

EVALUARI ESEM PRIVIND BIOINTEGRAREA INTRAMEDULARĂ A IMPLANTURILOR METALICE

Autori:

Prof. Dr. I. Pătrașcu^{*}

Prof. Dr. Ing. D. Bunea^{**}

Drd. Ing. F.E. Miculescu^{**}

Dr. L.T. Ciocan^{*}

^{*}Catedra de Propedeutică și Materiale Dentare, Facultatea de Stomatologie, U.M.F. „Carol Davila”, București

^{**} Catedra de Știința Materialelor, Facultatea de Inginerie și Știința Materialelor, Universitatea Politehnică, București

Rezumat

Scopul lucrării:

Această lucrare și-a propus să analizeze modul de biointegrare intramedulară a biomaterialelor metalice în funcție de compoziția chimică a acestora.

Material și Metodă:

Au fost luate în studiu patru tipuri de biomateriale, utilizate în chirurgia ortopedică: titan de puritate 99,99, aliaj de titan tip Ti6Al4V, oțel inoxidabil austenitic tip 316L și aliaj Co-Cr-Mo tip ASTM F75. Probele pregătite de dimensiuni și suprafețe egale au fost implantate intramedular în tibia aceluiași organism (iepure). La 4 luni de la implantare, s-au prelevat probele biologice (cele două tibii cu implantele metalice) prin sacrificarea subiectului. Acestea au fost supuse investigațiilor imagistice cu ajutorul microscopului electronic XL 30-ESEM.

Rezultate. Concluzii.

Pentru nici un tip de aliaj nu au fost observate procese de resorbție osteoclastică perimplantară ceea ce dovedește existența unei interacțiuni favorabile între biomaterial și structurile biologice.

La analiza morfologică s-a constatat un stadiu înalt de restructurare a țesutului osos de neofomație dezvoltat pe suprafața implantelor din Ti și Ti6Al4V, moderat pentru implantul din aliaj Co-Cr-Mo tip ASTM F75 și incipient pentru implantul din aliaj inoxidabil austenitic tip 316L.

Abstract

Aim of this study:

This work developed for analysing the marrow-bone integration phenomena of metallic implants depending on their chemical composition.

Materials and Methods:

In this study were evaluated four type of biomaterials used in orthopaedic surgery: high purity titanium 99,99, titanium alloy type Ti6Al4V, austenitic stainless steel type 316L and Co-Cr-Mo alloy type ASTM F75. The probes, prepared with equal dimensions and surfaces, were implanted in the tibias marrow of the same rabbit. After 4 month from implantation, the biological samples (the two tibias containing implants) were retrieved by sacrificing the animal. The samples were analysed using XL-30-ESEM electronic microscope.

Results. Conclusions.

None of the metallic implants were presented peripheral osteolyses processes, this aspect proving a favourable interaction between the implanted biomaterial and the biologic tissues.

At the morphological analysis one can observe an high level of restructuring in the new formatted bone developed on the surfaces of Ti and Ti6Al4V implants, moderate for Co-Cr-Mo type ASTM F75 implant alloy and retarded for austenitic stainless steel type 316L implant alloy.

Introducere

Comportarea implanturilor în mediul biologic a reprezentat un câmp major de interes în chirurgie. Cu toate acestea, menținerea directă în țesut osos, fără formarea țesutului conjunctiv, nu a fost acceptată ca fiind o caracteristică a bioingineriei până în momentul în care nu au fost descrise succesele implantării titanului în protetica stomatologică, folosind conceptul de biointegrare. Biointegrarea este definită, în linii mari, ca fiind încorporarea permanentă a unui component ne-biologic cu funcția de a înlocui, endoprotetic sau exoprotetic, structuri biologice și care să fie capabil să suporte sarcini funcționale nelimitate.

Performanța unui biomaterial depinde de mai mulți parametri: structura materialului, design-ul implantului, și mai ales biocompatibilitatea acestuia. Alături de acești factori dependenți de biomaterial există și anumiți parametri clinici (procedurile chirurgicale) și biologici (vârstă, starea de sănătate, etc.) care intervin în procesele complexe de biointegrare a materialelor implantate.

Numeroase studii aprofundate au fost realizate privind aportul sanguin osos și contribuția acestuia la biointegrarea intramedulară a implantelor metalice. Cu toate acestea, consultând amănunțit literatura de specialitate, nu au fost făcute referiri privind succesiunea etapelor morfobiologice de biointegrare pentru diferite aliaje utilizate în implantologie în concordanță cu posibilitățile actuale de investigație electrono-microscopică.

Scopul cercetării:

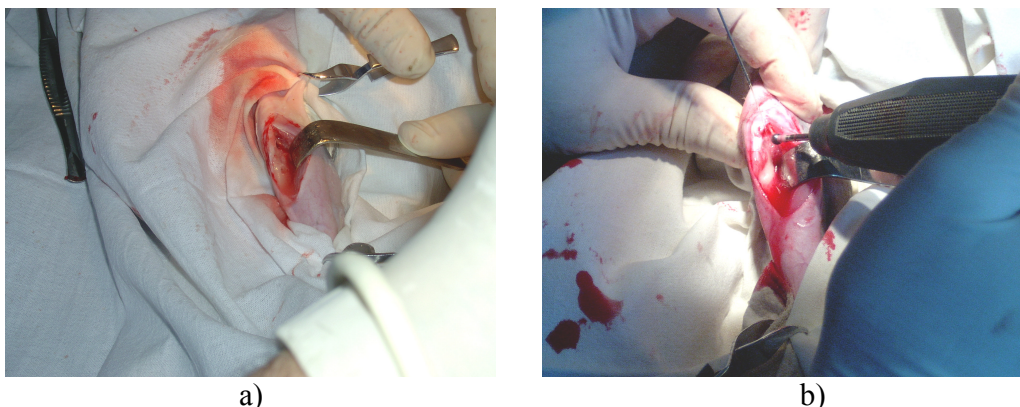
În cadrul acestei lucrări a fost analizat modul de biointegrare intramedulară a biomaterialelor metalice în funcție de compoziția chimică a acestora. Prin această cercetare s-a dorit urmărirea etapelor de formare și maturare a țesutului osos de neoformație periimplantar, încercând a face o corelație între intensitatea acestor transformări și tipul compozițional al aliajului de implantat.

Materiale și Metodă:

Au fost luate în studiu patru tipuri de biomateriale, utilizate în chirurgia ortopedică: titan de puritate 99,99, aliaj de titan tip Ti6Al4V, oțel inoxidabil austenitic tip 316L și aliaj Co-Cr-Mo tip ASTM F75. Probele pregătite de dimensiuni și suprafețe egale au fost implantate intramedular în tibia aceluiași organism (iepure), câte două bilateral după protocolul operator descris în continuare.

După antisepsizarea și izolarea câmpului operator s-a practicat o incizie longitudinală de-a lungul feței antero-mediale a gambei de aproximativ 4,5cm. Cu pensa Pean s-a decolat tegumentul până la nivelul planului muscular obținând două lambouri „plic” de o parte și de alta a liniei de incizie.

După descoperirea și incizia longitudinală a fasciei mușchiului tibial cranial, se pătrunde cu o pensă Pean perpendicular pe planul muscular până la planul osos, printre fibrele acestui mușchi. Prin desfacerea brațelor pensei și retragerea acesteia se creează accesul spre fața antero-medială a tibiei. După dezinsertia fibrelor musculare de la acest nivel de decolează periostul expunând tabla osoasă diafizară până la nivelul epifizei craniene.



*Figura 1. a) Imaginea epifizei craniene vizibilă în urma decolării periostale;
b) Efectuarea geodelor intratibiale cu ajutorul micromotorului cu turație reglabilă*

La acest nivel se creează cu ajutorul instrumentarului rotativ la o turație de 5000/min și sub irigație continuă cu ser fiziologic două geode, una situată cranian și cealaltă caudal, de diametru aproximativ 3-3,5 mm în care se introduc perpendicular, prin percucie, implantele. După hemostază, plaga se suturează în planuri, cu fire de catgut planurile profunde și fire sintetice planul tegumentar.

La 4 luni de la implantare, s-au prelevat probele biologice (cele două tibii cu implantele metalice) prin sacrificarea subiectului (vezi figura 2). Acestea au fost supuse investigațiilor imagistice cu ajutorul microscopului electronic XL 30-ESEM.

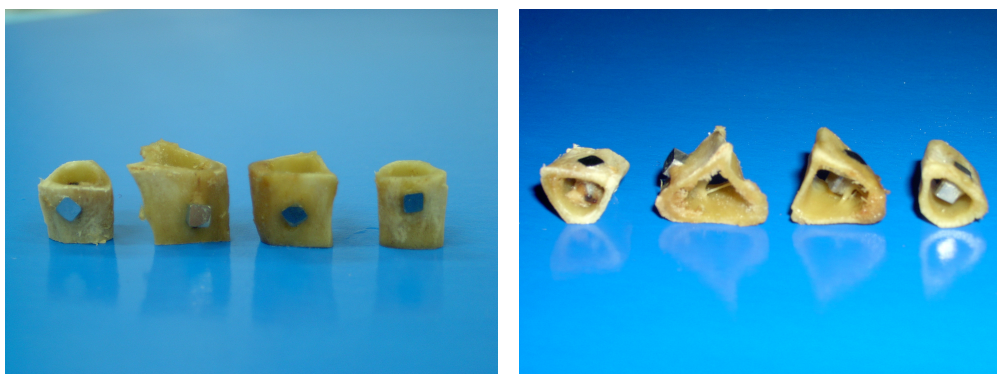


Figura 2. Probele biologice recoltate la patru luni de la implantare, pregătite pentru analiză

Rezultate. Discuție.

În țesuturile vecine implatului se produc inițial modificări de tip inflamator reprezentate de hiperemie, plasmexodie și formarea unui infiltrat leucocitar și macrofagocitar. După câteva zile de la implantare apare o proliferare a două tipuri de celule: fibroblaștii care vor forma un calus fibros perimplantar și celulele endoteliale care vor genera o rețea capilară de neoformație, observată ESEM sub forma unui plex vascular perimplantar.

Apariția vaselor de neoformație constituie un moment important al procesului de vindecare, datorită faptului că, realizându-se circulația sanguină în interiorul cheagului perimplantar, devin posibile atât o serie de transformări celulare cât și accelerarea metabolismului.

Prin procesele de proliferare a fibroblaștilor și a endoteliului vascular, cheagul perimplantar este înlocuit cu țesut de granulație în curs de 7 zile. În același timp începe și un proces de resorbție osteoclastică la nivelul marginilor defectului.

După aproximativ o săptămână începe înlocuirea țesutului de granulație cu țesut conjunctiv imatur (fibros) care durează în medie 10-14 zile. Tot în aceeași perioadă încep să apară primele trabecule foarte fine de țesut osos de neoformație.

După aproximativ o lună, țesutul perimplantar este format dintr-un țesut fibros care este treptat înlocuit de țesutul osos de neoformație. După patru luni de la implantare, prin analiza de microscopie electronică de baleiaj, au fost obținute imagini ce atestă faptul că apariția vaselor de neoformație intramedular periimplantar constituie principalul element care favorizează biointegrarea implantelor metalice. După metaplazia fibroasă a țesutului de reacție periimplantar are loc un nou proces de metaplazie osoasă. În acest proces, plexul vascular de neoformație dezvoltat la periferia implantului suferă modificări de tip sclerozant, calcare.

În funcție de tipul implantului, aceste transformări s-au succedat cu mai multe caracteristici individuale.

Înainte de efectuarea investigațiilor imagistice de microscopie electronică de baleiaj au fost identificate probele, prin analiză chimică calitativă și cantitativă de tip EDAX.

Proba1 - Aliaj inoxidabil tip 316L

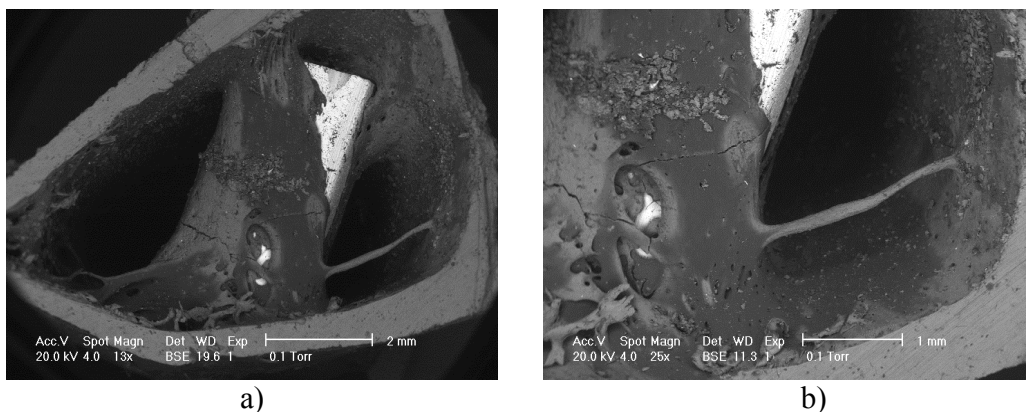


Figura 3. Imaginea morfologică a țesutului osos intramedular neoformat în jurul implantului din aliaj inoxidabil tip 316L: a) la o mărire de x13 se observă morfologia secundară a țesutului osos neoformat, b) detaliu asupra unui vas sanguin calcifiat intramedular

Morfologia țesutului osos dezvoltat periimplantar atestă prezența a numeroase vase de neoformație intens calcificate (vezi figura 3). Metaplazia fibroasă a țesutului de granulație periferic implantului este total înlocuită de procesul de metaplazie osoasă. Deși, comparativ cu caracteristile morfologice observate pentru implantul din Titan (vezi figura 6), procesele de remodelare sunt întârziate, nu se observă reacții biologice de intoleranță la acest tip de biomaterial.

Proba 2 – Aliaj de titan tip Ti6Al4V

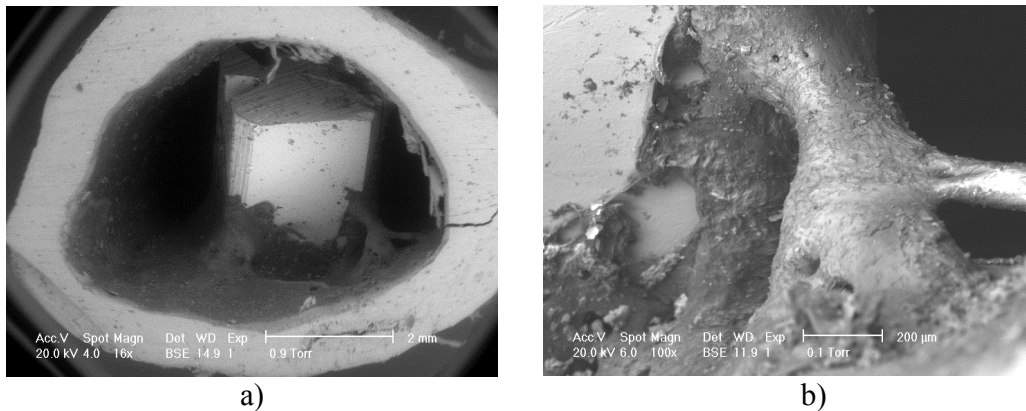


Figura 4. Imaginea morfologică a țesutului osos intramedular neoformat în jurul implantului din aliaj Ti6Al4V: a) imagine de ansamblu în incidență perpendiculară, b) detaliu (x100) – vas de neoformație periimplantar calcifiat

Țesutul osos neoformat în jurul implantului din aliaj Ti6Al4V prezintă vase de neoformație în intens proces de remodelare funcțională (vezi figura 4) prin crearea unui model de restructurare a peretelui osos intern tibial.

Proba 3 – Aliaj CoCrMo tip ASTM F75

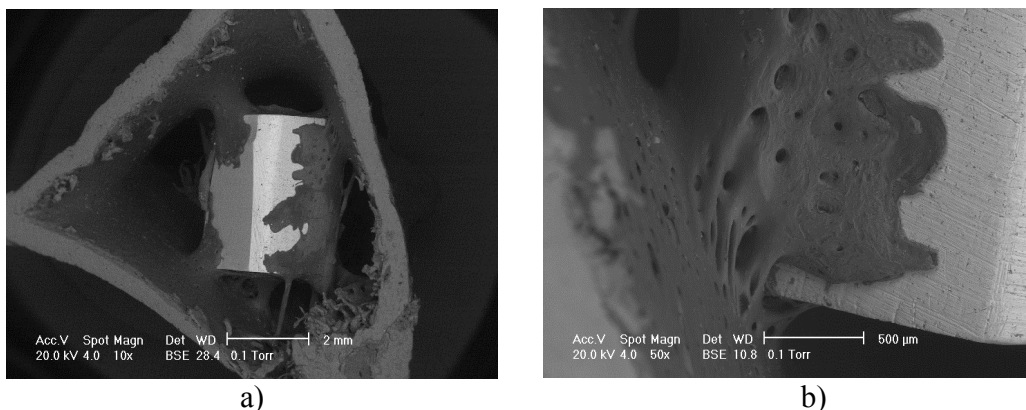


Figura 5. Imaginea morfologică a țesutului osos intramedular neoformat în jurul implantului din aliaj CoCrMo: a) macrostructural (x10) se observă acoperirea parțială a implantului cu țesut osos neoformat, b) aspect microstructural la interfața implant-neoos

În comparație cu aliajul inoxidabil 316L, imaginea morfologică a țesutului osos intramedular neoformat în jurul implantului din aliaj CoCrMo relevă că acest implant prezintă caracteristici mai bune în ceea ce privește procesele de structurare și restructurare tisulară din cusul biointegrării (vezi figura 5).

Proba 4 – titan pur

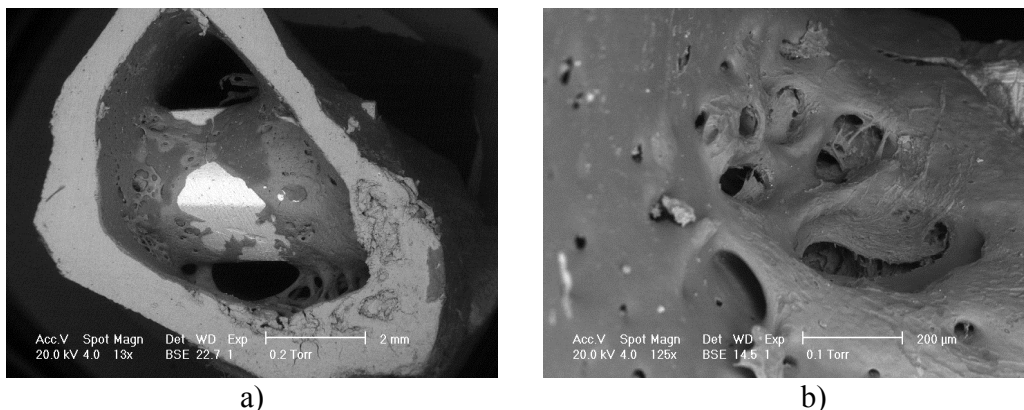


Figura 6. Imaginea morfologică a țesutului osos intramedular neoformat în jurul implantului din titan: a) analiza globală evidențiază un strat de țesut osos neoformat matur b) în detaliu (x125) se observă aspectul de restructurare funcțională a țesutului osos

Caracteristicile morfologice ale țesutului osos de neoformație dezvoltat la suprafața implantului din titan pur indică un stadiu de remodelare funcțională matură prin dispariția completă a desenului vascular calcificat intramedular.

Concluzii.

Indiferent de tipul de aliaj, la 4 luni de la implantare, s-a constatat biointegrarea acestuia.

Pentru nici un tip de aliaj nu au fost observate procese de resorbție osteoclastică perimplantară ceea ce dovedește existența unei interacțiuni favorabile între biomaterial și structurile biologice.

La analiza morfologică s-au constatat stadii diferite de restructurare a țesutului osos perimplantar. În cazul implantelor din Ti și Ti6Al4V procesele de restructurare sunt într-un stadiu avansat, ele fiind moderate pentru implantul din aliaj Co-Cr-Mo tip ASTM F75 și încă incipiente pentru implantul din aliaj inoxidabil austenitic tip 316L.

Pentru a se confirma rezultatele obținute din acest studiu este necesar ca prin cercetări ulterioare să se analizeze evoluția graduală a morfologiei țesutului osos neoformat periimplantar la diferite perioade de la implantarea acestor biomateriale.

Bibliografie

1. Abron A. Hopfensperger M. Thompson J. Cooper LF.- Evaluation of a predictive model for implant surface topography effects on early - osseointegration in the rat tibia model. - Journal of Prosthetic Dentistry. 85(1):40-6, 2001 Jan.
2. Bunea D., Nocivin A – Materiale biocompatibile – Editura Bren, București, 1998.
3. De Benedittis A. Mattioli-Belmonte M. Krajewski A. Fini M. Ravaglioli A. Giardino R. Biagini G. - In vitro and in vivo assessment of bone-implant interface: a comparative study. - International Journal of Artificial Organs. 22(7):516-21, 1999 Jul.

4. Frosch KH. Sondergeld I. Dresing K. Rudy T. Lohmann CH. Rabba J. Schild D. Breme J. Stuermer KM - Autologous osteoblasts enhance osseointegration of porous titanium implants- *Journal of Orthopaedic Research*. 21(2):213-23, 2003 Mar.
5. Hallgren C. Sawase T. Ortengren U. Wennerberg A.- Histomorphometric and mechanical evaluation of the bone-tissue response to implants prepared with different orientation of surface topography.- *Clinical Implant Dentistry & Related Research*. 3(4):194-203, 2001.
6. Manzanares MC. Franch J. Carvalho P. Belmonte AM. Tusell J. Franch B. Fernandez JM. Cleries L. Morenza JL - BS-SEM evaluation of the tissular interactions between cortical bone and calcium-phosphate covered titanium implants.- *Bulletin du Groupement International Pour la Recherche Scientifique en Stomatologie et Odontologie*. 43(3):100-8, 2001 Sep-Dec.
7. Matsuo M. Nakamura T. Kishi Y. Takahashi K. - Microvascular changes after placement of titanium implants: scanning electron microscopy observations of machined and titanium plasma-sprayed implants in dogs. - *Journal of Periodontology*. 70(11):1330-8, 1999 Nov.
8. Pătrașcu I. – *Tehnologia Aliajelor Dentare*, Editia II - Ed. Libripress, Bucuresti, 2002;
9. Sanz A. Oyarzun A. Farias D. Diaz I.-Experimental study of bone response to a new surface treatment of endosseous titanium implants.- *Implant Dentistry*. 10(2):126-31, 2001
10. Simmons CA. Valiquette N. Pilliar RM. - Osseointegration of sintered porous-surfaced and plasma spray-coated implants - An animal model study of early postimplantation healing response and mechanical stability. -*Journal of Biomedical Materials Research*. 47(2):127-38, 1999 Nov.
11. Tzvetanov L. Nikolaeva S. Michailov I. Tivchev P.- Bone and ceramic interaction in the bone union process. - *Ultrastructural Pathology*. 26(3):171-5, 2002 May-Jun.