

ENGINEERING OF BIOMATERIALS

INŻYNIERIA BIOMATERIAŁÓW

JOURNAL OF POLISH SOCIETY FOR BIOMATERIALS AND FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS AGH-UST

CZASOPISMO POLSKIEGO STOWARZYSZENIA BIOMATERIAŁÓW I WYDZIAŁU INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI AGH

Number 134

Numer 134

Volume XIX

Rok XIX

JANUARY 2016

STYCZEŃ 2016

ISSN 1429-7248

PUBLISHER:

WYDAWCA:

**Polish Society
for Biomaterials
in Krakow**

Polskie
Stowarzyszenie
Biomateriałów
w Krakowie

**EDITORIAL
COMMITTEE:**

KOMITET

REDAKCYJNY:

Editor-in-Chief

Redaktor naczelny

Jan Chłopek

Editor

Redaktor

Elżbieta Pamuła

Secretary of editorial

Sekretarz redakcji

Design

Projekt

Katarzyna Trała

Augustyn Powroźnik

ADDRESS OF

EDITORIAL OFFICE:

ADRES REDAKCJI:

AGH-UST

30/A3, Mickiewicz Av.

30-059 Krakow, Poland

Akademia

Górniczno-Hutnicza

al. Mickiewicza 30/A-3

30-059 Kraków

Issue: 250 copies

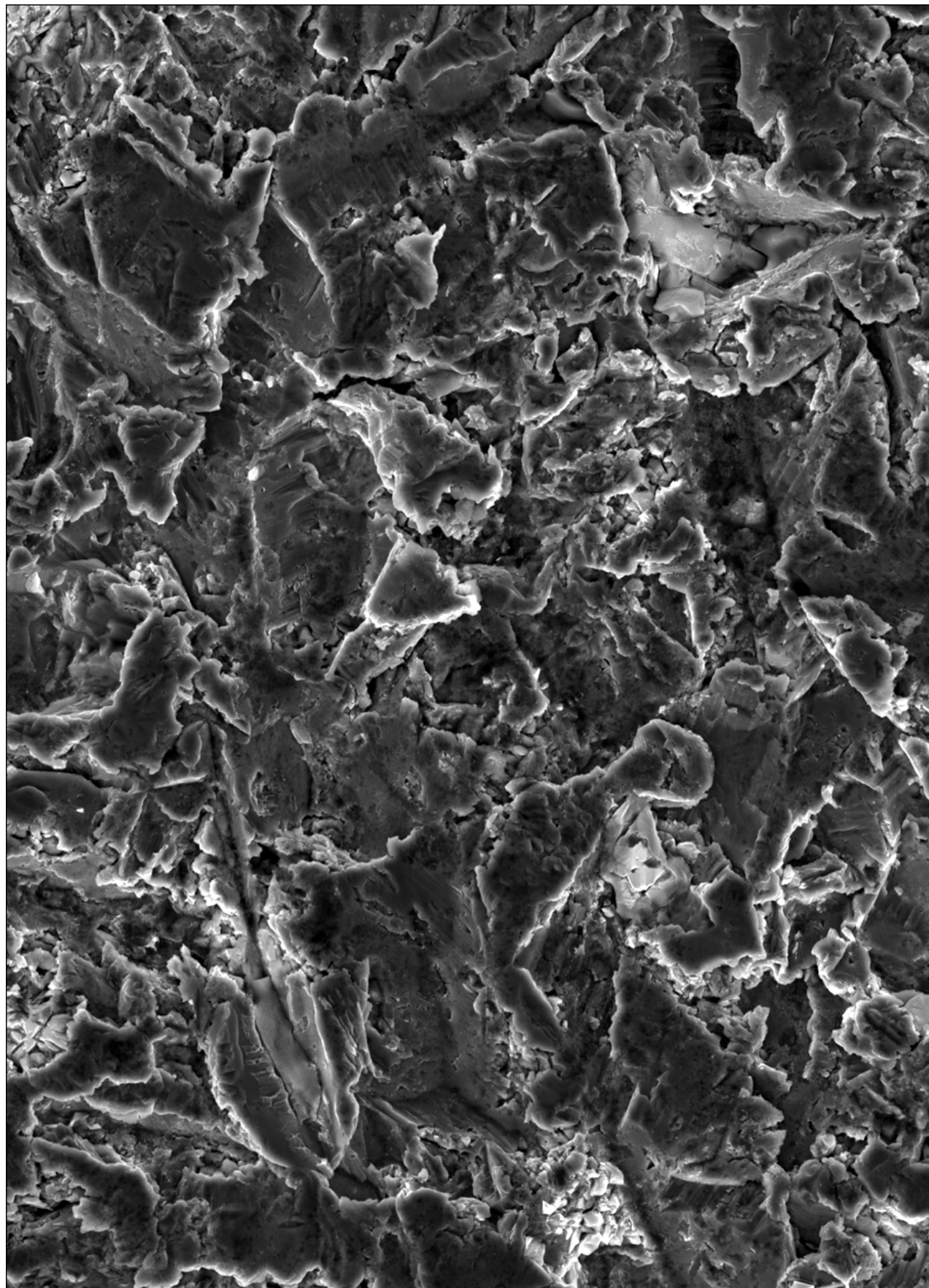
Nakład: 250 egz.

**Scientific Publishing
House AKAPIT**

Wydawnictwo Naukowe

AKAPIT

e-mail: wn@akapit.krakow.pl



**EDITORIAL BOARD
KOMITET REDAKCYJNY**

EDITOR-IN-CHIEF

Jan Chłopek - AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRAKOW, POLAND

EDITOR

Elżbieta Pamuła - AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRAKOW, POLAND

**INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD
MIĘDZYNARODOWY KOMITET REDAKCYJNY**

Iulian Antoniac - UNIVERSITY POLITEHNICA OF BUCHAREST, ROMANIA

Lucie Bacakova - ACADEMY OF SCIENCE OF THE CZECH REPUBLIC, PRAGUE, CZECH REPUBLIC

Romuald Będziński - WROCLAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, POLAND

Marta Błażewicz - AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRAKOW, POLAND

Stanisław Błażewicz - AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRAKOW, POLAND

Maria Borczuch-Łączka - AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRAKOW, POLAND

Wojciech Chrzanowski - UNIVERSITY OF SYDNEY, AUSTRALIA

Jan Ryszard Dąbrowski - BIALYSTOK TECHNICAL UNIVERSITY, POLAND

Timothy Douglas - UNIVERSITY OF GENT, BELGIUM

Christine Dupont-Gillain - UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN, BELGIUM

Matthias Epple - UNIVERSITY OF DUISBURG-ESSEN, GERMANY

Robert Hurt - BROWN UNIVERSITY, PROVIDENCE, USA

James Kirkpatrick - JOHANNES GUTENBERG UNIVERSITY, MAINZ, GERMANY

Małgorzata Lewandowska-Szumieł - MEDICAL UNIVERSITY OF WARSAW, POLAND

Jan Marciniak - SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, ZABRZE, POLAND

Sergey Mikhalovsky - UNIVERSITY OF BRIGHTON, UNITED KINGDOM

Stanisław Mitura - TECHNICAL UNIVERSITY OF LODZ, POLAND

Roman Pampuch - AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRAKOW, POLAND

Abhay Pandit - NATIONAL UNIVERSITY OF IRELAND, GALWAY, IRELAND

Stanisław Pielka - WROCLAW MEDICAL UNIVERSITY, POLAND

Vehid Salih - UCL EASTMAN DENTAL INSTITUTE, LONDON, UNITED KINGDOM

Jacek Składzień - JAGIELLONIAN UNIVERSITY, COLLEGIUM MEDICUM, KRAKOW, POLAND

Andrei V. Stanishevsky - UNIVERSITY OF ALABAMA AT BIRMINGHAM, USA

Anna Ślósarczyk - AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, KRAKOW, POLAND

Tadeusz Trzaska - UNIVERSITY SCHOOL OF PHYSICAL EDUCATION, POZNAŃ, POLAND

Dimitris Tsipas - ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI, GREECE

Wskazówki dla autorów

1. Prace do opublikowania w kwartalniku „Engineering of Biomaterials / Inżynieria Biomateriałów” przyjmowane będą wyłącznie z tłumaczeniem na język angielski. Obcokrajowców obowiązuje tylko język angielski.
2. Wszystkie nadsyłane artykuły są recenzowane.
3. Materiały do druku prosimy przysyłać na adres e-mail: kabe@agh.edu.pl.
4. Struktura artykułu:
 - TYTUŁ • Autorzy i instytucje • Streszczenie (200-250 słów) • Słowa kluczowe • Wprowadzenie • Materiały i metody • Wyniki i dyskusja • Wnioski • Podziękowania • Piśmiennictwo
5. Autorzy przesyłają pełną wersję artykułu, łącznie z ilustracjami, tabelami, podpisami i literaturą w jednym pliku. Ilustracje, tabele, podpisy i literatura powinny być umieszczone również w wersji angielskiej. Artykuł w tej formie przesyłany jest do recenzentów. Dodatkowo autorzy proszeni są o przesłanie materiałów ilustracyjnych (rysunki, schematy, fotografie, wykresy) w oddzielnych plikach (format np. .jpg, .gif, .tiff, .bmp). Rozdzielczość rysunków min. 300 dpi. Wszystkie rysunki i wykresy powinny być czarno-białe lub w odcieniach szarości i ponumerowane cyframi arabskimi. W tekście należy umieścić odnośniki do rysunków i tabel. W tabelach i na wykresach należy umieścić opisy polskie i angielskie.
6. Na końcu artykułu należy podać wykaz piśmiennictwa w kolejności cytowania w tekście i kolejno ponumerowany.
7. Redakcja zastrzega sobie prawo wprowadzenia do opracowań autorskich zmian terminologicznych, poprawek redakcyjnych, stylistycznych, w celu dostosowania artykułu do norm przyjętych w naszym czasopiśmie. Zmiany i uzupełnienia merytoryczne będą dokonywane w uzgodnieniu z autorem.
8. Opinia lub uwagi recenzentów będą przekazywane Autorowi do ustosunkowania się. Nie dostarczenie poprawionego artykułu w terminie oznacza rezygnację Autora z publikacji pracy w naszym czasopiśmie.
9. Za publikację artykułów redakcja nie płaci honorarium autorskiego.
10. Adres redakcji:

Czasopismo
„Engineering of Biomaterials / Inżynieria Biomateriałów”
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
al. Mickiewicza 30/A-3, 30-059 Kraków
tel. (48) 12 617 25 03, 12 617 25 61
tel./fax: (48) 12 617 45 41
e-mail: chlopek@agh.edu.pl, kabe@agh.edu.pl

Szczegółowe informacje dotyczące przygotowania manuskryptu oraz procedury recenzowania dostępne są na stronie internetowej czasopisma:

www.biomat.krakow.pl

Warunki prenumeraty

Zamówienie na prenumeratę prosimy przysyłać na adres: apowroz@agh.edu.pl, tel/fax: (48) 12 617 45 41

Cena pojedynczego numeru wynosi 20 PLN

Konto:

Polskie Stowarzyszenie Biomateriałów

30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30/A-3

ING Bank Śląski S.A. O/Kraków

nr rachunku 63 1050 1445 1000 0012 0085 6001

Instructions for authors

1. Papers for publication in quarterly journal „Engineering of Biomaterials / Inżynieria Biomateriałów” should be written in English.
2. All articles are reviewed.
3. Manuscripts should be submitted to editorial office by e-mail to kabe@agh.edu.pl.
4. A manuscript should be organized in the following order:
 - TITLE • Authors and affiliations • Abstract (200-250 words) • Keywords (4-6) • Introduction • Materials and Methods • Results and Discussions • Conclusions • Acknowledgements • References
5. All illustrations, figures, tables, graphs etc. preferably in black and white or grey scale should be additionally sent as separate electronic files (format .jpg, .gif, .tiff, .bmp). High-resolution figures are required for publication, at least 300 dpi. All figures must be numbered in the order in which they appear in the paper and captioned below. They should be referenced in the text. The captions of all figures should be submitted on a separate sheet.
6. References should be listed at the end of the article. Number the references consecutively in the order in which they are first mentioned in the text.
7. The Editors reserve the right to improve manuscripts on grammar and style and to modify the manuscripts to fit in with the style of the journal. If extensive alterations are required, the manuscript will be returned to the authors for revision.
8. Opinion or notes of reviewers will be transferred to the author. If the corrected article will not be supplied on time, it means that the author has resigned from publication of work in our journal.
9. Editorial does not pay author honorarium for publication of article.
10. Address of editorial office:

Journal
„Engineering of Biomaterials / Inżynieria Biomateriałów”
AGH University of Science and Technology
Faculty of Materials Science and Ceramics
30/A-3, Mickiewicz Av., 30-059 Krakow, Poland
tel. (48) 12) 617 25 03, 12 617 25 61
tel./fax: (48) 12 617 45 41
e-mail: chlopek@agh.edu.pl, kabe@agh.edu.pl

Detailed information concerning manuscript preparation and review process are available at the journal's website:

www.biomat.krakow.pl

Subscription terms

Subscription rates:

Cost of one number: 20 PLN

Payment should be made to:

Polish Society for Biomaterials

30/A3, Mickiewicz Av.

30-059 Krakow, Poland

ING Bank Śląski S.A.

account no. 63 1050 1445 1000 0012 0085 6001

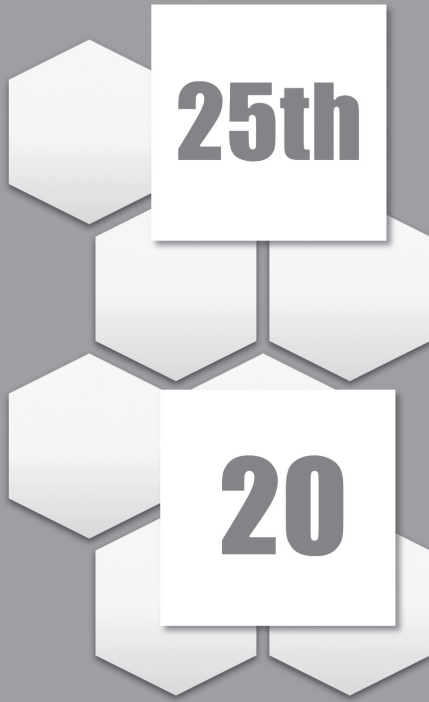
25th Biomaterials in Medicine and Veterinary Medicine

13 – 16 October 2016 Rytró, Poland

Anniversary Conference



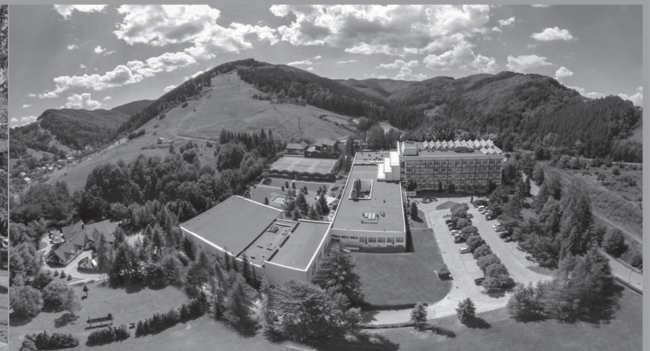
**WE HAVE A LOT TO
CELEBRATE!**



**ANNIVERSARY
CONFERENCE**

**YEARS OF THE
POLISH SOCIETY
FOR BIOMATERIALS**

**SUBMIT YOUR
ABSTRACT AND FULL PAPER
WWW.BIOMAT.AGH.EDU.PL**



SPIS TREŚCI

THE EFFECT OF TITANIUM DIOXIDE ADDITION ON PHYSICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF Na ₂ O-B ₂ O ₃ -P ₂ O ₅ AND CaO-Na ₂ O-P ₂ O ₅ GLASSES OLIWIA KALWASIŃSKA, MARCIN GAJC, ANDRZEJ KŁOS, KRZYSZTOF ORLIŃSKI, DOROTA A. PAWLAK, MAŁGORZATA KROK-BORKOWICZ, ŁUCJA RUMIAN, KRZYSZTOF PIETRYGA, KATARZYNA RECZYŃSKA, ELŻBIETA PAMUŁA	2
OCENA STOPNIA PROLIFERACJI KOMÓREK OSTEOBLASTOPODOBNYCH W KONTAKCIE Z POWIERZCHNIAMI STOPU TYTANU PO PIASKOWANIU DO RÓŻNEGO STOPNIA CHROPOWATOŚCI DOROTA BOCIĄGA, ANNA OLEJNIK, KRZYSZTOF JASTRZĘBSKI, ANNA SOBCZYK-GUZENDA, JUSTYNA PARADOWSKA	8
BADANIE PROCESU RELAKSACJI NAPRĘŻEŃ SKÓRY ŚWIŃSKIEJ ANETA LIBER-KNEĆ, SYLWIA ŁAGAN	18
BADANIA <i>IN VITRO</i> AKTYWNOŚCI PRZECIWBAKTERYJNEJ BIOSZKIEŁ ZAWIERAJĄCYCH Mg, Sr i Au WYTWORZONYCH METODĄ ZOL-ŻEL LIDIA CIOŁEK, ANDRZEJ OLSZYNA, EWA ZACZYŃSKA, ANNA CZARNY, MONIKA BIERNAT	25

CONTENTS

THE EFFECT OF TITANIUM DIOXIDE ADDITION ON PHYSICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF Na ₂ O-B ₂ O ₃ -P ₂ O ₅ AND CaO-Na ₂ O-P ₂ O ₅ GLASSES OLIWIA KALWASIŃSKA, MARCIN GAJC, ANDRZEJ KŁOS, KRZYSZTOF ORLIŃSKI, DOROTA A. PAWLAK, MAŁGORZATA KROK-BORKOWICZ, ŁUCJA RUMIAN, KRZYSZTOF PIETRYGA, KATARZYNA RECZYŃSKA, ELŻBIETA PAMUŁA	2
EVALUATION OF PROLIFERATION RATE OF OSTEOBLAST-LIKE CELLS IN CONTACT WITH TITANIUM ALLOY SURFACES SANDBLASTED TO DIFFERENT ROUGHNESS LEVEL DOROTA BOCIĄGA, ANNA OLEJNIK, KRZYSZTOF JASTRZĘBSKI, ANNA SOBCZYK-GUZENDA, JUSTYNA PARADOWSKA	8
TESTING STRESS RELAXATION PROCESS OF A PORCINE SKIN ANETA LIBER-KNEĆ, SYLWIA ŁAGAN	18
IN VITRO STUDIES OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SOL-GEL BIOGLASSES CONTAINING Mg, Sr AND Au LIDIA CIOŁEK, ANDRZEJ OLSZYNA, EWA ZACZYŃSKA, ANNA CZARNY, MONIKA BIERNAT	25

WERSJA PAPIEROWA CZASOPISMA „ENGINEERING OF BIOMATERIALS / INŻYNIERIA BIOMATERIAŁÓW” JEST JEGO WERSJĄ PIERWOTNĄ
 PRINTED VERSION OF „ENGINEERING OF BIOMATERIALS / INŻYNIERIA BIOMATERIAŁÓW” IS A PRIMARY VERSION OF THE JOURNAL

WYDANIE DOFINANSOWANE PRZEZ MINISTRA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO

EDITION FINANCED BY THE MINISTER OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION

THE EFFECT OF TITANIUM DIOXIDE ADDITION ON PHYSICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF $\text{Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-P}_2\text{O}_5$ AND $\text{CaO-Na}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$ GLASSES

OLIWIJA KALWASIŃSKA¹, MARCIN GAJC², ANDRZEJ KŁOS²,
KRZYSZTOF ORLIŃSKI², DOROTA A. PAWLAK^{2,3},
MAŁGORZATA KROK-BORKOWICZ⁴, ŁUCJA RUMIAN⁴,
KRZYSZTOF PIETRYGA⁴, KATARZYNA RECZYŃSKA⁴,
ELŻBIETA PAMUŁA^{4*}

¹ WARSAW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING,
WOŁOSKA 141, 02-507 WARSAW, POLAND

² INSTITUTE OF ELECTRONIC MATERIALS TECHNOLOGY,
WÓLCZYŃSKA 133, 01-919 WARSAW, POLAND

³ CENTRE OF NEW TECHNOLOGIES,
BANACHA 2C, 02-097 WARSAW, POLAND

⁴ AGH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY,
FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS,
DEPARTMENT OF BIOMATERIALS,
AL. A. MICKIEWICZA 30, 30-059 KRAKOW, POLAND

*E-MAIL: EPAMULA@AGH.EDU.PL

Abstract

Two types of phosphate glasses $50\text{Na}_2\text{O-}20\text{B}_2\text{O}_3\text{-}30\text{P}_2\text{O}_5$ (NBP) and $30\text{CaO-}20\text{Na}_2\text{O-}50\text{P}_2\text{O}_5$ (CNP) with different content of TiO_2 (0, 3 and 5 mol%) have been prepared by melt-quenching process. TiO_2 was added to increase glass network stability. Physical properties of glasses were investigated by density measurements, differential scanning calorimetry and degradation in phosphate buffered saline (PBS). Biological performance of glasses in a direct contact with osteoblast-like MG-63 cells was analysed with the use of resazurin test and live-dead staining. The results show that TiO_2 addition increased density, glass transition temperature (T_g) and melting temperature (T_m) of both types of glasses. In the case of NBP glasses presence of TiO_2 resulted in their fast degradation in PBS and acidification of cell culture medium. As a consequence such glasses did not support cell adhesion and growth, but they can be considered for e.g. drug delivery systems. On the other hand addition of TiO_2 to CNP glasses resulted in enhanced cell adhesion and viability. Particularly positive results were found for CNP glass containing 5% TiO_2 , so it can be a good candidate as a scaffold material for bone tissue engineering.

Keywords: phosphate glasses, bioactive glasses, titanium dioxide, tissue engineering

[Engineering of Biomaterials 134 (2016) 2-7]

OCENA STOPNIA PROLIFERACJI KOMÓREK OSTEOLASTO-PODOBNYCH W KONTAKCIE Z POWIERZCHNIAMI STOPU TYTANU PO PIASKOWANIU DO RÓŻNEGO STOPNIA CHROPOWATOŚCI

DOROTA BOCIĄGA*, ANNA OLEJNIK, KRZYSZTOF JASTRZĘBSKI, ANNA SOB CZYK-GUZENDA, JUSTYNA PARADOWSKA

POLITECHNIKA ŁÓDZKA,
INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ
UL. STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ
*E-MAIL: DOROTA.BOCIAGA@P.LODZ.PL

Streszczenie

Tytan i jego stopy są jednymi z najpopularniejszych biomateriałów metalicznych stosowanych w dzisiejszej implantologii. Mimo licznych zalet tych materiałów, wykonane z nich wszczepy często poddaje się dodatkowej obróbce powierzchni, której celem jest polepszenie integracji implantu z otaczającymi go tkankami. Spośród wielu dostępnych technik, jedną z najczęściej wykorzystywanych komercyjnie jest stosunkowo tania i szybka metoda piaskowania, polegająca na wystawianiu danego przedmiotu na kontakt ze strumieniem przyspieszonych cząstek materiału ściernego. Celem tej pracy była analiza wpływu piaskowania ścierniwem o różnej średnicy ziaren na właściwości obrabianej powierzchni elementów na bazie dwóch popularnych stopów tytanu: Ti-6Al-4V i Ti-6Al-7Nb. W celu scharakteryzowania uzyskanych powierzchni przeprowadzono badania ich topografii, składu chemicznego, chropowatości i zwilżalności. Ponadto, aby sprawdzić potencjalną reakcję organizmu na obecność obrobionych w ten sposób elementów dokonano oceny stopnia proliferacji ludzkich komórek kościotwórczych hodowanych w bezpośrednim kontakcie z przygotowanymi powierzchniami. Otrzymane wyniki wykazały wyraźną zależność pomiędzy stopniem chropowatości i składem chemicznym piaskowanych elementów, a zastosowanym do obróbki rodzajem medium ściernego. Badanie zachowania komórek będących w kontakcie z modyfikowanymi próbkami wykazało obniżoną skłonność osteoblastów do przylegania i namnażania na najbardziej chropowatych powierzchniach.

Słowa kluczowe: piaskowanie, osteoblasty, Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, obróbka powierzchniowa

[Inżynieria Biomateriałów 134 (2016) 8-17]

EVALUATION OF PROLIFERATION RATE OF OSTEOLAST-LIKE CELLS IN CONTACT WITH TITANIUM ALLOY SURFACES SANDBLASTED TO DIFFERENT ROUGHNESS LEVEL

DOROTA BOCIĄGA*, ANNA OLEJNIK, KRZYSZTOF JASTRZĘBSKI, ANNA SOB CZYK-GUZENDA, JUSTYNA PARADOWSKA

INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY,
LODZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 LODZ, POLAND
*E-MAIL: DOROTA.BOCIAGA@P.LODZ.PL

Abstract

Titanium and its alloys are very popular metallic biomaterials used for medical implants production. Despite numerous advantages of the bulk material, such implants are very often subjected to additional surface treatment in order to improve their integration within the body tissues. Besides many other available techniques, one of the most frequently used in the commercial sector is a fast and economically profitable process of abrasive blasting. It is a method in which a stream of accelerated particles collides with the implant surface what causes changes in the material properties. The following paper presents differences resulting from sandblasting of Ti-6Al-4V and Ti-6Al-7Nb specimens with blasting particles varying in size. In order to characterize the outcome of such the treatment, investigations of surface topography, chemical composition, roughness, and wettability were conducted. Finally, the behaviour of the osteoblast-like cells adhered to the sandblasted Ti-6Al-4V and Ti-6Al-7Nb surfaces was assessed in order to evaluate potential body response towards the aforementioned materials. The results suggest a strong correlation between surface roughness, its chemistry and the type of blasting medium applied. Evaluation of the cell culture revealed a rapid decrease in cell proliferation rate onto the roughest surfaces.

Keywords: sandblasting, osteoblasts, Ti-6Al-4V, Ti-6Al-7Nb, surface treatment

[Engineering of Biomaterials 134 (2016) 8-17]

BADANIE PROCESU RELAKSACJI NAPRĘŻEŃ SKÓRY ŚWIŃSKIEJ

ANETA LIBER-KNEĆ*, SYLWIA ŁAGAN

ZAKŁAD MECHANIKI DOŚWIADCZALNEJ I BIOMECHANIKI,
INSTYTUT MECHANIKI STOSOWANEJ,
POLITECHNIKA KRAKOWSKA
AL. JANA PAWŁA II 37, 31-864 KRAKÓW
*E-MAIL: ALIBER@PK.EDU.PL

Streszczenie

Właściwości mechaniczne tkanki skórnej są heterogeniczne, anizotropowe, nieliniowe i lepkosprężyste ze względu na jej niejednorodność oraz kompleksowość struktur. W artykule opisano badania relaksacji naprężeń świeżej tkanki skóry świńskiej dla różnych poziomów odkształcenia (5%, 10% i 15%). Próbki zostały pobrane z grzbietu zwierzęcia, równolegle oraz prostopadłe w stosunku do jego długiej osi ciała. Statyczna próba rozciągania została przeprowadzona w celu scharakteryzowania parametrów mechanicznych skóry: moduł Younga dla równoległych/prostopadłych próbek wyniósł $11,5 \pm 2,5/19,0 \pm 2,1$ MPa, wytrzymałość na rozciąganie $11,4 \pm 1,4/13,0 \pm 1,7$ MPa, odkształcenie przy zniszczeniu $21,3 \pm 1,1/34,4 \pm 4,7$ mm. Różne kierunki pobrania próbek wpłynęły na właściwości lepkosprężyste. Dla próbek prostopadłych zostały osiągnięte następujące poziomy naprężenia początkowe: dla 5% odkształcenia około 0,3 MPa w 30 s, dla 10% odkształcenia około 1,1 MPa w 60 s i dla 15% odkształcenia 2,3 MPa w 90 s. Naprężenie początkowe osiągnięte dla próbek równoległych dla 5% odkształcenia wyniosło 0,3 MPa w 30 s, dla 10% odkształcenia 0,4 MPa w 60 s, i dla 15% odkształcenia osiągnęło wartość 1 MPa w 90 s. Krzywe relaksacji miały różny zakres czasu relaksacji dla różnych poziomów odkształcenia. Czas relaksacji dla równoległych/prostopadłych próbek dla różnych poziomów odkształcenia wyniósł: 5% - 90/100 s, 10% - 110/150 s, 15% - 1000/1600 s. Do matematycznego modelowania mechanicznych właściwości tkanki skórnej świni wykorzystano model QLV.

Słowa kluczowe: skóra, lepkosprężystość, relaksacja naprężeń, właściwości mechaniczne

[Inżynieria Biomateriałów 134 (2016) 18-24]

TESTING STRESS RELAXATION PROCESS OF A PORCINE SKIN

ANETA LIBER-KNEĆ*, SYLWIA ŁAGAN

DIVISION OF EXPERIMENTAL MECHANICS AND BIOMECHANICS,
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING,
CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,
AL. JANA PAWŁA II 37, 31-864 KRAKÓW, POLAND
*E-MAIL: ALIBER@PK.EDU.PL

Abstract

Mechanical behavior of skin tissue is described as heterogeneous, anisotropic, nonlinear and viscoelastic because of its nonhomogeneous, complex structure. This paper reports the study stress relaxation behavior of fresh porcine tissue skin for different strain levels (5%, 10% and 15%). The samples were taken parallel and perpendicular to the long axis of the pig's body, from dorsal area. The tensile test of skin samples was carried out to characterize mechanical parameters of skin material: Young's modulus for parallel/perpendicular samples was $11.5 \pm 2.5/19.0 \pm 2.1$ MPa, tensile strength was $11.4 \pm 1.4/13.0 \pm 1.7$ MPa, elongation at break was $21.3 \pm 1.1/34.4 \pm 4.7$ mm. The different directions of sampling influenced the viscoelastic properties. The perpendicular samples achieved the following levels of initial stress: at 5% strain of about 0.3 MPa in 30 s, at 10% strain of about 1.1 MPa in 60 s and at 15% strain 2.3 MPa in 90 s. The initial stress reached by the parallel sample for 5% strain was 0.3 MPa in 30 s, at 10% strain was 0.4 MPa in 60 s, and for 15% strain reached a value of 1 MPa in 90 s. Relaxation curves had different time ranges of stress relaxation for different levels of strain. The time of relaxation for parallel/perpendicular samples for different strain levels was: 5% - 90/100 s, 10% - 110/150 s, 15% - 1000/1600 s. The QLV theory was used to the mathematical modeling mechanical behavior of porcine skin tissue.

Keywords: skin, viscoelasticity, stress relaxation, mechanical properties

[Engineering of Biomaterials 134 (2016) 18-24]

BADANIA *IN VITRO* AKTYWNOŚCI PRZECIWBAKTERYJNEJ BIOSZKIEŁ ZAWIERAJĄCYCH Mg, Sr i Au WYTWORZONYCH METODĄ ZOL-ŻEL

LIDIA CIOŁEK^{1*}, ANDRZEJ OLSZYNA¹, EWA ZACZYŃSKA², ANNA CZARNY², MONIKA BIERNAT¹

¹ INSTYTUT CERAMIKI I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH, UL. POSTĘPU 9, 02-676 WARSZAWA

² POLSKA AKADEMIA NAUK, INSTYTUT IMMUNOLOGII I TERAPII DOŚWIADCZALNEJ, UL. RUDOLFA WEIGLA 12, 53-114 WROCŁAW

*E-MAIL: L.CIOLEK@ICIMB.PL

Streszczenie

Celem prowadzonych badań było określenie aktywności przeciwbakteryjnej *in vitro* bioaktywnych szkielec dotowanych Mg, Sr i Au. Przedstawiono badania zmodyfikowanych bioszkieł zawierających wybrane pierwiastki wprowadzone dla podwyższenia bioaktywności, które mogą wspomagać przebieg procesów fizjologicznych kościotworzenia i wykazywać działanie przeciwbakteryjne. Obecność magnezu w składzie biomateriału zwiększa jego bioaktywność. Stront wpływa na lepszą proliferację komórek kostnych. Złoto należy do grupy „ultraelementów” działających przeciwbakteryjnie oraz aktywuje procesy metaboliczne poprzez oddziaływanie na enzymy. Silany użyte podczas syntezy bioszkieł metodą zol-żel, także mogą zwiększać ich bioaktywność.

Materiał odniesienia stanowiło bioszkieło P5-VS zawierające 70% mas. SiO₂, 5% mas. P₂O₅ oraz 25% mas. CaO. Bioszkieła P5-VS-1_Mg i P5-VS-1_Sr, o takim samym składzie jak P5-VS wytworzono zastępując 1% mas. CaO odpowiednio MgO lub SrO. W przypadku bioszkieł P5-VS-Au_r-r i P5-VS-Au_nzk nanocząsteczki złota były dodane w ilości 0,00065% mas. i 0,002% mas. odpowiednio jako: roztwór koloidalny lub niejonowe złoto koloidalne.

Właściwości fizykochemiczne wytworzonych bioszkieł obejmujące morfologię powierzchni, a także ich bioaktywność po kontakcie z roztworem symulującym osocze oraz wyniki cytotoksyczności zostały przedstawione w innym artykule. Stwierdzono, że bioszkieła w kontakcie z płynem symulującym osocze (SBF) są bioaktywne oraz nie oddziałują cytotoksycznie na komórki L929.

Wyniki badań *in vitro* aktywności przeciwbakteryjnej wytworzonych bioszkieł wykazały ich wyższą aktywność w stosunku do szczepu *Staphylococcus aureus* niż *Pseudomonas aeruginosa*. Wzrost mikroorganizmów najbardziej hamowało bioszkieło P5-VS-1_Sr. Bioszkieło P5-VS bez udziału Mg, Sr lub Au wykazywało najsłabsze działanie przeciwbakteryjne.

Słowa kluczowe: bioszkieła, metoda zol-żel, cytotoxicność, aktywność przeciwbakteryjna

[Inżynieria Biomateriałów 134 (2016) 25-30]

IN VITRO STUDIES OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF SOL-GEL BIOGLASSES CONTAINING Mg, Sr AND Au

LIDIA CIOŁEK^{1*}, ANDRZEJ OLSZYNA¹, EWA ZACZYŃSKA², ANNA CZARNY², MONIKA BIERNAT¹

¹ INSTITUTE OF CERAMICS AND BUILDING MATERIALS, DEPARTMENT OF CERAMIC TECHNOLOGY, 9 POSTĘPU STREET, 02-676 WARSAW, POLAND

² POLISH ACADEMY OF SCIENCES, INSTITUTE OF IMMUNOLOGY AND EXPERIMENTAL THERAPY, 12 RUDOLF WEIGL STREET, 53-114 WROCLAW, POLAND

*E-MAIL: L.CIOLEK@ICIMB.PL

Abstract

The aim of this study was to determine *in vitro* antibacterial activity of bioactive glasses doped with Mg, Sr and Au. Authors showed tests of modified bioglasses containing selected elements incorporated to the composition in order to increase bioactivity, which could contribute to physiological processes of osteogenesis and exhibit bactericidal activity. The presence of magnesium in the composition of the biomaterial enhances its bioactivity. Strontium improves the proliferation of bone cells. Gold belongs to the group of “ultra-elements” which show antibacterial activity and activate metabolism by acting on enzymes. The silane used for the synthesis of sol-gel bioglasses may also increase bioactivity.

Bioglass P5-VS containing 70 wt% of SiO₂ and 25 wt% of CaO and 5 wt% of P₂O₅ was a reference material. Bioglasses P5-VS-1_Mg and P5-VS-1_Sr with the same composition as P5-VS were obtained by substituting 1 wt% of CaO by MgO or SrO respectively. In the case of bioglasses P5-VS-Au_r-r and P5-VS-Au_nzk nanoparticles of Au were added in the amount of 0.00065 wt% and 0.002 wt% as colloidal solution or nonionic colloidal gold respectively.

Physical and chemical properties of sol-gel bioactive glasses including grain morphology and bioactivity in simulated body fluid and the results of cytotoxicity were presented in a previous publication. It was found that bioglasses were bioactive in contact with simulated body fluid (SBF) and were not toxic on L929 cells *in vitro*.

The results of *in vitro* antibacterial activity studies of obtained bioglasses showed higher activity against strain of *Staphylococcus aureus* than *Pseudomonas aeruginosa*. The growth of microorganisms was inhibited in the most effective way by the bioglass P5-VS-1_Sr. The P5-VS bioglass without Mg, Sr or Au shows the weakest bactericidal effect.

Keywords: bioglass, sol-gel method, cytotoxicity, antibacterial activity

[Engineering of Biomaterials 134 (2016) 25-30]