

Specjalne podziękowania dla Fundacji Rozwoju Kardiologii w Zabrze za wszelką pomoc udzieloną w czasie powstawania tej pracy.

ZACHOWANIE SIĘ WYMIARÓW GEOMETRYCZNYCH WŁÓKIEN WĘGLOWYCH W 38 TYGODNIOWYM OKRESIE OBSERWACJI PO WSZCZEPIENIU W TCHAWICĘ

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

*KATEDRA I ODDZIAŁ KLINICZNY LARYNGOLOGII
ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W ZABRZU
**PRACOWNIA HISTOPATOLOGII,
ŚLĄSKIE CENTRUM CHOROÓB SERCA W ZABRZU
***KATEDRA I ZAKŁAD PATOMORFOLOGII KLINICZNEJ
ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W ZABRZU
****KATEDRA BIOMATERIAŁÓW AGH W KRAKOWIE
*****KATEDRA HISTOLOGII I EMBRIOLOGII W ZABRZU,
ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W KATOWICACH
E-MAIL: WOJSCIER@MP.PL

[*Inżynieria Biomateriałów, 58-60,(2006),48-51*]

Wstęp

Procesem biodegradacji określane są wszelkie zmiany o charakterze chemicznym lub fizycznym powstające materiale implantacyjnym w wyniku umieszczenia go w środowisku biologicznym. Ocena degradacji włókien węglowych jest zagadnieniem skomplikowanym i wymagającym szczególnych badań. Wynika to z natury samego węgla, który charakteryzuje się dużym powinowactwem do tlenu, ulega w żywym organizmie powolnym zmianom chemicznym, jest obdarzony ładunkiem i tworzy czasami otwartą sieć porów. Włókna węglowe różniące się mikrostrukturą powodują różną odpowiedź tkankową oraz w różnym stopniu ulegają degradacji. Włókna niskokarbonizowane (1100°C), charakteryzujące się słabo uporządkowaną strukturą (często określane jako węgiel amorficzny) i wykazują wysoką biogodność tkankową. Włókna te mogą stanowić podłoże do kierunkowego narastania tkanki łącznej [2]. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku włókien wysokokarbonizowanych (2700°C), które są materiałem o wysokim stopniu uporządkowania struktury (węgiel grafitowy), posiadającym zdecydowanie mniejszą biogodność. Parametry chemiczne i fizyczne tego typu węgla nie ulegają zmianie w wyniku oddziaływania ze środowiskiem biologicznym. Włókna te mogą ulegać jedynie fragmentacji, w wyniku której do środowiska tkankowego dostawać się mogą drobne cząstki węgla ulegające fagocytozie. Stopień uporządkowania struktury węglowej jest więc parametrem decydującym o charakterze odpowiedzi na włókna węglowe [3].

Celem pracy była ocena morfometrycznych wymiarów geometrycznych opisujących włókna węglowe w różnych okresach obserwacji implantu węglowego.

GEOMETRICAL PARAMETERS OF TRACHEAL IMPLANT CARBON FIBERS IN 38 WEEKS OF OBSERVATION

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

*DEPARTMENT OF OTORHINOLARYNGOLOGY,
SILESIA MEDICAL UNIVERSITY, ZABRZE,
**DEPARTMENT OF HISTOPATHOLOGY,
SILESIA CENTER FOR HEART DISEASES, ZABRZE,
***CHAIR AND DEPARTMENT OF CLINICAL PATHOMORPHOLOGY,
SILESIA MEDICAL UNIVERSITY, ZABRZE
****DEPARTMENT OF BIOMATERIALS, AGH-UST, CRACOW
*****DEPARTMENT OF HISTOLOGY AND EMBRYOLOGY,
SILESIA MEDICAL UNIVERSITY, ZABRZE
E-MAIL: WOJSCIER@MP.PL

[*Engineering of Biomaterials, 58-60,(2006),48-51*]

Introduction

Biodegradation is all the chemical and physical processes originate in the synthetic material after it's implantation in the biological environment. The estimation of carbon fibers degradation is a difficult problem. It results from the carbon nature – big oxygen affinity, charge possession and ability to creating porous net. The carbon fibers differing of their microstructure cause different tissues response and in different way undergo degradation process. Lowcarboned fibers (1100°C), characterized by low structure settlement have high degradation ability. Highcarboned fibers (2700°C), with high degree of structure settlement undergo very low biodegradation process. These kinds of fibers could only suffer fragmentation. This fragmentation results in production of carbon particle undergo afterwards phagocytosis. The degree of settlement decides therefore about the degradation of carbon fibers in the biological environment.

The aim of our study was to evaluate the geometrical parameters describing carbon fibers of tracheal implant in different periods of observation.

Material and methods

The geometrical parameters of carbon fibres implanted in the trachea of experimental animals (sheep) as a 3 cm long prosthesis were assessed. The tracheal implant was built from the composite material. Tracheal implant was constructed with one layer of carbon tissue and five layers of carbon felts as well as 5 carbon fibres rings. Carbon fibres in the form of unwoven fabric and woven fabrics were immersed in liquid resin solution followed by drying process to remove the solvent. After 1, 2, 3, 4, 6, 8, 24 and 38 weeks, the animals were sacrificed and the trachea with

Grupa tygodnień	Liczba pomiarów	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Kwartyl dolny	Kwartyl górny	Odchylenie standardowe
Group week	Number of measure	Mean	Median	Minimum	Maximum	25 perc lower	75 perc upper	Standard deviation
1	629	5.6106	3.846	0.769	30.769	1.538	7.563	5.4218
2	897	5.7164	3.077	0.769	36.154	1.538	7.692	5.9364
3	2045	5.7400	4.615	0.769	30	1.538	8.462	4.5419
4	416	7.4204	5.385	0.769	38.462	1.538	8.462	7.6213
6	975	4.2673	2.308	0.769	29.231	1.538	5.385	4.9457
8	658	5.8416	3.077	0.769	37.692	2.308	8.462	5.7543
24	489	8.1138	6.923	0.769	44.615	2.308	9.231	8.7690
38	1239	4.9480	2.308	0.769	35.385	1.538	6.923	5.1466

TABELA I. Wymiar najkrótszy włókien węglowych implantu wszczepionego w ścianę tchawicy.
TABLE I. The breath of carbon fibres implanted in the trachea.

Grupa tygodnień	Liczba pomiarów	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Kwartyl dolny	Kwartyl górny	Odchylenie standardowe
Group week	Number of measure	Mean	Median	Minimum	Maximum	25 perc lower	75 perc upper	Standard deviation
1	629	3.385973	2.941	0.42	16.154	1.261	5.042	2.7567
2	897	3.401792	2.308	0.769	15.385	1.538	5.385	2.6450
3	2045	3.836686	3.077	0.769	14.615	1.538	6.154	2.3098
4	416	3.927421	3.846	0.769	22.308	1.538	5.385	2.8292
6	975	2.628596	1.538	0.769	20.769	1.538	3.077	2.3690
8	658	4.613555	3.2312	1.0766	16.1532	2.1532	7.539	3.1866
24	489	4.108785	4.615	0.769	8.462	1.538	6.154	2.3453
38	1239	2.958797	1.538	0.769	11.538	1.538	4.615	2.3567

TABELA II. Obliczona szerokość włókien węglowych implantu wszczepionego w ścianę tchawicy.
TABLE II. The curve length of carbon fibres implanted in the trachea.

Materiał i metodyka

W celu zbadania morfometrycznych wymiarów geometrycznych włókien węglowych, które mogą być miernikiem ich degradacji oceniono cylindryczne implanty tchawicy wykonane z materiału kompozytowego, które wszczepiono zwierzętom doświadczalnym (owcom). Materiał kompozytowy zbudowany był z jednej warstwy włókniny węglowej, pięciu warstw tkaniny węglowej oraz pięciu pierścieni wykonanych z włókien węglowych, które stanowiły wzmocnienie implantu. Wszystkie elementy nasyczone były

the implanted carbon fragment were routinely histologically processed for further microscopically image analysis with Quantimet Leica. This analysis included: 1. the breadth responding to the shortest diameter of carbon fibres, 2. curve length of carbon fibres, 3. fullness factor. The results were analyzed statistically.

Results and discussion

The results of measurement of breath, curve length and fullness factor showed in the TABLES: I, II and III.

Grupa tygodnień	Liczba pomiarów	Średnia	Mediana	Minimum	Maksimum	Kwartyl dolny	Kwartyl górny	Odchylenie standardowe
Group week	Number of measure	Mean	Median	Minimum	Maximum	25 perc lower	75 perc upper	Standard deviation
1	629	0.907684	0.915	0.304	1.371	0.802	1.019	0.1736
2	897	0.917759	0.945	0.248	1.371	0.802	1.075	0.2126
3	2045	0.853851	0.915	0.278	1.371	0.643	1.04	0.2394
4	416	0.933647	0.934	0.471	1.371	0.8065	1.0505	0.1721
6	975	0.998484	1.021	0.444	1.371	0.883	1.139	0.1746
8	658	0.926375	0.950	0.444	1.225	0.806	1.047	0.1579
24	489	0.851924	0.875	0.397	1.25	0.678	1.009	0.2028
38	1239	0.948558	0.962	0.359	1.371	0.825	1.09	0.1846

TABELA III. Współczynnik wypełnienia włókien węglowych implantu wszczepionego w ścianę tchawicy.
TABLE III. Fullness factor of carbon fibres implanted in the trachea.

żywicą polisulfonową. Po uśmierceniu zwierząt w 1, 2, 3, 4, 6, 8, 24 i 38 tygodniu z materiału tkankowego wykonywano preparaty obejmujące zarówno fragment implantu jak i tchawicy. Tak przygotowane preparaty histologiczne oceniano pod powiększeniem mikroskopowym 500x przy użyciu systemu analizy obrazu Quantimet Color Option Leica®. Detekcję włókien węglowych prowadzono wykorzystując funkcję „Auto-detect” uwidaczniającą jedynie najbardziej zróżnicowane elementy obrazu. Dokonano oceny wymiaru najkrótszego, obliczonej szerokości oraz współczynnika wypełnienia włókien węglowych. Wymiarem najkrótszym jest wielkość odpowiadająca najmniejszej odległości pomiędzy zewnętrznymi obrysami włókna węglowego. Nie odpowiada ona idealnie jego szerokości. Przy współistnieniu obustronnych wgłębień wartość ta wydaje się być zaniżana. Obliczona szerokość jest wielkością automatycznie liczoną przez program analizy obrazu (wielkością kalkulacyjną a nie bezpośrednią), która posiada szczególną użyteczność w pomiarach włókien i pasm. Odpowiada ona szerokości prostokąta o polu powierzchni oraz obwodzie mierzonego włókna węglowego. Wartość ta opisuje średnią szerokość włókna bez obciążania wyniku pomiarami wgłębień i wypukłości czy innymi nieregularnościami obrazu. Współczynnik wypełnienia (zwany również wypełnieniem) jest wartością bezwymiarową - współczynnikiem kształtu, który opisuje nieregularności obwodu (wypukłości i wgłębienia). W przypadku braku wypukłości i wgłębień współczynnik ten wynosi 1. Odpowiada on wartości pierwiastka ze stosunku pola powierzchni do pola wypukłego. Pole wypukłe to pole wielokąta opisanego na badanym obiekcie (włóknie węglowym) poprzez linie styczne do jego boków. W przypadku obiektu z zagłębieniami ku środkowi pole wypukłe jest większe od pola powierzchni.

Wyniki i ich omówienie

W TABELACH I, II i III podano wyniki wymiaru najkrótszego, obliczonej szerokości i współczynnika wypełnienia włókien węglowych.

Wahania wielkości przeciętnej, mediany wymiaru najkrótszego w pierwszych dwóch tygodniach były nieznamienne. Wymiar najkrótszy włókien węglowych, wynoszący w 1 tygodniu po implantacji przeciętnie 3.8 µm wykazywał w tygodniu drugim nieznamienne spadki do przeciętnej 3.08 µm. W kolejnych dwóch tygodniach następował natomiast wzrost tej wartości, i tak w trzecim tygodniu osiągał 4.62 µm, a w tygodniu czwartym 5.39 µm. W tygodniu szóstym zaznaczał się znamienne spadki wartości przeciętnej do 2.308 µm z następowym stopniowym lecz znamienym wzrostem wartości aż do 6.92 µm w 24 tygodniu po implantacji. Ostatni okres obserwacyjny, 38 tydzień ponownie wykazywał spadki tej wartości. Porównanie wielkości obserwowanej w pierwszym tygodniu po implantacji z wielkością 38 tygodnia wskazuje na znamienne spadki przeciętnej wartości najkrótszego o blisko 1.55 µm, czyli 40% wielkości początkowej. Także analiza korelacji wymiaru najkrótszego z czasem obserwacji wskazywała na znamienne, lecz słabą tendencję spadkową (R Spearmana - 0.036; p<0,001).

Obliczona szerokość włókien węglowych wykazywała podobne zmiany: nieznamienne spadki w drugim tygodniu po implantacji, znamienne wzrost w trzecim i dalszy już nieznamienne wzrost w czwartym tygodniu, po czym obserwowano znamienne spadki w tygodniu szóstym ze wzrostem w 8 i 24 tygodniu i ostatecznie ze znamienym spadkiem. Porównanie pierwszego i 38 tygodnia wskazywały na znamienne spadki obliczonej szerokości z przeciętnej 2.94 µm do 1.54 µm, czyli o 48%. Analiza korelacji z czasem obserwacji także wykazała znamienne, lecz słabą tendencję spadkową (R Spearmana - 0.033; p<0,004).

The changes of breath median values in the first weeks were insignificant. Breath of carbon fibres in 1 week was 3.8 µm and decreased insignificantly in the 2 week to 3.08 µm. In the next weeks this parameter increased to 5.39 µm in 4 week. In 6 week significant decreasing was observed to the value of 2.308 µm and then increasing to 6.92 µm in 24 weeks of observation. In the last observation period 38 weeks after surgery we noticed significant decrease about 1.55 µm (40 % of initial value). The correlation analysis of breath parameter showed significant but weak tendency of decreasing (R Spearman value - 0.036, p< 0.001).

The measurements changing of curve length of carbon fibres were similar to those observed in breath. The comparison between 1 and 38 weeks showed significant decreasing from value 2.94 µm to 1.54 µm (48% of initial value). Analysis of correlation with observation time showed significant, but weak tendency to decreasing (R Spearman - 0.033, p<0.004). Similar results were stated in other publications [1,4,5]. Fullness factor showed similar to results observed in studies Dąbrówka and Zembala periodical changes of values - alternately increasing and decreasing [1,5].

Our results showed that carbon fibers undergo degradation, described finally as decreasing of the breath.

Piśmiennictwo

References

- [1] Dąbrówka K., Zembala-Nożyńska E., Nożyński J., Błażewicz S.: Statystyczna analiza morfometryczna wartości geometrycznych włókien węglowych podczas procesu biodegradacji nici węglowych wszczepionych królikom w tkanki okołozuchwowe. Inżynieria Biomateriałów 2002, 21, 15-21.
- [2] Kuś W.M., Górecki A., Strzelczyk P., Świąder P.: Carbon fiber scaffolds in the treatment of cartilage lesions. Ann Transplant 1999, 4, 3-4, 101-102.
- [3] Nałęcz M. (red.): Biocybernetyka i inżynieria biomedyczna 2000. Tom 4 Biomateriały. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2003.
- [4] Ścierański W., Lange D., Nożyński J., Zembala-Nożyńska E., Namysłowski G., Błażewicz M., Pilch J., Bajor G.: Morfometryczna analiza wczesnego okresu biodegradacji implantów włókniny węglowej wszczepionych w ścianę tchawicy. Inżynieria Biomateriałów 2003, 30-33, 17-19.
- [5] Zembala-Nożyńska E., Nożyński J., Sabat D., Dąbrówka K., Cieślak T., Szczurek Z.: Statystyczna analiza parametrów geometrycznych włókien węglowych użytych do wypełnienia ubytków tkanki kostnej królików. Inżynieria Biomateriałów 2002, 20, 21-29.