prefabricated blocks of different colors.

Based on its high flexural strength and high fatigue resistance, the material is ideal for challenging cases like implant supported crowns. Due to lack ligaments from the implants, this innovative material can absorb the forces transmitted to implant during chewing process. I believe that these materials based on nano-ceramic technology are better solution especially in situations where it is desired to prevent occlusal forces. The mechanical properties of this new material suggest that it can be successfully used in implant dentistry

CONCLUSIONS: Within the limitation of this study it can be assessed that the superstructures confirmed dogma that pure ceramic or metal-ceramic are not suitable due to their rigidity and density. This nano-ceramic reinforced composite seems to be a promising material for fixed prosthetic restorations on implants. Showing reduced implant bone resorption and also no occlusal wear on a 24-month period of intraoral evaluation.

Study 5. CLINICAL PERFORMANCE OF CERAMIC INLAYS USED FOR SEALING IMPLANT SUPPORTED DENTAL RESTORATIONS SCREW ACCESS HOLE

PURPOSE: The aim of this study was to assess the esthetic and functional clinical performance of ceramic inlays used for covering the screw access hole in single monolithic lithium disilicate full-contour crowns bonded on **CAD/CAM** prefabricated titanium abutment in order to eliminate the drawbacks of alternative restorative methods.

MATERIALS AND METHODS: This study included 30 patients with missing teeth in the lateral areas (premolars and molars). The implants were inserted using a surgical guide obtained after the wax-up. A short drilling protocol was used for the implant placement followed by a 3-month period of osseointegration.

Impressions were made 3 months after the surgical phase. The monolithic lithium disilicate screw-retained restorations crown (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent) was fabricated for all patients. For the control group conventional sealing screw access hole with composite was used as a reference material. For the study group for the screw access surfaces it was fabricated ceramic inlay restorations.

The screw-retained restorations were fixed to the implant. All restorations have followed standard protocol for screw-retained restorations. A rubber dam was placed at every screw-retained restoration to minimize the humidity from the peri-implant sulcus and oral cavity.

In order to determine the wear in all cases impressions were obtained after the restorations were finalized and the casts were scanned with a 3D Scanner Design System (Lava scan ST) recording the anatomical surfaces of the white model replicates. First impression was made in the same day with inlay cementation (baseline), second one after one year of function and the third impression after two years of function. Therefore the baseline scan images could be superimposed over each of the successive annual images. Three reference points were used for an accurate comparison of the 3 images obtained from every patient. Wear amounts (μm) were calculated as the maximum loss in height of the occlusal surface. Reported wear data were determined from baseline for each of years one and two.

The (FDI) World Dental Federation instrument for assessing direct and indirect dental restorations was used for clinical evaluation. In the present study we were able to investigate 13 items: biological (six items), functional (six items) and esthetic (four items). Each item is established by clinical examination on a 5-point scale (1 implies a perfect restoration and 5 a restoration that needs to be replaced), and collected in the CRF. The main result is the worst score for all items (ranging from 1 to 5) at 2-year follow-up. The clinician and the evaluator will use the evaluation kit specifically designed for evaluating the FDI criteria (EX-KIT 150/250, Deppeler, Rolle, Switzerland).

Statistics were performed using analysis of variance (ANOVA).

RESULTS AND DISCUSSION: All the patients were followed-up for at least 2 years for function. No dropouts occurred. The overall implant and prosthesis survival rates at 2 years were 100%. Successful soft tissue parameters were found around all the implants. No filling of classic composite did ever show a perfect margin adaptation identical to the ceramic inlays. For the total 32 ceramic inlays analyzed in this study as well as for the 32 composite

fillings, wear measurements for each patient involved making new impression at each time interval 1 and 2 years. After two years of follow-up the wear values were $232.46 \pm 54.70 \mu\text{m}$ in case of composite fillings and $65.65 \pm 7.28 \mu\text{m}$ for the ceramic inlays group. One-way ANOVA shows significant differences among the vertical loss between these two groups ($p < 0.001$). The highest wear was observed on the occlusal contact points in static and dynamic occlusion for the direct composite restoration, up to $321 \mu\text{m}$ after two years of follow-up.

Clinical outcomes according to the FDI score for assessing dental restorations (worst score over the three dimensions) revealed substantial deterioration within 2 years of follow-up period. The statistical analysis indicated significant difference between direct composite restorations and ceramic inlays when we compare the baseline and the 1-year follow-up ($p < 0.001$) as well as for the evaluation at 2 years follow-up ($p < 0.001$). By means of the marginal fitting, grooves were found in 52.9 % of all composites measurements after 2 years of follow-up. Small leakages were found exclusively in the bonding area of composite restorations. After 2 years the surface quality did not deteriorate more but the rough surface of classic composite had consequences as increased plaque adherence and lack of color stability.

The results of this clinical research indicate that the ceramic inlays studied offered a restorative option with low abrasive wear potential and high esthetics for a long period of time.

It is important to note that screw-retained restorations required prosthetically driven implant placement due to the position of the screw access hole. By using the method described in this PhD thesis we can still deliver a screw-retained restoration to the patient by using the highly esthetic and functional ceramic inlays, even if the implant position is not an ideal one.

CONCLUSIONS: The results obtained in this study suggest that ceramic inlays for sealing screw access hole of monolithic lithium disilicate full-contour crowns bonded on CAD/CAM prefabricated titanium abutment are more predictable than composites fillings used for the same purpose and offer esthetic as well as long-term stability advantages over traditional composite fillers.

GENERAL CONCLUSIONS:

1. Using a short drilling protocol is a secure method for implants site preparation. This reason was proven by both studies (in vitro and in vivo) that we conducted. The main advantage of this method is less time consuming. It has been shown in this research that the using of short drilling protocol, the time has been reduced by 50% compared to conventional drilling sequence.
2. Using short drilling protocol it is low possibility to correct the implant position during osteotomy. This method is only recommended for experienced clinicians or in surgical guides situations.
3. One of the most important factors ensuring the implant success is the connection. There were no significant differences in bone remodeling between internal hexagonal and conical connections over a period of 24 months. Gingival biotype plays an important role in bone remodeling than the type of connection.
4. Due to lack ligaments in dental implants, superstructures pure ceramic or metal-ceramic are not suitable due to their rigidity and density. The concept of nano-ceramic materials is taken into account in situations where the desired damping occlusal forces due to the presence of a modulus of elasticity similar to dentin. Our study demonstrated that bone resorption by this innovative material is reduced within 24 months depending on the intraoral.

5. Screw retained restorations seem to be the most preferred nowadays. The conventional method for sealing screw access hole refers to composites. This method has many disadvantages: micro leakage, sharp wear, bacterial infiltration and discoloration. Ceramic inlays are a studied option restoration potentially low abrasive wear and high aesthetics for a long period. Using this concept makes it possible prosthetic restoration using a restoration screwed aesthetic inlays even if the implant position is not ideal. By using this concept we can still deliver a screw-retained restoration to the patient even if the implant position is not an ideal one.
6. Achieving adequate treatment plan is need a close tissue evaluation assessment and a good collaboration between prosthetist and implant surgeon are essential for optimal aesthetic and functional results.