

- [1] Chłopek J., Kmita G., Dobrzyński P., Bero M.: Właściwości zmęczeniowe śrub z kopolimeru P(LLA/GLA) oraz kopolimeru wzmocnionego włóknem węglowym. Inż. Biomat. 2002, 23, 24, 25, 88-90.
- [2] Czajkowska B., Kowal J.: Wpływ makrofagów na proces degradacji poli(kwasu L-mlekowego). Inż. Biomat. 2002, 22, 23-27.
- [3] Czajkowska B., Kowal J., Ptak M., Bobek M.: Oddziaływanie makrofagów i osteoblastów z kopolimerami PDLLA z GLA. Inż. Biomat. 2001, 17, 18, 19, 22.
- [4] Czajkowska B., Bero M., Dobrzyński P., Kasperczyk J.: Badanie biozgodności kopolimerów glikolidu i laktydu otrzymanych z wykorzystaniem nowego inicjatora cyrkonowego lub cynowego w oparciu o badania in vitro. Inż. Biomat., 2001, 17, 18, 19, 74-75.
- [5] Dobrzyński P., Bero M., Kasperczyk J.: Synteza i właściwości kopolimerów biodegradowalnych (PGLA, PACA, PLCA) otrzymanych w obecności nowego, niskotoksycznego inicjatora cyrkonowego. Inż. Biomat. 2001, 17-19, 72-73.
- [6] Kmita G., Chłopek J.: Ocena trwałości kompozytowych śrub polimerowych poddanych stałym obciążeniom w warunkach in vitro. Inż. Biomat. 2001, 17, 18, 19, 67-69.

- [7] Konieczna B., Pamuła E.: Polimery termoplastyczne wzmocnione włóknami węglowymi do zastosowań medycznych. Inż. Biomat. 2001, 17, 18, 19, 77-79.
- [8] Pagnetto G., Mazullo S. et al. Poly-L-Lactide amid: biointeraction and processing variable relationship. Biomaterials 1991, 5, 2, 179-181.
- [9] Pamuła E., Chłopek J., Błażewicz M.: Materiały kompozytowe z nowego biodegradowalnego kopolimeru glikolid-laktydu dla celów medycznych. Inż. Biomat. 2001, 20, 23-28.
- [10] Pamuła E., Chłopek J., Błażewicz M., Makinen K., Dobrzyński P., Kasperczyk J., Bero M.: Materiały kompozytowe z nowego biodegradowalnego kopolimeru glikolid-laktydu dla celów medycznych. Inż. Biomat. 2000, 12, 23-28.
- [11] Verheyen C.C.P.M., De Vries J.R. et al.: Evaluation of hydroxyapatite (POLY(L-LACTIDE) composites: mechanical behaviour. J. Biomedical Materials Research. 1992, 26, 1277-1296.
- [12] Verheyen C.C.P.M., De Vries J.R. et al.: Hydroxyapatite (POLY(L-LACTIDE) composites: an animal study push-out strengths and interface histology. J. Biomedical Materials Research. 1993, 27, 433-444.

BIOZGODNE I NIE BIOZGODNE PRODUKTY DEGRADACJI WŁÓKIEN WĘGLOWYCH

M. BŁAŻEWICZ*, E. MENASZEK**, E. STASZKÓW***,
A. POWROŹNIK*

*AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA,
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI,
KATEDRA BIOMATERIAŁÓW, KRAKÓW

**UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI, COLLEGIUM MEDICUM, KRAKÓW

***SZPITAL IM.S.ŻEROMSKIEGO, KRAKÓW

Streszczenie

Włókna węglowe, otrzymane w różnych postaciach i formach (włókniny, plecionki, faza wzmocniająca polimery) stosowane są w medycynie od wielu lat (1-9).

Znaczna część włókien węglowych używana była jako protezy ścięgien i więzadeł, natomiast węgiel w formie włókien stosowany jest do leczenia ubytków tkanek. Kompozyty z włóknami węglowymi w osnowach węglowych lub polimerowych stosowane są obecnie do leczenia tkanki kostnej. Kompozyty włókniste są z powodzeniem wykorzystywane w ortopedii ponieważ otrzymywane są jako materiały o anizotropii właściwości mechanicznych, identycznej z tkanką kostną. Protezy wykonane z włóknistych materiałów kompozytowych posiadają zdolność przenoszenia naprężeń na otaczające tkanki, która nie powoduje negatywnych reakcji w kości a prowadzi do powstania optymalnego połączenia z implantem (7).

Jednakże opinie o naturze biozgodności, implantów wykonanych z włókien węglowych, pozostają nadal różnicowane i kontrowersyjne. Wiele poglądów sprzecznych prowadzi do konkluzji, że włókno węglowe posiada duży potencjał do zastosowań medycznych, jednakże produkty jego degradacji mogą być nie bio-

BIOCOMPATIBLE AND NON - BIOCOMPATIBLE DEGRADATION PRODUCTS OF CARBON FIBERS

M. BŁAŻEWICZ*, E. MENASZEK**, E.S. STASZKÓW***,
A. POWROŹNIK*

*AGH - UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY,
FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS,
DEPARTMENT OF BIOMATERIALS, CRACOW

** JAGIELLONIAN UNIVERSITY, COLLEGIUM MEDICUM, CRACOW

*** MUNICIPAL HOSPITAL S. ŻEROMSKI, CRACOW

Abstract

Carbon fibers manufactured in different forms and shape (fabrics, braids, reinforcing phase of polymers) have been attempted in medicine for many years. A significant part of carbon fibrous implants were used as prostheses of ligaments and tendons whereas carbon fabrics and tissue for filling of tissue defects. Carbon fibers - based carbon or polymers composites are nowadays considered to be used for the treatment of hard tissue. Such composite implants are useful materials for many orthopedic application because they can be designed and fabricated to possess anisotropic mechanical properties matched to physiological properties of bone. A prosthesis made of such composite can mimic normal transfer of weight bearing forces through to supporting bone and allows for significant reduce bone loss providing long-term stability.

However, opinions on nature of biocompatibility of carbon fibers - based implants are different and controversial. Several data showed that carbon fibers are very promising materials while possible degradation products may be non-biocompatible.

zgodne z żywymi tkankami (7-9).

Na ogół, włókna węglowe otrzymuje się na drodze pirolizy polimerowych prekursorów. Podczas termicznego rozpadu organicznej substancji formuje się grafito-podobna struktura z licznymi defektami.

Włókna węglowe służące do otrzymywania implantów są materiałem, który posiada ogromne możliwości w zakresie modyfikacji mikrostruktury. Ten parametr włókna węglowego jest w znacznej mierze zależny od mikrostruktury polimerowego prekursora. Mikrostruktura włókien węglowych jest decydującym parametrem z punktu widzenia rodzaju produktów degradacji.

W pracy analizowaliśmy odpowiedź tkankową, na produkty degradacji dwóch typów włókien węglowych, różniących się mikrostrukturą. Próbkę dwóch rodzajów włókien węglowych były implantowane do mięśnia szkieletowego, dorosłych szczurów. Reakcja tkanek na produkty degradacji włókien węglowych była określana, między innymi na drodze analizy aktywności enzymów (EN, PK, CCO), w funkcji czasu.

Z naszych badań wynika, że odpowiedź tkanek na każdy z rodzajów włókien jest odmienna. Cząstki powstające w wyniku rozpadu włókien, w formie nanowłókienek mogą indukować reakcje komórek świadczące o ich toksyczności. Podczas gdy produkty degradacji typowych włókien, otrzymanych z litego prekursora są biogodne z tkankami szczura.

[Inżynieria Biomateriałów, 38-43, (2004), 234-235]

Podziękowania

Praca została wykonana w ramach grantu KBN, PBZ - KBN - 082-T08/2002.

Usually, carbon fibers are prepared by pyrolysis of polymer precursor. During thermal decomposition of an organic substance, graphite-like structures with numerous defects are formed.

Carbon fibers - based biomaterial forms a material which offers unprecedented possibilities to modify the microstructure. This parameter strongly depends on the type of microstructure of polymer precursor. Microstructure of carbon fibers is very important factor influencing their degradation products.

We have analyzed the in vivo behavior and tissue response to degradation products of two kinds of carbon fibers differing in microstructure. The samples obtained from two kinds carbon fibers were implanted into the glutei muscle rat of adult rats. Tissue reaction towards degradation products of carbon fibers were estimated by studying the activity of enzymes (EN, PK, OCC) as a function of time. The intensity of histochemical reaction was estimated by the microdensitometric methods. From this study indicates that tissue response to debris of two kind of carbon fibers is different. Carbon particles in form of nanofibers obtained from one type of carbon fibers invoke toxic reaction for rat cells. On the contrary, the debris obtained from typical carbon fibers show very good biocompatibility.

[Engineering of Biomaterials, 38-43, (2004), 234-235]

Acknowledgment

This work was supported by the State Committee for Scientific Research (grant PBZ - KBN-082- T08/2002).

Piśmiennictwo

- [1] Jenkins DHR. The repair of cruciate ligaments with flexible carbon fiber. J.Bone Joint Surg. 1978, 60. 520-522.
- [2] McKibin B. New materials in orthopedics: carbon fibers. Edinburgh; Churchill Livingstone, 1983, 179-203.
- [3] Blazewicz M., Carbon materials in the treatment of soft and hard tissue injuries, European Cells and Materials, 2001, 2, 21-29.
- [4] Blazewicz M., Blazewicz S., Wajler C., Mechanical and implant behaviors of chemically modified carbon braids, Ceramics International, 1994, 20.
- [5] Kus W., Gorecki A., Strzelczyk P., Swiader P., Carbon fiber scaffolds in the surgical treatment of cartilage lesions, Ann. Transplant, 1999, 4, 102.

References

- [6] Minns R.J. Muckle D.S., Donkin J.E., The repair of osteochondral defect in osteoarthritic rabbit knees by use of carbon fibre, Biomaterials, 1982, vol. 3, 4.
- [7] Ramakrishna S Mayer J. Wintermantel E. Leong K.W. Biomedical applications of polymer-composite materials: a review. Composites Science and Technology 2001, 61, 1189-1224.
- [8]. Debanth U.K., Fairelough J.A., Williams R.L. Long-term local effects of carbon fiber in the knee, The Knee, 2004, 259-264.
- [9] Elias K.L., Price R.L., Webster T.J. Enhanced functions of osteoblasts on nanometer diameter carbon fibers. Biomaterials 2002, 23, 3279-3287.