
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**BIOMATERIALE PE BAZĂ DE Ti6Al7Nb UTILIZATE
ÎN RECONSTRUCȚIA DEFECTELOR OSOASE
CRANIO-MAXILO-FACIALE**

Doctorand **Gabriel Armencea**

Conducător de doctorat **Prof.dr. Radu Septimiu Câmpian**

CLUJ-NAPOCA 2015



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINS

INTRODUCERE	15
STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII	
1. Noțiuni de anatomie și fiziologie a osului	19
1.1. Structura histologică a țesutului osos	19
1.2. Structura internă a țesutului osos	22
1.3. Periostul, endostul și măduva osoasă	23
1.4. Vascularizația și inervația osoasă	24
2. Mecanismele regenerării osoase	25
2.1. Osificarea	25
2.2. Osteogeneza	26
2.3. Metabolismul țesutului osos	28
2.3.1. Remodelarea osoasă. Reglarea sistemică (hormonală)	28
2.3.2. Remodelarea osoasă. Factori de reglare locali	30
2.3.3. Ionii	30
3. Posibilități de reconstrucție a defectelor osoase	31
3.1. Osteoinducția	31
3.2. Osteoconducția	31
3.3. Osteointegrarea	32
3.4. Grefa autologă	34
3.4.1. Regiuni donoare intraorale	34
3.4.2. Regiuni donoare extraorale	36
3.5. Grefa homologă (alogrefă)	37
3.6. Grefele aloplaste. Biomateriale. Materiale osteoinductive	38
4. Titanul și aliajele pe bază de titan	39
4.1. Tehnici de modificare a suprafețelor	40
4.2. Topirea selectivă Laser (SLS-SLM)	41
CONTRIBUȚIA PERSONALĂ	43
1. Ipoteza de lucru/obiective	45
2. Metodologie generală	46
2.1. Proprietăți fizico-chimice ale aliajului Ti6Al7Nb	46
2.2. Fabricarea implanturilor pe bază de Ti6Al7Nb prin SLM	48
2.3. Tratamente de suprafață realizate pentru implanturile din Ti6Al7Nb	52
3. Studiul 1 – Comportamentul <i>in vivo</i> al aliajelor de Ti6Al7Nb, produse prin SLM cu diferite tratamente de suprafață	55
3.1. Introducere	55
3.2. Ipoteza de lucru/obiective	56
3.3. Material și metodă	56
3.3.1. Protocol experimental	56
3.3.2. Protocol examinare histologică	61
3.4. Rezultate	64
3.4.1. Rezultate histologice la o lună	64
3.4.2. Rezultate histologice la două luni	68
3.4.3. Rezultate histologice la trei luni	70
3.5. Discuții	73
3.6. Concluzii	75
4. Studiul 2 - Analiza Micro-CT și histologică a implantelor tridimensionale din Ti6Al7Nb impregnate cu hidroxiapatită și SiO₂-TiO₂	77
4.1. Introducere	77

4.2. Ipoteza de lucru/obiective	78
4.3. Material și metodă	78
4.3.1. Protocol experimental	79
4.3.2. Protocol examinare micro-CT și determinare BMD	82
4.3.3. Protocol examen histologic	83
4.3.3.1. Includerea la parafină	84
4.3.3.2. Incluzia piesei în bloc	85
4.3.3.3. Secționarea la parafină	86
4.3.3.4. Prepararea albuminei Mayer	87
4.3.3.5. Tehnica generală a colorării secțiunilor. Pregătirea și colorarea secțiunilor	88
4.3.3.6. Colorația tricrom Masson	89
4.3.4. Tehnica analizei de imagine	91
4.4. Rezultate	93
4.4.1. Rezultate BMD	93
4.4.2. Rezultate examen histologic	94
4.4.3. Analiza statistică a rezultatelor histologice și BMD	96
4.5. Discuții	99
4.6. Concluzii	103
5. Studiul 3 - Analiza SEM și EDX a implanturilor din Ti6Al7Nb impregnate cu hidroxiapatită și SiO₂-TiO₂	105
5.1. Introducere	106
5.1.1. Analiza EDX	106
5.1.2. Analiza SEM	107
5.1.3. Determinarea raportului Ca/P prin EDX	108
5.2. Obiective	108
5.3. Material și metodă	108
5.4. Rezultate	112
5.4.1. Analiza SEM	112
5.4.2. Analiza EDX	114
5.4.3. Raportul Ca/P pentru implanturile studiate	117
5.4.4. Analiza statistică a rezultatelor	117
5.5. Discuții	119
5.6. Concluzii	121
6. Concluzii generale	123
7. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei	125
REFERINȚE	127
ANEXE	137
Cuvinte cheie: Ti6Al7Nb, Hidroxiapatită, Selective laser melting, Rapid prototyping, Rapid manufacturing, Sinterizare selectivă cu laser, Densitatea minerală osoasă, Scanning electron microscope	

INTRODUCERE

Teza de față tratează teme de actualitate din domeniul implatologiei și chirurgiei cranio-maxilo-faciale, oferind o trecere în revistă a modalităților de reconstrucție a defectelor osoase precum și o prezentare a rezultatelor obținute în urma studiilor de cercetare desfășurate în acest domeniu.

Teza este structurată în două mari părți. Prima parte evidențiază stadiul actual al cunoașterii temei propuse spre dezbatere. În cea de-a doua parte a tezei se prezintă studiile experimentale derulate, în virtutea informațiilor teoretice dobândite.

Pe parcursul studiului doctoral s-au cercetat posibilitățile de utilizare medicală a aliajului de Ti6Al7Nb, de prelucrare a acestuia pentru realizarea de dispozitive complexe tridimensionale menite să restaureze un defect osos. S-a testat gradul de osteointegrare a acestui aliaj, precum și posibilitățile de augmentare a osteointegrării prin tratarea acestui aliaj cu HA sau SiO₂-TiO₂.

De asemenea s-au căutat noi metode de evaluare și cuantificare a osteointegrării aliajelor, care să permită o analiză facilă și rapidă a acestora.

Partea de cercetare teoretică a tezei – stadiul actual al cunoașterii, conține 4 capitole care tratează teme referitoare la: noțiuni de anatomie și fiziologie a osului, mecanismele de regenerare osoasă, posibilitățile de reconstrucție a defectelor osoase și materialele de reconstrucție pe bază de titan.

CONTRIBUȚIA PERSONALĂ

Ipoteza de lucru

Partea de contribuții personale a acestei teze cuprinde studiile desfășurate, în care s-a urmărit testarea biocompatibilității și crearea de noi tratamente de suprafață pentru aliajele de titan, respectiv Ti6Al7Nb în vederea creșterii capacității de osteointegrare a acestora.

Implanturile folosite în studiile experimentale au fost realizate din Ti6Al7Nb, material sub formă de pulbere în formă brută, iar prin SLM s-au realizat diferitele tipuri de implanturi, folosite în studiile clinice. S-a optat pentru folosirea Niobiului, pentru că spre deosebire de Vanadiu, produce oxizi insolubili și stabili, iar aliajele Ti6Al7Nb au o mai bună stabilitate chimică, rezistența la coroziune și biocompatibilitate comparativ cu aliajele Ti-6Al-4V. Sistemul Realizer II SLM folosește un laser Nd:YAG, cu ajutorul căruia au fost fabricate implatele. Pentru primul studiu s-au realizat implante tip disc, iar pentru cel secund și al treilea, tip șurub.

Implanturilor din Ti6Al7Nb li s-au realizat diferite tratamente de suprafață, aditiv cu hidroxiapatită și substractiv cu dioxid de siliciu, în vederea creșterii gradului de osteointegrare.

Studiu 1. COMPORTAMENTUL *IN VIVO* AL ALIAJELOR DE Ti6Al7Nb, PRODUSE PRIN SLM, CU DIFERITE TRATAMENTE DE SUPRAFAȚĂ

Obiective

Testarea biocompatibilității aliajului Ti6Al7Nb, precum și testarea viabilității celulelor osteoprogenitoare la suprafața implanturilor create prin SLM. Aceste obiective au fost urmărite atât la implanturi fără tratament de suprafață cât și la cele tratate cu HA, respectiv SiO₂-TiO₂

Material și metodă

După obținerea acordului comisiei de etică, au fost luate în studiu 36 de animale de experiență, șobolani rasa Wistar masculi cu greutate de aprox. 350 grame în vârstă de 2 luni, cărora li s-au asigurat condiții de vivarium conform legislației în vigoare.

După prealabila anestezie a animalelor, s-a realizat tunderea și antiseptizarea extremității cefalice, urmată de protocolul operator ce a presupus crearea a două orificii de trepan, în toată grosimea osului, cu respectarea meningelui. Ulterior, în defectele create s-au aplicat: implantul Ti6Al7Nb (defect interorbital) și Ti6Al7Nb – HA (defect parieto-frontal), respectiv Ti6Al7Nb - SiO₂-TiO₂ (defect parieto-frontal) și pulbere SiO₂-TiO₂ (defect interorbital). S-a realizat sutura și antiseptizarea plăgii.

La 1, 2 și respectiv 3 luni s-a realizat sacrificarea exemplarelor după prealabila efectuarea a computer tomografiei cu fascicol conic (CBCT) a extremității cefalice, care a relevat integrarea tisulară a pieselor implantate. Probele au fost prelucrate și examinate din punct de vedere histopatologic.

Rezultate

Examenul cone beam CT – efectuat nu a evidențiat modificări de poziție ale implanturilor sau fenomene de osteoliză periimplantară. Examinarea histopatologică a demonstrat atât la 1, 2 cât și la 3 luni că implanturile Ti6Al7Nb cu și fără tratamente de suprafață, sunt biotolerate și nu produc reacții de corp străin. Implanturile testate au fost înglobate în țesut conjunctiv în mare parte, dar nu s-a observat reacție inflamatorie.

Concluzii

Implanturile tratate cu HA au prezentat cele mai bune rezultate histologice, sugerând o creștere a capacității de osteoconducție prin prezența HA. Este necesară asigurarea unei bune stabilități primare implantului, în vederea obținerii unei osteointegrări superioare.

Studiu 2. Analiza Micro-CT și histologică a implantelor tridimensionale din Ti6Al7Nb impregnate cu hidroxiapatită și SiO₂-TiO₂

Obiective

Obiectivul studiului a fost de a observa și cuantifica în același timp gradul de osteointegrare a aliajelor din Ti6Al7Nb, cu și fără tratamente de suprafață reprezentate de HA și SiO₂-TiO₂, precum și de a găsi noi modalități de examinare a acestuia.

Realizarea unor structuri implantabile tridimensionale prin SLM, care să prezinte stabilitate primară la nivelul defectului osos creat, a fost un nou obiectiv urmărit în acest studiu.

Material și metodă

După obținerea acordului comisiei de etică, au fost utilizate ca și animale de experiență, 18 iepuri masculi, de 6 luni, rasa New Zealand White Rabbit, împărțiți în trei grupuri, a câte 6 indivizi, cărora li s-au asigurat condiții de vivarium conforme cu legislația în vigoare.

După prealabilă anestezie, tundere a părului și antiseptizare a tegumentului, s-a continuat cu etapa chirurgicală care a presupus crearea a trei defecte intrafemorale. În femurul stâng au fost aplicate implanturile de Ti6Al7Nb-HA și Ti6Al7Nb-SiO₂-TiO₂ iar în femurul drept implantul din Ti6Al7Nb. După aplicarea implanturilor s-a realizat sutura în planuri a plăgii postoperatorii, și antiseptizarea tegumentului cu soluție de betadină. Iepurii au fost sacrificați la o lună, trei respectiv șase luni și s-au prelevat implanturile pentru a fi analizate.

Probele au fost prelucrate și analizate din punct de vedere histopatologic și prin micro-CT.

Rezultate

Analiza micro-CT efectuată pentru toate speciile recoltate la 1-3 și 6 luni nu a decelat modificări de poziție a implanturilor, sau osteoliză la interfața os-implant. Examenul histopatologic a demonstrat că osteointegrarea aliajului Ti6Al7Nb, poate fi augmentată prin folosirea tratamentelor de suprafață reprezentate de SiO₂-TiO₂ sau HA.

Ambele analize au decelat procese de demineralizare osoasă pentru implanturile din Ti6Al7Nb la 3 luni de la implantare, urmate de remineralizare spre 6 luni.

Concluzii

Implanturile din Ti6Al7Nb au nevoie de o perioadă de stabilizare endoosoasă de aproximativ 6 luni, oricâtă forță aplicată la nivelul lor în acest interval (în special la 3 luni de la implantare), putând să ducă la apariția complicațiilor.

HA reprezintă cea mai bună opțiune pentru îmbunătățirea osteointegrării Ti6Al7Nb, pe lângă caracterul osteoinductiv și osteoconductiv putând induce și mineralizare rapidă.

Studiu 3. Analiza SEM și EDX a implanturilor din Ti6Al7Nb impregnate cu hidroxiapatită și SiO₂-TiO₂

Obiective

Studiul de față și-a propus să testeze măsura în care SEM și EDX se pretează la evaluarea osteointegrării implantelor folosite în reconstrucții osoase, comparând rezultatele obținute la raportul Ca/P cu cele consacrate de alte studii de specialitate din literatură.

Material și metodă

Șase animale de experiență, iepuri rasa New Zealand White Rabbit au beneficiat de protocolul chirurgical descris în studiul anterior și probele recoltate la trei luni au fost analizate prin SEM și EDX.

Rezultate

Rezultatele au ajutat la formularea ideii că metabolismul fosfo-calcic la suprafața implanturilor poate fi investigat prin EDX, și este de un real folos în înțelegerea modificărilor biologice produse la suprafața os-implant. De asemenea, rezultatele au susținut concluziile anterior enunțate conform cărora gradul de osteointegrare al Ti6Al7Nb poate fi augmentat prin tratarea acestuia cu HA, respectiv SiO₂-TiO₂.

Concluzii

SEM și EDX sunt modalități de analiză a structurii osoase periimplantare, și a gradului de osteointegrare a implanturilor, ușor și rapid de realizat, cu o acuratețe ridicată a rezultatelor.

Metabolismul fosfo-calcic la suprafața implanturilor poate fi investigat prin EDX, și este de un real folos în înțelegerea modificărilor biologice produse la suprafața os-implant.

Concluzii generale

S-a putut conchide că liajele de Ti6Al7Nb cu și fără tratamente de suprafață sunt biotolerate și nu produc reacții de corp străin iar osteointegrarea lor poate fi crescută prin tratarea cu HA sau SiO₂-TiO₂. HA are cel mai bun caracter osteoinductiv și osteoconductiv, determinând cea mai rapidă mineralizare periimplantară.

De asemenea, analiza gradului de osteointegrare a implanturilor poate fi realizată prin microscopie optică, micro-CT dar și prin SEM și EDX, iar metabolismul fosfo-calcic la interfața os-implant este influențat de tratamentul de suprafață și de morfologia implantului, motiv pentru care determinarea raportului Ca/P este mereu un marker de încredere.

Această teză aduce un plus de originalitate studiilor anterior desfășurate, prin aceea că folosește materiale de ultimă generație, fabricate prin metode de o înaltă finețe și complexitate tehnologică și analizate prin procedee care se demonstrează că pot excede barierele disciplinelor pentru care au fost concepute și care le-au consacrat.

SUMMARY OF THE PH.D. THESIS

**Ti6Al7Nb BIOMATERIALS USED IN CRANIO-
MAXILO-FACIAL BONE DEFECT
RECONSTRUCTION**

Ph.D. Student **Gabriel Armencea**

Ph.D. Scientific Coordinator **Prof.dr. Radu Septimiu Câmpian**

CLUJ-NAPOCA 2015



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	15
CURRENT STATE OF KNOWLEDGE	
1. Bone anatomy and physiology	19
1.1. Bone tissue histology	19
1.2. Bone inner structure	22
1.3. Periosteum, endosteum and bone marrow	23
1.4 . Bone tissue vascularization and innervation	24
2. Bone healing mechanisms	25
2.1. Ossification Osificarea	25
2.2. Osseogenesis Osteogeneza	26
2.3. Bone tissue methabolism	28
2.3.1. Bone remodeling . Sistemic regulation	28
2.3.2. Bone remodeling .Local regulation	30
2.3.3. Ions	30
3. Bone defect reconstruction Posibilități de reconstrucție a defectelor osoase	31
3.1. Osseinduction	31
3.2. Osseoconduction	31
3.3. Osseointegration	32
3.4. Autologus graft	34
3.4.1. Intraoral donour sites	34
3.4.2. Extraoral donour sites	36
3.5. Alograft	37
3.6. Aloplastic grafts. Biomaterials.	38
4. Titanium and it`s alloys	39
4.1. Surface modification technics	40
4.2. Selective laser melting	41
PERSONAL CONTRIBUTION	43
1. Working hypothesis/objectives	45
2. General methodology	46
2.1. Chemical proprieties of Ti6Al7Nb	46
2.2. Ti6Al7Nb implant manufacturing by SLM	48
2.3. Surface treatments for Ti6Al7Nb implants	52
3. Study 1 – In vivo behaviour of Ti6Al7Nb custom made implants, manufactured by SLM, with different surface treatments	55
3.1. Introduction	55
3.2. Working hypthesis/objectives	56
3.3. Material and method	56
3.3.1. Experimental design	56
3.3.2. Histologic examination	61
3.4. Results	64
3.4.1. Histology 1 month	64
3.4.2. Histology 2 months	68
3.4.3. Histology 3 months	70
3.5. Discussions	73
3.6. Conclusions	75
4. Study 2 – Micro – CT and histological analisys of Ti6Al7Nb tridimensional implants with different surface treatment	77
4.1. Introduction	77
4.2. Working hypthesis/objectives	78

4.3. Material and method	78
4.3.1. Experimental design	79
4.3.2. Micro-CT exam and BMD determination	82
4.3.3. Histologic examination	83
4.3.3.1. Waxing	84
4.3.3.2. Block waxing	85
4.3.3.3. Wax sections	86
4.3.3.4. Mayer albumin preparation	87
4.3.3.5. Staining	88
4.3.3.6. Tricrom Masson staining	89
4.3.4. Image analisys technic	91
4.4. Results	93
4.4.1. BMD results	93
4.4.2. Histology results	94
4.4.3. Statistic analisys of BMD and Histology	96
4.5. Discussions	99
4.6. Conclusions	103
5. Study 3 - SEM and EDX analisys of Ti6Al7Nb custom made implants with different surface treatment	105
5.1. Introduction	106
5.1.1. EDX analisys	106
5.1.2. SEM analisys	107
5.1.3. Ca/P determination by EDX	108
5.2. Objectives	108
5.3. Material and method	108
5.4. Results	112
5.4.1. SEM analisys	112
5.4.2. EDX analisys	114
5.4.3. Ca/P determination	117
5.4.4. Statistic analisys	117
5.5. Discussions	119
5.6. Conclusions	121
6. General conclusions	123
7. Originality and innovative contributions of the thesis	125
REFERENCES	127
ANNEX	137

KEY WORDS: Ti6Al7Nb, Hidroxiapatite, Selective laser melting, Rapid prototyping, Rapid manufacturing, Selective laser sintering, Bone mineral density, Scanning electron microscope

INTRODUCTION

This thesis deals with current topics from the implantology and cranio-maxillofacial domain and offers an overview of all the reconstruction methods on bone defects and also a presentation of the results obtained within the research studies unfolded in this domain.

The thesis is organized in two major parts. The first part highlights the current state of knowledge regarding the topic proposed for debate. The second part presents the experimental studies made.

These studies researched the medical use of Ti6Al7Nb, the possibility of manufacturing custom made implants that could restore a bone defect. The osseointegration of this alloy was tested, and the improvement achieved by different surface treatments: HA and SiO₂-TiO₂.

New possibilities of osseointegration evaluation were tested in the studies.

The part regarding the theoretical research of this thesis contains 4 chapters which handle the themes referring to: notions regarding the anatomy and physiology of bone, bone regeneration mechanisms, the possibilities of reconstructing bone defects and titan based reconstruction materials.

PERSONAL CONTRIBUTION

Working hypothesis/objectives

The part regarding the personal contributions of this thesis comprises the studies made, in which the following were targets: the testing of the biocompatibility and the creation of new surface treatments for titanium alloys, respectively Ti6Al7Nb in regards to increasing their capability of osseointegration.

The implants used in the experimental studies were made of Ti6Al7Nb, a material in the form of powder in brute form and through SLM the different types of implants were made, implants used in clinical trials. Niobium was used because in contrast with vanadium it produces insoluble and stable oxides, and the Ti6Al7Nb alloys have a better chemical stability, corrosion resistance and biocompatibility by comparison to the Ti-6Al-4V alloys. The Realizer II SLM system uses a Nd:YAG laser by means of which the implants were fabricated. For the first study the implants made were discs and for the second and third one they were screws.

For the Ti6Al7Nb implants different surface treatments were applied, additives with hydroxyapatite and subtractive with silicon dioxide in view of increasing the degree of osseointegration.

Study 1 – In vivo behaviour of Ti6Al7Nb custom made implants, manufactured by SLM, with different surface treatments

Objectives

Ti6Al7Nb biocompatibility and cell viability on its surface were tested. The study was made on Ti6Al7Nb implants with and without surface treatment.

Material and method

After obtaining the permission from the ethics committee, 36 animals were taken into the experimental study: male Wistar rats weighing approximately 350 grams, 2 months old and for which vivarium conditions were assured according to the legislation in effect.

After prior anesthesia, the animals were trimmed and the cephalic extremity was antisepted; then followed the operation protocol which implied the creation of two drill orifices, in the entire bone width while respecting the meninges. After this, within the defects created the following were applied: the Ti6Al7Nb implant (interorbital defect) and Ti6Al7Nb – HA implant (parietal-frontal defect), respectively a Ti6Al7Nb - SiO₂-TiO₂ implant (parietal-frontal defect) and SiO₂-TiO₂ powder (interorbital defect). The suture was made and then the wound was antisepted.

After 1, 2 and respectively 3 months the animals were sacrificed after the prior CBCT scan of the cephalic extremities, which revealed the tissue integration of the implanted discs. The probes were processed and histological examined.

Results

CBCT exam which was made did not highlight position modifications of the implants or peri-implant osteolysis phenomena. The histopathological examination proved that even after 1, 2 or 3 months the Ti6Al7Nb implants with or without the surface treatments are bio-tolerated and do not make foreign body reactions. The tested implants were mostly embedded in the conjunctive tissue, but no inflammatory reaction was noticed.

Conclusions

The HA implants have submitted the best histological results and proved an increase in the osteoconduction capacity because of the presence of the HA.

It is necessary to assure a good primary stability for the implant to obtain a superior osseointegration.

Study 2 - Micro - CT and histological analysis of Ti6Al7Nb tridimensional implants with different surface treatment

Objectives

The main objective was to quantify the osseointegration of Ti6Al7Nb alloy with and without surface treatment.

Manufacturization of custom made implants with good initial stability was another objective taken into consideration.

Material and method

After obtaining permission from the ethics committee the following animals were taken for experimentation: 18 male New Zealand White Rabbit rabbits, 16 months old were split into three groups of 6 individuals to which were assured vivarium conditions according to the legislations in effect.

After prior anesthesia, the animals were trimmed and the skin was antisepted; then followed the surgical phase which implied the creation of three intrafemoral defects. In the left femur the Ti6Al7Nb-HA and Ti6Al7Nb-SiO₂-TiO₂ implants were applied, while in the right femur the Ti6Al7Nb implant was applied. After applying the implants, layer by layer sutures were made. The rabbits were sacrificed after one, three and respectively six months and the implants were removed to be analyzed.

The samples were processed and analyzed histologically and by micro-CT.

Results

The micro-CT analysis made for all the specimens harvested at 1, 3 and 6 months have not detected modifications in the positions of the implants or bone-implant interface osteolysis. The histopathological exam proved that the osseointegration of the Ti6Al7Nb alloy can be augmented by using surface treatments with SiO₂-TiO₂ or HA. Both analysis showed a demineralization process for the Ti6Al7Nb implants at 3 months, followed by remineralization to the 6 months period.

Conclusions

Ti6Al7Nb implants need a period of endosseous stabilization of about 6 months, any tempering force applied in this period (especially at 3 months) could lead to the onset of complications, even implant displacement.

HA represents the best option for surface treatment that can enhance the osseointegration, leading to a quick mineralization process.

Study 3 - SEM and EDX analysis of Ti6Al7Nb custom made implants with different surface treatment

Objectives

For this study it was proposed to test the extent to which SEM and EDX are suitable for evaluating the osseointegration of the implants used in bone reconstruction, by comparing the results for the Ca/P report with the ones seen in other specialty literature studies.

Material and method

Six experimental animals – New Zealand White Rabbit rabbits– were studied. The surgical protocol which was described earlier in the second study was used, and the samples harvested at 3 months were analyzed through SEM and EDX.

Results

The results have led to the idea that the phospho-calcic metabolism from the surface of the implants can be investigated through EDX and it is of real use in understanding the biological modifications made at the bone-implant surface. The results have also supported the conclusions stated above according to which the degree of osseointegration of the Ti6Al7Nb can be enhanced by treating it with HA, respectively SiO₂-TiO₂.

Conclusions

SEM și EDX are tests that can be used to analyse the bony structure and implant surface, also helpful in osseointegration assessment. P-Ca metabolism at the implant surface can be evaluated by EDX, and it's of help in understanding the biology at the implant-bone interface.

General conclusions

We can conclude that the Ti6Al7Nb alloys with or without surface treatments are bio-tolerable and do not produce foreign body reaction and that their osseointegration can be increased by treating the implant with HA or SiO₂-TiO₂.

HA has the best osteoinductive and osteoconductive character by determining the fastest peri-implantation mineralization.

Furthermore the analysis of the osseointegration degree of the implants can be made through optical microscopy, micro-CT but also through SEM and EDX and the phospho-calcic metabolism on the bone-implant interface is influenced by the surface treatment and the morphology of the implant – this is the reason for which determining the Ca/P report is always a trust marker.

This thesis also brings a plus of originality compared to the studies made beforehand by using high tech materials fabricated through methods with high finesse and technological complexity and analyzed through processes which prove that the barriers of the disciplines for which they have been conceived and consecrated can be exceeded.