

MINERALIZACJA WŁÓKIEN WĘGLOWYCH PROTEZY TCHAWICY PO 38-TYGODNIOWYM OKRESIE OBSERWACJI

WOJCIECH ŚCIERSKI*, JERZY NOŻYŃSKI**,
EWA ZEMBALA-NOŻYŃSKA***, GRZEGORZ NAMYSŁOWSKI*,
MARTA BŁAŻEWICZ****, STANISŁAW BŁAŻEWICZ****, JAN PILCH*,
KRZYSZTOF HELEWSKI*****

*KATEDRA I ODDZIAŁ KLINICZNY LARYNGOLOGII ŚLĄSKIEJ AKADEMII
MEDYCZNEJ W ZABRZU

**PRACOWNIA HISTOPATOLOGII, ŚLĄSKIE CENTRUM CHOROŚ SER-
CA W ZABRZU

***KATEDRA I ZAKŁAD PATOMORFOLOGII KLINICZNEJ ŚLĄSKIEJ
AKADEMII MEDYCZNEJ W ZABRZU

****KATEDRA BIOMATERIAŁÓW AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ W
KRAKOWIE

*****KATEDRA HISTOLOGII I EMBRIOLOGII W ZABRZU, ŚLĄSKIEJ
AKADEMII MEDYCZNEJ W KATOWICACH

E-MAIL: WOJSCIER@MP.PL

[*Inżynieria Biomateriałów, 58-60,(2006),46-47*]

Wstęp

Leczeniem z wyboru w zwężeniach tchawicy jest resekcja uszkodzonego segmentu z rekonstrukcją typu „koniec do końca”. Operacje rekonstrukcyjne dużych ubytków tchawicy z zastosowaniem materiałów syntetycznych związane są wysokim odsetkiem niepowodzeń. Wynikają one z niezwykle skomplikowanej budowy tchawicy, dużym obciążeniem, jakim jest ona poddawana w czasie oddychania, ruchów głowy, kaszlu i kichania oraz faktu, iż proteza implantowana jest w środowisku kontaktującym się z jednej strony z organizmem a z drugiej ze środowiskiem zewnętrznym. Rekonstrukcje tchawicy związane są ryzykiem powikłanego i długiego gojenia. Odczyn zapalny przebiegający z powstaniem tkanek martwiczych staje się potencjalnym ogniskiem zwapnień. Wszczepienie biomateriału pracującego elastycznie może być dodatkowym czynnikiem sprzyjającym odkładaniu się soli wapnia - mineralizacji [2, 5]. Mineralizacja samego implantu jak i fragmentów tchawicy bezpośrednio do niego przylegających może być czynnikiem w poważnym stopniu upośledzającym jego funkcje. Mineralizacja prowadzi do powstawania nierówności i guzków w obrębie protezy, przyczyniając się do jej zdeformowania, usztywnienia a równocześnie gorszego funkcjonowania. Zjawisko odkładania się soli wapnia związane jest bezpośrednio z obecnością kolagenu, a w szczególności z jego specyficzną budową, sprzyjającą absorpcji kationów [4].

Celem pracy jest ocena wapnienia (mineralizacji) włókien węglowych implantu tchawicy w okresie obserwacji do 38 tygodni po jego wszczępieniu zwierzętom doświadczalnym.

Materiał i metodyka

Badania doświadczalne przeprowadzono na grupie 15 owiec, którym implantowano cylindryczny odcinek tchawicy długości 3 cm wykonany z włókien węglowych nasączonych żywicą polisulfonową (RYS.1).

W implancie wykorzystano różne formy włókien węglowych pod postacią włókniny, tkaniny i włókien w formie rovingu. Owce poddawano eutanazji po okresie obserwacji 1, 2, 3, 4, 6, 8, 24 i 38 tygodniach. Z fragmentów tchawicy i implantu wykonywano preparaty histologiczne, które oceniano pod kątem zmian patologicznych. Celem wykrycia soli wapnia w materiale histologicznym preparaty

MINERALIZATION OF TRACHEAL IMPLANT CARBON FIBERS AFTER 38 WEEKS OBSERVATION

WOJCIECH ŚCIERSKI*, JERZY NOŻYŃSKI**,
EWA ZEMBALA-NOŻYŃSKA***, GRZEGORZ NAMYSŁOWSKI*,
MARTA BŁAŻEWICZ****, STANISŁAW BŁAŻEWICZ****, JAN PILCH*,
KRZYSZTOF HELEWSKI*****

*DEPARTMENT OF OTORHINOLARYNGOLOGY, SILESIA MEDICAL
UNIVERSITY, ZABRZE,

**DEPARTMENT OF HISTOPATHOLOGY, SILESIA CENTER FOR HE-
ART DISEASES, ZABRZE,

***CHAIR AND DEPARTMENT OF CLINICAL PATHOMORPHOLOGY,
SILESIA MEDICAL UNIVERSITY, ZABRZE

****DEPARTMENT OF BIOMATERIALS, UNIVERSITY OF MINING AND
METALLURGY, CRACOW

*****DEPARTMENT OF HISTOLOGY AND EMBRYOLOGY, SILESIA
MEDICAL UNIVERSITY, ZABRZE

[*Engineering of Biomaterials, 58-60,(2006),46-47*]

Introduction

The treatment of choice in the tracheal stenosis is resection of lesion with “end to end” reconstruction. Tracheal reconstruction of large defect with synthetic material is connected with high risk of complications. These complications resulted from complex tracheal structure, high loading during breathing process, head moving, coughing and sneezing. Tracheal surgery is burdened with a risk of complicated and prolonged healing. An inflammatory reaction with necrosis became potential calcification foci. The implantation of the flexible biomaterial may promote an additional calcification factor [2,5]. The calcification process may reduce the bioprosthesis durability, diminishing its flexibility by calcium deposits. Deposits of calcium ions are directly connected with the structure of collagen that promotes absorption cations.

The aim of the study is an evaluation of carbon prosthesis calcification (mineralization), as well as tracheal wall during healing process after 6, 8, 24, 38 weeks implantation in experimental animals.

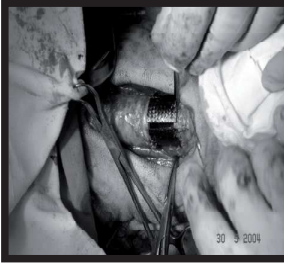
Material and methods

In the experimental studies 15 sheeps were implanted by cylindrical tracheal prosthesis 3 cm long made by carbon fibers and resin (FIG.1).

After 1,2,3,4,6,8,24 and 38 weeks, the animals were sacrificed and the trachea with implant fragments was diagnosed histologically. For the detection of calcium salts the alizarin red staining of histological slides was performed (reacting stochiometrically with calcium ions). The calcified atherosclerotic plaque sections served as the positive staining control. All sections were stained 10 min simultaneously (FIG.2).

Results and discussion

During the healing process inflammatory infiltration, focal necrosis was present. The formation of young granulation tissue was pronounced. No dehiscence of suture connecting an implant with trachea was observed in all cases. In the 3rd week, a proliferation of fibrous connective tissue with the decrease of inflammation, but persisting perivascular inflammatory infiltrations consisting mainly of plasmatic cells was noticed. Only small foci of necrotic tissue were seen at the distal edge of the implant. No damages or calcification of



RYS.1. Rekonstrukcja ubytku tchawicy o długości 3 cm protezą węglową.
FIG.1. Reconstruction of 3 cm long tracheal defect by carbon prosthesis.

dotychczas dodatkowo zabarwiono czerwienią alizarynową, reagującą stechiometrycznie z solami wapnia. Jako dodatkową kontrolę wykorzystano skrawki zwapniałej blaszki miażdżycowej. Wszystkie badane oraz kontrolne skrawki barwiono czerwienią alizarynową jednocześnie 10 minut (RYS.2).

Wyniki i ich omówienie

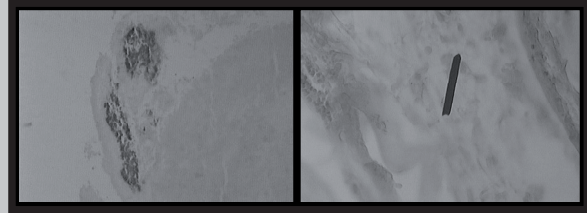
W trakcie przebiegu procesu gojenia obserwowano nacieki zapalne, obecność tkanek martwiczych na obrzeżach implantu oraz młodą tkankę ziarninową. Nie obserwowano uszkodzenia czy wapnienia chrząstek tchawicy. W tygodniu trzecim stwierdzono rozrost tkanki łącznej włóknistej, zmniejszenie się nacieku zapalnego, lecz utrzymywanie się okolonaczyniowych nacieków zawierających komórki plazmatyczne. Chrząstki tchawicy pozostawały niezmienione przez cały okres obserwacji aż do 38 tygodnia nie wykazując uszkodzenia czy zwapnienia.

Włókna węglowe widoczne były w preparatach w postaci jednorodnie czarnych pasm. Nie wykazano złogów soli wapnia tak w sąsiadujących tkankach jak również na powierzchni włókien badanego biomateriału we wszystkich okresach poimplantacyjnych. Również tkanka martwicza nie ujawniała ognisk zwapnień (RYS.3).

Zjawisko mineralizacji (uwapnienia) biomateriału występuje szczególnie często w układzie krwionośnym i moczowym. Zależy ono od koncentracji jonów wapnia i właściwości samego biomateriału. Jest zjawiskiem niekorzystnym i polega na odkładaniu się w obrębie biomateriału jonów wapnia. Badania mineralizacji wszczepionych zastawek serca wykazały, że proces ten rozpoczyna się w punkcie zginania i ułatwia adhezję m. in. bakterii. Powszechnie stosowane w medycynie biomateriały, takie jak silikon, poliuretan, hydrożele i dakron ulegają mineralizacji [3]. Przeprowadzone przez nas badania nie wykazały tendencji do mineralizacji protezy tchawicy wykonanej z włókien węglowych. Brak mineralizacji włókien węglowych może wynikać z ich odpowiednich właściwości elektrycznych. Analiza procesów wapnienia wykazała, że podczas zgięć włókna kolagenowe jak i materiał plastyczny, poliuretan uzyskują ładunek elektrostatyczny, a proces ten nasila się wraz z fragmentacją włókien, zaś w miejscu zaburzonym elektrostatycznie zachodzi wapnienie [1]. Dobre przewodnictwo elektryczne węgla może zapobiegać gromadzeniu ładunku elektrostatycznego, zapobiegając wapnieniu nie tylko na powierzchni biomateriału, lecz także w tkankach otaczających, ponadto brak immunogenności zapobiega miejscowej reakcji zapalnej.

Piśmiennictwo

- [1] Bernacca GM., Mackay TG., Wilkinson R., Wheatley DJ.: Calcification and fatigue failure in a polyurethane heart valve. *Biomaterials* 1995; 16: 279-85.
[2] Bruck SD.: Possible causes of the calcification of glutaraldehyde-treated tissue heart valves and blood contracting elastomers during prolonged use in medical devices: a physico-chemical review. *Biomaterials* 1981; 2:14-8.



RYS.2. Dodatnia kontrola z czerwienią alizarynową (zwapniała blaszka miażdżycowa).
FIG.2. Positive staining control - calcified atherosclerotic plaque sections.

RYS.3. Włókno węglowe w 38 tygodniu obserwacji bez cech wapnienia.
FIG.3. Carbon fiber without features of calcification in 38 observation.

the tracheal cartilages were observed during all observation periods up to 38 weeks.

Carbon fibers visible in preparations were uniformly black, calcium deposits were absent in all surrounding tissues, also at the surface of the biomaterial in all analyzed specimens from 1 to 38 weeks after implantation. The necrotic tissue also exhibited the lack of positive Ca^{++} reaction on all specimens (FIG.3).

Mineralization process of biomaterials occurs especially frequent within the urinary and vascular system. It depends on the calcium ions concentration and biomaterial's characteristics. Mineralization studies of cardiac valves showed that this process starts in the flexion point and facilitates adhesion of bacteria. Wide using in medicine biomaterials such as silicon, polyurethane and Dacron undergo calcification [3]. Our study showed lack of carbon implant mineralization in experimental animal model.

Moreover, the lack of the calcification in the surrounding tissue as in the bioprosthesis may suggest two significant positives of carbon biomaterials. In variety of conditioned animal and human tissues the calcifications occupies the interstitial – interfibre space. The diminution of the space by means of preparative methods reduces this potentially nociceptive compartment. The electrical properties of the carbon fiber should also be taken on account. The analysis of the calcification processes showed, that during flexions collagen fibers and plastic material, polyurethane is loaded electrostatically, and this process intensifies with the fiber degradation, and in electrostatically disturbed site the calcification occurs [1]. Good electric conductivity of carbon may prevent the accumulation of electrostatic charge, preventing the calcification not only at the biomaterial surface, but also in the surrounding tissues, additionally the lack of the immunogenity prevents the focal inflammatory reaction.

Acknowledgements

Special thanks for Cardiosurgery Foundation in Zabrze for all help in laboratory investigations.

References

- [3] Paduch D.A., Niedzielski J.: Materiały biomedyczne: Część I: Pojęcie filmu biologicznego (biofilmu) i fizykochemiczne podstawy przyczepności substancji organicznych do biomateriałów. *Chir. Pol.* 2005, 7, 3, 180-191.
[4] Pawlikowski M., Pfitzner R.: Mineralizacja zastawek serca. *Folia Med. Cracov* 1992; 33:3-24.
[5] Thubrikar MJ, Aouad J, Nolan SP.: Role of mechanical stress in calcification of aortic bioprosthetic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983; 86:115-25.