

OCENA MORFOMETRYCZNA PROCESU BIODEGRADACJI WŁÓKIEN WĘGLOWYCH KOMPOZYTÓW WĘGIEL-WĘGIEL W 22 TYGODNIOWYM OKRESIE OBSERWACJI

JERZY NOŻYŃSKI*, EWA ZEMBALA-NOŻYŃSKA**, GRZEGORZ BAJOR***, WOJCIECH ŚCIERSKI****, ADAM GRZYBOWSKI*, TOMASZ MĘCIK**

*ŚLĄSKIE CENTRUM CHOROŃ SERCA W ZABRZU

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

***KATEDRA I KLINIKA CHIRURGII DZIECIĘCEJ ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W KATOWICACH

****KATEDRA I KLINIKA OTOLARYNGOLOGII W ZABRZU ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W KATOWICACH

Wprowadzenie

Rozwój badań doświadczalnych i klinicznych w ortopedii i traumatologii dorosłych nad możliwościami stosowania nowych biomateriałów stworzył perspektywy także dla chirurgii dziecięcej. Pozytywne wyniki doświadczalne dotyczące implantów węglowych zachęcają do stosowania podobnych kompozytów ale o poprawionych właściwościach mechanicznych. Kompozyt węgiel-węgiel (CFRC-carbon fibre reinforced carbon), czyli kompozyt w osnowie węglowej wzmocniony włóknami węglowymi, wyróżnia się licznymi korzystnymi właściwościami fizycznymi i biogodnością. Nadane cechy umożliwiają pokonywanie barier materiałowych w wielu dziedzinach medycyny. Celem badania miało być morfometryczne scharakteryzowanie procesu biodegradacji implantowanego śródszpikowo sztyftu z kompozytu C-C.

Materiał i metodyka

Wykonano śródszpikowe wszczepienie królikom sztyftów będących implantami kompozytu włókna węglowego (C-C). Po 2, 4, 14, 18, 20 i 22 tygodniu zwierzęta usypiano, zaś z fragmentów kości i implantu wykonywano preparaty histologiczne, które analizowano wykorzystując system analizy obrazu Quantimet Leica. Oceniono morfometrycznie: 1. wymiar najkrótszy odpowiadający szerokości włókien węglowych, 2. obliczoną szerokość włókien węglowych, 3. współczynnik wypełnienia, 4. średni stopień szarości odzwierciedlający gęstość materiału - gęstość optyczną. Wyniki opracowano statystycznie.

Wyniki

Wyniki zestawiono w TAB. 1-4. Wymiar najkrótszy wykazywał początkowo nieistotny spadek wartości przeciętnej, po czym następował znamieny wzrost a następnie spadek wartości i w kolejnych okresach niezamienny wzrost. Podobnie zachowywała się obliczona szerokość włókien

THE MORPHOMETRIC EVALUATION OF BIODEGRADATION PROCESS OF THE FIBRES OF CARBON-CARBON COMPOSITE IN THE 22ND WEEK OF OBSERVATION

JERZY NOŻYŃSKI*, EWA ZEMBALA-NOŻYŃSKA**, GRZEGORZ BAJOR***, WOJCIECH ŚCIERSKI****, ADAM GRZYBOWSKI*, TOMASZ MĘCIK**

*SILESIA CENTER FOR HEART DISEASES, ZABRZE, POLAND,

**CHAIR AND DEPARTMENT OF PATHOMORPHOLOGY, SILESIA MEDICAL UNIVERSITY IN KATOWICE, ZABRZE, POLAND

***CHAIR AND CLINIC OF PEDIATRIC SURGERY, SILESIA MEDICAL UNIVERSITY IN KATOWICE, POLAND

****CHAIR AND DEPARTMENT OF OTORHINOLARYNGOLOGY, SILESIA MEDICAL UNIVERSITY IN KATOWICE, ZABRZE, POLAND

Introduction

Development of experimental and clinical studies in adult orthopedics and traumatology on the possibilities of applying new biomaterials created perspectives for pediatric surgery. Positive experimental results including carbon implants encourage to use similar composites with the improved mechanical properties. Carbon-carbon composite (CFRC-carbon fibre reinforced carbon), i.e. composite in a carbon wrap reinforced with carbon fibres, shows numerous advantageous physical properties and biocompatibility. These features enable to overcome material barriers in many branches of medicine. The aim of the study was to define morphometrically biodegradation process of the pin, made of C-C composite, implanted into bone.

Materials and methods

Implantation of pins into rabbit's bone marrow was performed. The pins were implants of carbon fibre composite (C-C). After 2, 4, 14, 18, 20 and 22 weeks the animals were sacrificed under general anaesthesia, then bone and implant fragments were routinely histologically processed for further microscopical 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 coefficient, 4. mean gray level reflecting density of the material - optic density. The results were analyzed statistically.

Results

The results are compared in TAB. 1-4. The breadth showed initially insignificant decrease of mean value, then significant increase and next decrease of value and in the subsequent periods insignificant increase. The curve width of carbon fibres behaved similarly. Fullness factor indicated a disclosure of the most distinct resorptive pits in the 14th and 22nd week of the implantation, however, fluctuations

Tydzień implantacji	Liczba	Mediana	Minimum	Maksimum	Kwartył dolny	Kwartył górny
Implantation week	Number	Median	Minimum	Maximum	Lower quartile	Upper quartile
Wymiar najkrótszy / Breadth						
22	128	3.462	0.385	75.385	0.769	8.270
20	124	2.308	0.385	42.308	0.769	5.769
18	463	1.538	0.385	83.461	0.769	5.769
14	197	2.308	0.385	50.000	1.154	7.308
4	256	1.538	0.385	64.231	0.769	4.231
2	1316	1.923	0.385	90.385	0.769	4.615
Obliczona szerokość / Curve width						
22	129	2.308	0.385	17.692	0.769	5.385
20	128	1.538	0.385	16.538	0.769	3.077
18	465	1.154	0.385	15.769	0.769	3.077
14	199	1.923	0.385	15.000	0.769	4.231
4	257	1.154	0.385	15.000	0.769	2.308
2	1317	1.538	0.385	29.231	0.769	2.692
Współczynnik wypełnienia / Fullness factor						
22	129	0.908	0.591	1.250	1.371	1.015
20	128	0.918	0.597	1.371	0.821	1.0595
18	465	0.933	0.565	1.371	0.831	1.062
14	199	0.926	0.593	1.371	0.838	1.029
4	257	0.950	0.542	1.371	0.857	1.059
2	1317	0.954	0.505	1.371	0.856	1.059
Średni stopień szarości / Mean grey level						
22	129	42.555	18.333	54.777	38.865	46.037
20	128	47.173	25.500	58.800	42.449	51.979
18	465	39.600	19.250	57.500	35.370	45.318
14	199	43.276	19.500	58.000	38.750	48.222
4	257	43.300	19.600	58.800	39.200	48.217
2	1317	44.551	21.062	62.000	40.130	50.071

TABELA 1. Charakterystyka morfometryczna procesu biodegradacji włókien węglowych kompozytów węgiel-węgiel.

TABLE 1. Morphometric characteristics of the biodegradation process of the fibres of carbon-carbon composite in subsequent weeks.

węglowych. Współczynnik wypełnienia wskazywał na ujawnianie się najwyraźniejszych wżerów resorpcyjnych w 14 i 22 tygodniu implantacji, aczkolwiek wahania nie były statystycznie. Gęstość optyczna ujawniała stopniowy spadek wartości przeciętnej w 18 tygodniu, po czym następował wyraźny jej wzrost i ostatecznie spadek. Analiza korelacji gęstości optycznej z parametrami morfometrycznymi wykazała istotną korelację ujemną z wymiarem najkrótszym oraz obliczoną szerokością włókien, najsilniejsze począwszy od 14 tygodnia obserwacji. Z kolei współczynnik wypełnienia ujawniał korelację dodatnią, najsilniejszą w 14 i 22 tygodniu. Korelacja mierzonych parametrów z czasem wskazywała na najsilniejszą i ujemną korelację z wymiarem najkrótszym, naj słabszą zaś z współczynnikiem wypełnienia.

Dyskusja

Biodegradacja kompozytów węgiel-węgiel wykazywała zbliżone do zaobserwowanych w poprzednich badaniach wahania wymiarów liniowych włókien kompozytu [1, 2, 3, 4, 5]. Włókna wykazywały spadek i wzrost wymiaru najkrót-

Porównywane tygodnie Compared weeks	Wartość Value			
	Wymiar najkrótszy Breadth	Obliczona szerokość Curve width	Współczynnik wypełnienia Fullness factor	Średni stopień szarości Mean grey level
2 tygodnie versus 4 tygodnie 2 nd week versus 4 th week	0.70	0.329	0.61	0.006
4 tygodnie versus 14 tygodni 4 th week versus 14 th week	0.0046	0.002	0.089	0.67
14 tygodni versus 18 tygodni 14 th week versus 18 th week	0.015	0.0056	0.33	0.000001
18 tygodni versus 20 tygodni 18 th week versus 20 th week	0.39	0.26	0.46	0.000001
20 tygodni versus 22 tygodni 20 th week versus 22 nd week	0.086	0.071	0.52	0.000001

TABELA 2. Porównanie wartości morfometrycznych kompozytu węgiel-węgiel implantowanych śródkostnie królikom.

TABLE 2. The comparison of morphometric values of the fibres of carbon-carbon composite implanted into bones in rabbits.

were not statistically significant. Optical density showed gradual increase and finally, a decrease. Analysis of optical density correlation with morphometric parameters showed significant negative correlation with the shortest breadth and calculated fiber width, the strongest starting from the 14th week of observation. Then, fullness disclosed positive correlation, the strongest in the 14th and 22nd week. Correlation of the measured parameters, with the time, indicated the strongest and negative correlation with the breadth, the weakest with fullness.

Discussion

Carbon-carbon composite biodegradation showed similar fluctuations, noticed in the previous studies, to the linear breadths of composite fibres [1, 2, 3, 4, 5]. Fibres demonstrated a decrease and increase of both the breadth and the curve width with accompanying decrease of fullness factor. Mean grey level was falling till the 18th week, afterwards its clear increase and then decrease were observed. Therefore irregularities of the fiber circumference in the form of resorptive pits were being created constantly as well as eighteen-week concentration of fiber inner structure despite fluctuations in its width. Similar observations were made

Tydzień implantacji Week of implantation	Wartość Value					
	Wymiar najkrótszy Breadth		Obliczona szerokość Curve width		Współczynnik wypełnienia Fullness factor	
	Spearman R	p	Spearman R	p	Spearman R	p
2 tydzień 2 nd week	-0.008	0.75	0.012	0.65	0.003	0.90
4 tydzień 4 th week	-0.109	0.08	-0.117	0.65	0.08	0.18
14 tydzień 14 th week	-0.303	0.000001	-0.312	0.000001	0.256	0.0002
18 tydzień 18 th week	-0.307	0.00007	-0.233	0.000001	0.154	0.001
20 tydzień 20 th week	-0.246	0.005	-0.221	0.01	0.202	0.02
22 tygodnie 22 nd week	-0.293	0.001	-0.286	0.001	0.2776	0.001

TABELA 3. Korelacja średniego stopnia szarości z wartościami morfometrycznymi włókien kompozytu węgiel-węgiel implantowanych śródkostnie królikom.
TABLE 3. Correlation of the mean grey level with morphometric values of the fibres of carbon-carbon composite implanted into bones in rabbits.

szego jak również obliczonej szerokości z towarzyszącym postępującym spadkiem współczynnika wypełnienia. Średni stopień szarości malał aż do 18 tygodnia, po czym zaobserwowano wyraźny jego wzrost a następnie spadek. Dochodziło więc do stałego postępu w powstawaniu nieregularności obwodu włókien w postaci wżerów resorpcyjnych, oraz osiemnastotygodniowego zagęszczania struktury wewnętrznej włókien pomimo wahań ich szerokości. Podobne obserwacje poczyniono analizując biodegradację nici węglowej czy włókniny węglowej. [2,3,4,5]. Porównanie wartości geometrycznych włókien kompozytu C-C wskazuje na wartości, wynikające zapewne z uciskiem wrastającej w kompozyt kości i odmiennych biochemicznych warunków lokalnych

Wniosek

Proces biodegradacji włókien węglowych prowadzi do stopniowego spadku ich grubości, pojawiania się wżerów resorpcyjnych oraz naprzemiennego zagęszczania i rozluźniania ich struktury.

Wymiar najkrótszy Breadth		Obliczona szerokość Curvewidth		Współczynnik wypełnienia Fullness factor		Średni stopień szarości Mean grey level	
Spearman R	p	Spearman R	p	Spearman R	p	Spearman R	p
-0.164	10 ⁶	0.064	10 ³	0.045	0.02	-0.07	10 ³

TABELA 4. Korelacja czasu obserwacji z wartościami morfometrycznymi włókien kompozytu węgiel-węgiel implantowanych śródkostnie królikom.

TABLE 4. The correlation of the time of implantation with the morphometric values of the fibres of carbon-carbon composite implanted into bones in rabbits.

while analyzing carbon thread or carbon fibre biodegradation [2, 3, 4, 5]. Comparison of geometric values of C-C composite fibres indicates the values resulting from the constriction of a bone growing into composite and different biochemical local conditions.

Conclusion

Biodegradation process of carbon fibres leads to gradual decrease of their thickness; resorptive pits creation and alternating concentration and loosening of their structure.

Piśmiennictwo

References

- [1] Bajor G., Paszenda Z., Bohosiewicz J., Marciniak J.: "Badania kompozytu węglowego w mikroskopie skaningowym po wszczępieniu do tkanki kostnej zwierząt". Inżynieria Biomateriałów 1999; 7-8: 37-43.
- [2] Zembala-Nożyńska E., Nożyński J., Sabat D., Dąbrowka K., Cieślak T., Szczurek Z.: "Analiza średniego stopnia szarości w procesie biodegradacji włókien węglowych" Inżynieria Biomateriałów 2002; 20: 15-20.
- [3] Zembala-Nożyńska E., Nożyński J., Sabat D., Dąbrowka K., Cieślak T., Szczurek Z.: "Statystyczna analiza parametrów geometrycznych włókien węglowych użytych do wypełnień ubytków tkanki kostnej" Inżynieria Biomateriałów 2002; 20: 21-29.
- [4] Dąbrowka K., Zembala-Nożyńska E., Nożyński J.K., Cieślak T.: "Zachowanie się wartości geometrycznych nici węglowej w procesie biodegradacji" Inżynieria Biomateriałów, 2002; 21: 15-22.
- [5] Dąbrowka K., Nożyński J., Zembala-Nożyńska E., Błażewicz S.: Średni stopień szarości - obiektywny parametr biodegradacji włókien węglowych. Inżynieria Biomateriałów (2001), 13, 3-8.