

OSTEOINTEGRAREA IMPLANTELOR METALICE ÎN FUNCȚIE DE GRADUL DE PREGĂTIRE AL SUPRAFETEI

Prof.Dr. Ion PĂTRAȘCU*

Prof. Dr. Ing. Daniel BUNEA**

Ing. Florin MICULESCU**

Dr. Lucian Toma 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 cercetării.

Această lucrare își propune să evalueze interacțiunea dintre implantele metalice și țesutul osos periimplantar în funcție de compoziția chimică a acestora și de gradul de pregătire al suprafeței.

Material și Metodă.

Au fost luate în studiul comparativ două aliaje, utilizate, conform indicațiilor fabricanților, în chirurgia orală: aliaj de titan tip Ti6Al4V și oțel inoxidabil austenitic tip 316L, prelevat dintr-o placă de osteosinteza. Din proteze funcționale umane s-au pregătit probe paralelipipedice cu dimensiunile 2,5 / 2,5 / 5 mm (L / l / h). Fiecare față axială a probei a fost pregătită prin șlefuire pe hârtie abrazivă de diferite rugozități: P1200 (lustruire metalografică), P800, P600, respectiv P320.

Probele pregătite de dimensiuni și suprafețe egale au fost implantate transcortical în tibia aceluiași organism (iepure).

La 2 luni de la implantare, s-au prelevat probele biologice prin sacrificarea subiectului. Acestea au fost supuse investigațiilor imagistice calitative și cantitative cu ajutorul microscopului electronic XL30-ESEM.

Discuție. Rezultate.

Fiecare probă a fost analizată prin microscopie electronică ESEM, cu ajutorul detectorului de electroni secundari în mediu de vapori de apă (GSE), cu detectorul de electroni retroîmprăștiați (BSE), respectiv analize compoziționale calitative și cantitative de tip EDAX.

La analiza de microscopie electronică ESEM s-a identificat gradul de pregătire al suprafeței, dimensiunile hiatusului periimplantar și plexul vascular periimplantar pentru fiecare probă. De asemenea a fost observată grosimea calusului fibros periimplantar în curs de calcifiere și morfologia țesutului osos de neoformație.

Concluzii.

- Indiferent de tipul de aliaj s-a observat microscopic o directă proporționalitate între gradul de pregătire al suprafeței implantului și viteza transformării țesuturilor periimplantare în țesut osos matur (țesut inflamator cu plex vascular de neoformație, țesut fibros, țesut osos de neoformație).
- Adeziunea maximă a țesutului osos s-a observat la rugozitatea de P320 (cea mai mare) a implantului din Ti6Al4V, hiatusul fiind minim.

- Pentru nici unul dintre aliaje nu au fost observate procese de osteoliză periimplantară, ceea ce dovedește existența unei interacțiuni favorabile între biomaterialul implantat și structura biologică (țesutul osos).

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 funcție de gradul de pregătire al suprafeței și în concordanță cu posibilitățile actuale de investigație eletrono-microscopică.

SCOPUL CERCETĂRII.

Această lucrare își propune să evalueze interacțiunea dintre implantele metalice și țesutul osos periimplantar în funcție de gradul de pregătire al suprafeței. 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 și gradul de pregătire al suprafeței acestuia.

MATERIAL ȘI METODĂ.

Au fost luate în studiu două aliaje, utilizate, conform indicațiilor fabricanților, în ortopedie: aliaj de titan tip Ti6Al4V și oțel inoxidabil austenitic tip 316L, prelevat dintr-o placă de osteosinteză. Din proteze funcționale umane s-au pregătit probe paralelipedice cu dimensiunile 2,5 / 2,5 / 5 mm (L / l / h). Fiecare față axială a probei a fost pregătită prin șlefuire pe hârtie abrazivă de diferite rugăzități: P1200 (lustruire metalografică), P800, P600, respectiv P320.

Probele pregătite de dimensiuni și suprafețe egale au fost implantate transcortical în tibia aceluiași organism (iepure) (vezi figura 1).



Figura 1. Efectuarea geodelor tibiale transcorticale cu ajutorul micromotorului cu turație reglabilă în vederea implantării probelor metalice

La 2 luni de la implantare, s-au prelevat probele biologice prin sacrificarea subiectului (vezi figura 2).



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

Acestea au fost supuse investigațiilor imagistice calitative și cantitative cu ajutorul microscopului electronic XL30-ESEM.

REZULTATE.

Fiecare probă a fost analizată prin microscopie electronică ESEM, cu ajutorul detectorului de electroni secundari în mediu de vapori de apă (GSE), cu detectorul de electroni retroîmprăștiați (BSE), respectiv analize compoziționale calitative și cantitative de tip EDAX.

Proba 1

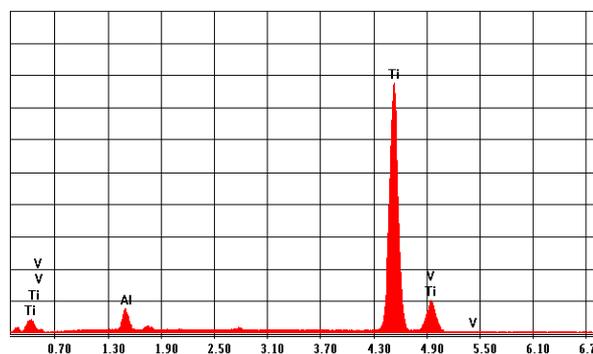


Figura 3. Spectrul de emisie în radiații X, obținut în urma analizei compoziționale efectuate asupra probei 1

kV:25.00, Tilt: 0.00, Take-off:35.04, Tc:100.0
Detector Type :UTW-Sapphire, Resolution :128.10, Lsec :202

EDAX ZAF Quantification, Standardless,
Element Normalized
SEC Table : Default

Element, Z	Wt %,	At %,	K-Ratio,	A	F
AlK, 0.3804	7.48,	12.55,	0.0307,	1.0758,	1.0038
TiK, 0.9912	92.52,	87.45,	0.9107,	0.9930,	1.0000
V K, 1.0025	0.00,	0.00,	0.0000,	0.9734,	1.0000
Total,	100.000,	100.000			

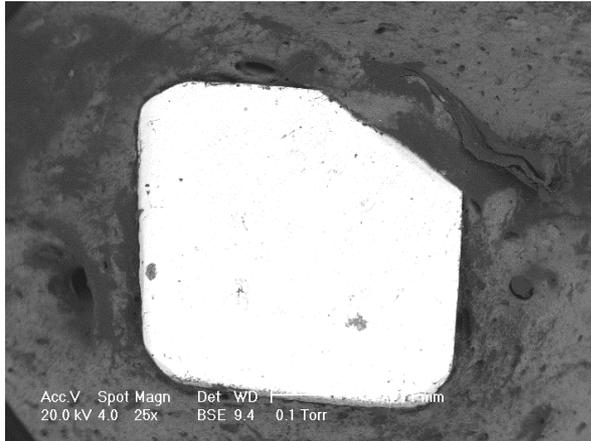
Tabelul 1. Compoziția chimică cantitativă a probei din Ti6Al4V

La analiza compozițională calitativă și cantitativă a probei 1, efectuată cu ajutorul spectrometrului tip EDAX, s-a confirmat compoziția acestei probe: aliaj tip Ti6Al4V (vezi figura 3).

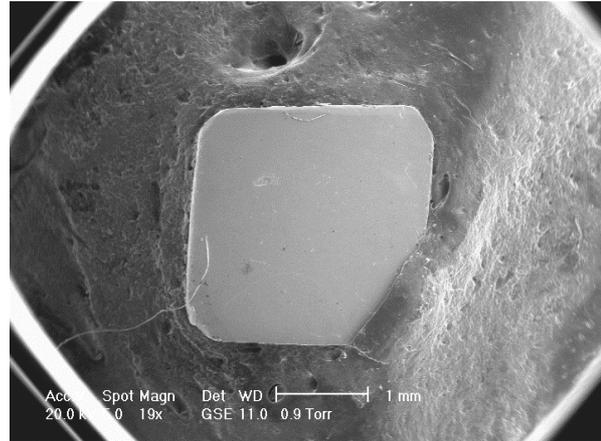
Analiza probei 1 în incidență axială

La o incidență axială pe proba 1 s-a observat macroscopic (X20) atât umplerea defectului periimplantar cu țesutul osos de neoformație, cât și (pe anumite zone) acoperirea implantului cu acest țesut (figura 4).

Ulterior, a fost analizată interfața os-implant pe fiecare față a probei.



a.



b.

Figura 4. Imagine privind morfologia osului nou format în jurul probei din aliaj tip Ti6Al4V (a), Imagine privind topografia aceluiași implant (b)

Fața 1

Prin imagistica ESEM se identifică rugozitatea de suprafață P600. Hiatusul periimplantar are dimensiuni reduse, în medie 5 μm , plexul vascular fiind absent. De asemenea se constată absența țesutului fibros. Țesutul osos de neoformație prezintă un aspect de remodelare (vezi figura 5).

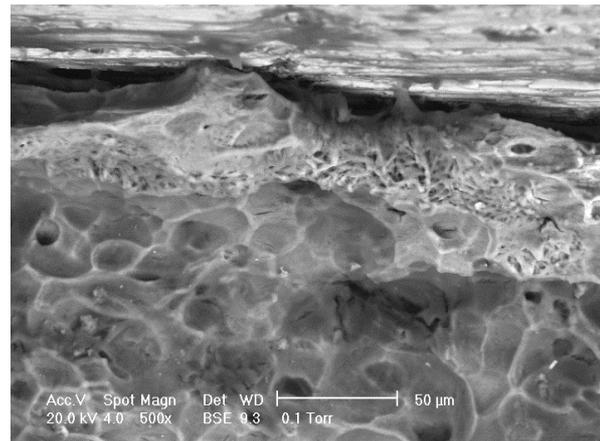
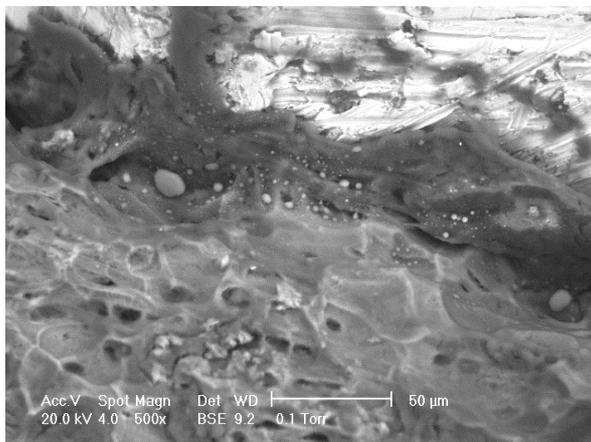


Figura 5. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 1 a implantului

Fața 2



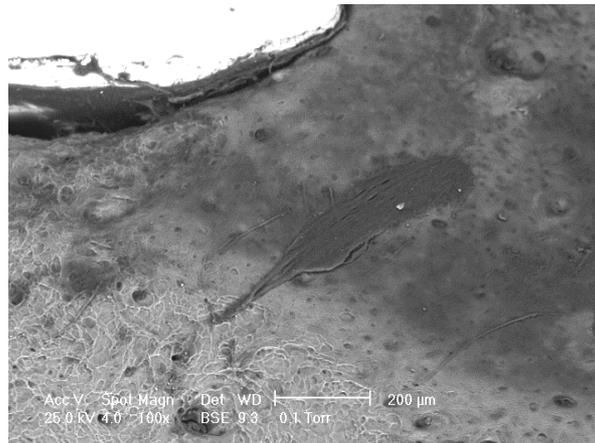
Rugozitatea suprafeței la acest nivel (P320) a constituit factorul determinant al aderenței maxime neosoase pentru acest implant (2 μm). Cu toate acestea, procesele de mineralizare a matricei organice proteice sunt întârziate față de cele prezente la nivelul feței 1.

Figura 6. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 2 a implantului

Fața 3

La o rugozitate de P1000 se constată la nivelul hiatusului periimplantar de mari dimensiuni (15 μ m) prezența unui plex vascular bogat. Țesutul osos de neoformație prezintă canale Havers largi și la distanță.

Figura 7. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 3 a implantului



Fața 4

La rugozitatea de P800, hiatusul este de 10 μ m, periimplantar observându-se prezența țesutului fibros necalcificat, în grosime de 20-25 μ m (vezi figura 8). Pe imagine se surprind axele vasculare ale unor canale Havers colaterale.

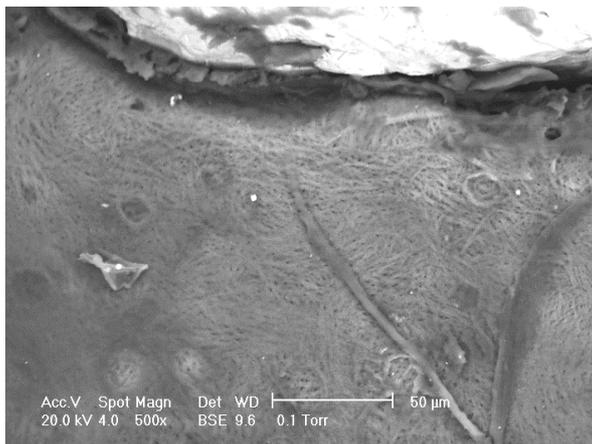
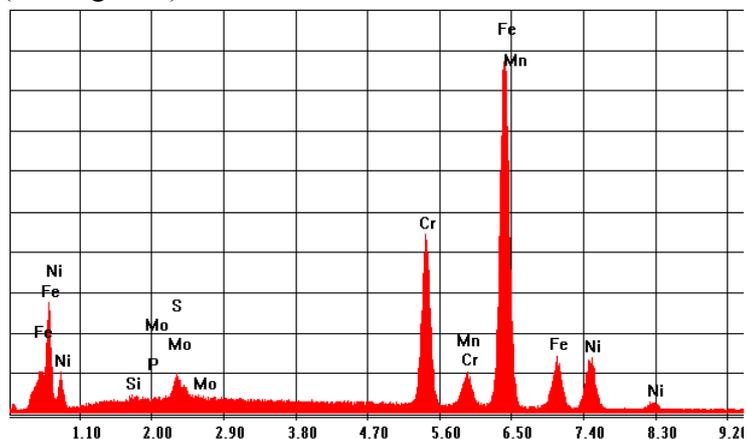


Figura 8. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 4 a implantului implantată proba din aliaj de titan tip Ti6Al4V

Proba 2

Proba 2, conform analizei compoziționale EDAX a fost confecționată din aliaj inoxidabil austenitic tip 316L (vezi figura 9).

Figura 9. Spectrul de emisie în radiații X, obținut în urma analizei compoziționale efectuate asupra probei 2



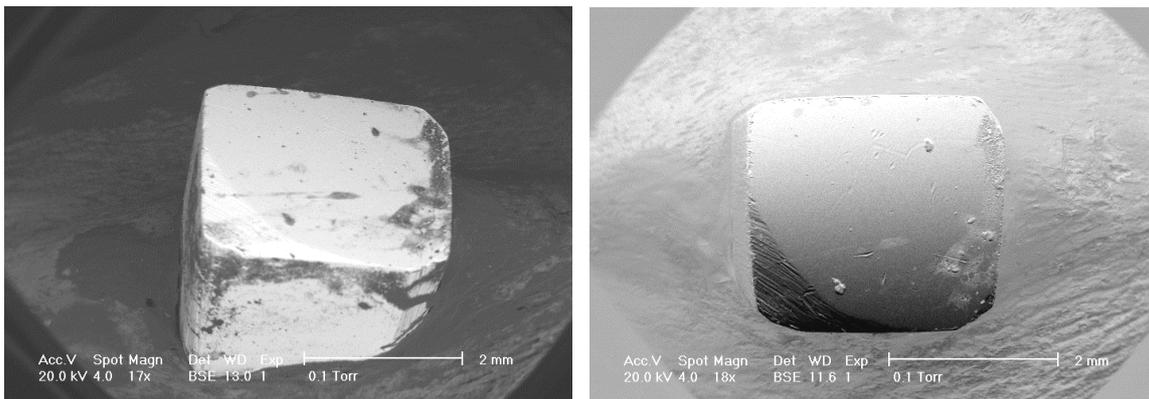
kV:20.00, Tilt: 0.00, Take-off:35.05, Tc:100.0
 Detector Type :UTW-Sapphire, Resolution :128.10, Lsec :199

EDAX ZAF Quantification, Standardless,
 Element Normalized
 SEC Table : Default

Element, Z	Wt %	At %	K-Ratio	A	F
SiK, 0.4337,	0.32,	0.64,	0.0016,	1.1157,	1.0019
P K, 0.5529	0.14,	0.26,	0.0009,	1.0901,	1.0035
MoL, 0.7942	3.33,	1.94,	0.0239,	0.9013,	1.0019
S K, 0.6627	0.00,	0.00,	0.0000,	1.1234,	1.0044
CrK, 0.9838	18.46,	19.87,	0.2062,	0.9982,	1.1375
MnK, 0.9915	1.80,	1.83,	0.0177,	0.9810,	1.0139
FeK, 0.9652	61.81,	61.97,	0.6076,	1.0005,	1.0180
NiK, 0.9035	14.14,	13.48,	0.1301,	1.0181,	1.0000
Total,	100.000,	100.000			

Tabelul 2. Compoziția chimică cantitativă a probei din aliaj tip 316L

Analiza probei 2 în incidență axială



a

b

Figura 10. Imagine privind morfologia osului nou format în jurul probei din aliaj tip 316L (a), Imagine privind topografia aceleiași implant (b)

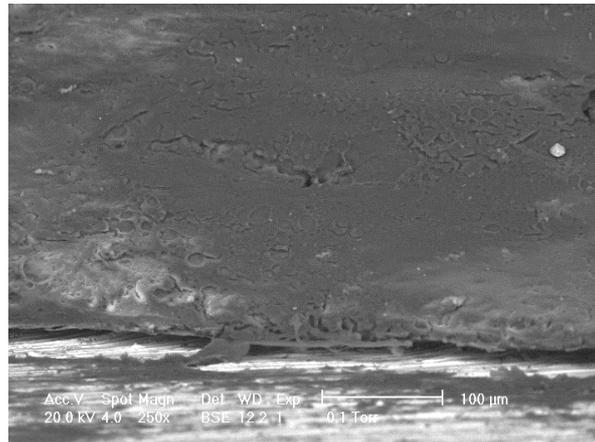
Atât la inspecția directă a probei biologice, cât și microscopic, s-a observat deplasarea externă a implantului, datorată probabil neacolării optime a periostului după implantare. Cu toate acestea, în ciuda dificultăților de obținere a unei incidențe favorabile analizei, au putut fi obținute imagini de microscopie de baleiaj sugestive (vezi figura 10).

Fața 1

La mărire de 250X se identifică rugozitatea de suprafață P320. Hiatusul periimplantar are dimensiuni medii de 10 μ m, plexul vascular fiind slab dezvoltat.

Țesutul fibros, deși de grosime redusă, 10 μ m, nu prezintă semne de osificare (vezi figura 11).

Figura 11. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 1 a implantului



Fața 2

În prezența unei rugozități de P1000, hiatusul periimplantar este de dimensiuni impresionante (50 μ m). Vascularizația plexală este total absentă, iar țesutul fibros bine reprezentat (vezi figura 12).

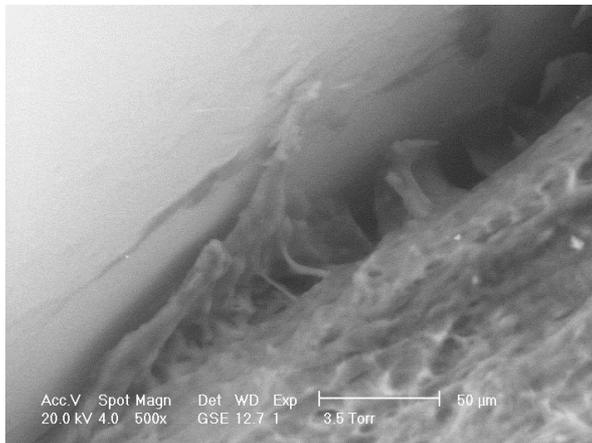
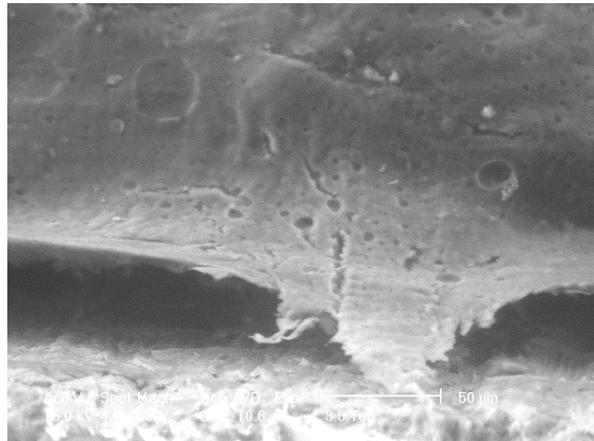


Figura 12. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 2 a implantului

Fața 3

În cazul rugozității suprafeței de (P800), se observă aceleași caracteristici structurale ca și cele descrise la fața 2, cu deosebirea unei reduceri ne semnificative a spațiului periimplantar de până la 40 μ m (vezi figura 13).

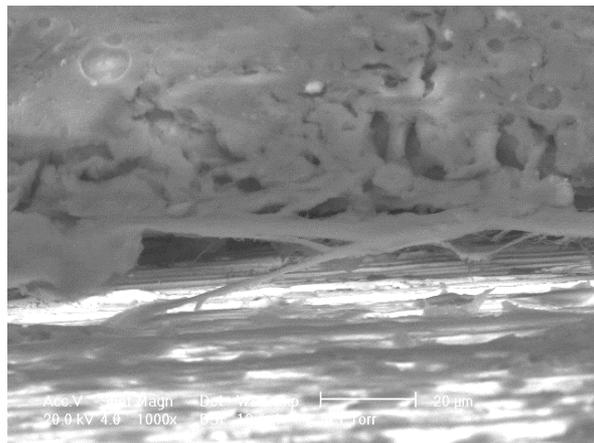
Figura 13. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 3 a implantului



Fața 4

Abia la rugozitatea de P600 apare schițată vascularizația periimplantară, dând aspectul microstructural de “încercare de osteointegrare”, similar imagistic unei etape de debut al acestui proces. Hiatusul periimplantar este în continuare lărgit la 20 μ m (vezi figura 14).

Figura 14. Micrografie ESEM asupra interfeței dintre osul nou format și fața 4 a implantului



DISCUȚIE. CONCLUZII.

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.

După aproximativ o lună, țesutul perimplantar este format dintr-un țesut fibros care este treptat înlocuit de țesutul osos de neoformație. După două 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 compozițional al implantului și de gradul de pregătire al suprafeței acestuia, aceste transformări s-au succedat cu mai multe caracteristici individuale:

- Indiferent de tipul de aliaj s-a observat microscopic o directă proporționalitate între rugozitatea suprafețelor implantului și viteza transformării tesuturilor periimplantare în țesut osos matur (țesut inflamator cu plex vascular de neoformație, țesut fibros, țesut osos de neoformație).
- Adeziunea maximă a țesutului osos s-a observat la rugozitatea de P320 (cea mai mare) a implantului din Ti6Al4, hiatusul fiind minim.
- Pentru nici unul dintre aliaje nu au fost observate procese de osteoliză periimplantară, ceea ce dovedește existența unei interacțiuni favorabile între biomaterialul implantat și structura biologică (țesutul osos).

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.