

MORFOMETRYCZNA ANALIZA WCZESNEGO OKRESU BIODEGRADACJI IMPLANTÓW WŁÓKNINY WĘGLOWEJ WSZCZEPIONYCH W ŚCIANĘ TCHAWICY

WOJCIECH ŚCIERSKI*, DARIUSZ LANGE**, JERZY NOŻYŃSKI***,
EWA ZEMBALA-NOŻYŃSKA****, GRZEGORZ NAMYSŁOWSKI*,
MARTA BŁAŻEWICZ*****, JAN PILCH*****,
GRZEGORZ BAJOR*****

*KATEDRA I KLINIKA LARYNGOLOGII
ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W ZABRZU
**ZAKŁAD PATOLOGII INSTYTUTU ONKOLOGII, GLIWICE
***ŚLĄSKIE CENTRUM CHOROÓB SERCA W ZABRZU
****KATEDRA I ZAKŁAD PATOMORFOLOGII W ZABRZU
ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W KATOWICACH
*****WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I CERAMIKI
AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ W KRAKOWIE
*****ZAKŁAD ANATOMII PRAWIDŁOWEJ,
AKADEMIA WYCHOWANIA FIZYCZNEGO W KATOWICACH
*****KATEDRA I KLINIKA CHIRURGII DZIECIĘCEJ
ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W KATOWICACH

Wprowadzenie

Zwężenia tchawicy są poważnym problemem klinicznym, do którego może dochodzić w wyniku bądź schorzenia pierwotnego górnych dróg oddechowych lub też powikłań długotrwałej intensywnej terapii oddechowej. Jedną z metod leczenia wydaje się być poszerzenie światła tchawicy poprzez wszczępienie obojętnego biologicznie biomateriału poprawiającego warunki oddechowe. Biozgodny implant powinien ułatwiać zagojenie się ubytku tkankowego, ostatecznie ulegając bądź biodegradacji z wypełnieniem ubytku tkanką biokompatybilną, bądź też skutecznie proteżować fragment ściany tchawicy. Celem pracy jest ocena morfometryczna biodegradacji implantu węglowego wszczępionego w ścianę tchawicy zwierząt doświadczalnych, baranów i owiec we wczesnym okresie gojenia.

Materiał i metodyka

Zwierzętom doświadczalnym, wolnym od schorzeń wszczępiano w znieczuleniu ogólnym włókninę węglową w postaci łaty w miejsce po usunięciu fragmentu tchawicy obejmującego około 70% jej obwodu z pozostawieniem fragmentów chrząstek oraz całej części błoniastej. Po 1, 2, 3 tygodniu zwierzęta poddawano eutanazji, zaś z fragmentów tchawicy 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.

MORPHOMETRIC BIODEGRADATION ANALYSIS OF EARLY PERIOD OF CARBON FIBRE IMPLANTS INSERTED INTO TRACHEA WALL

WOJCIECH ŚCIERSKI*, DARIUSZ LANGE**, JERZY NOŻYŃSKI***,
EWA ZEMBALA-NOŻYŃSKA****, GRZEGORZ NAMYSŁOWSKI*,
MARTA BŁAŻEWICZ*****, JAN PILCH*****,
GRZEGORZ BAJOR*****

*CHAIR AND DEPARTMENT OF OTORHINOLARYNGOLOGY,
SILESIA MEDICAL UNIVERSITY IN ZABRZE,
**DEPARTMENT OF PATHOLOGY, INSTITUTE OF ONCOLOGY,
GLIWICE
***SILESIA CENTER FOR HEART DISEASES, ZABRZE, POLAND,
****CHAIR AND DEPARTMENT OF PATHOMORPHOLOGY, SILESIA
MEDICAL UNIVERSITY IN KATOWICE, ZABRZE, POLAND
*****DEPARTMENT OF ADVANCED CERAMICS,
UNIVERSITY OF MINING AND METALLURGY, CRACOW, POLAND

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

Introduction

Tracheal strictures are a serious clinical problem, which can be a result of primary upper airways disease or of complications after long-term intensive respiratory therapy. One of the most often applied treatment methods seems to be trachea lumen dilatation through implantation of biologically neutral biomaterial improving respiratory conditions. Biocompatible implant should enhance healing of tissue defect, finally biodegrading while filling the defect with biocompatible tissue or creating an effective prosthesis of a part of trachea wall.

The aim of the study is morphometric evaluation of carbon implant inserted into trachea wall of the experiment animals, rams and sheep, in the early healing period.

Material and method

Healthy experimental animals (sheeps), under general anesthesia, were proceed under surgical procedure. After the removal of circa 70% of trachea circumference sparing the whole membranous part and fragments of tracheal cartilages the carbon cloth patch was implanted and sutured. After 1, 2, 3, weeks, the animals were sacrificed under general anaesthesia and the trachea with the implanted carbon cloth fragment 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.

tydzień implantacji	Liczba.	Mediana	Minimum	Maksimum	Kwartył dolny	Kwartył górny
Implantation week	Number	Median	Minimum	Maximum	Lower quartile	Upper quartile
Wymiar najkrótszy / Breadth						
1	744	3,782	0,420	58,403	1,538	7,353
2	1320	3,846	0,420	117,692	1,538	9,231
3	2841	4,615	0,420	238,460	1,538	8,462
Obliczona szerokość / Curve width						
1	744	2,521	0,420	16,540	1,261	4,622
2	1320	3,077	0,400	15,385	1,538	6,154
3	2841	3,077	0,400	14,615	1,538	6,154
Współczynnik wypełnienia / Fullness factor						
1	744	0,926	0,304	1,371	0,816	1,041
2	1320	0,919	0,248	1,371	0,733	1,063
3	2841	0,908	0,248	1,371	0,626	1,038
Średni stopień szarości / Mean grey level						
1	744	42,521	0,000	240,071	32,093	88,433
2	1320	33,960	6,416	136,500	27,021	122,500
3	2841	29,867	0,000	238,714	22,543	97,861

TABELA 1. Charakterystyka morfometryczna procesu biodegradacji włókien włókniny węglowej wszczepionych w ścianę tchawicy.
TABLE 1. Morphometric characteristics of the biodegradation process of the fibres in carbon cloth implanted into the tracheal wall.

Porównywane tygodnie	Wartość			
	Value			
Compared weeks	Wymiar najkrótszy Breadth	Obliczona szerokość Curve width	Współczynnik wypełnienia Fullness factor	Średni stopień szarości Mean grey level
1 tydzień versus 2 tydzień 1 st week versus 2 nd week	0,0004	0,0001	0,0253	0,0000001
2 tydzień versus 3 tydzień 2 nd week versus 3 rd week	0,15	0,005	0,00006	0,0000001

TABELA 2. Porównanie wartości morfometrycznych włókien włókniny węglowej wszczepionych w ścianę tchawicy.
TABLE 2. The comparison of morphometric values of the fibres of carbon cloth implanted into the tracheal wall.

Wymiar najkrótszy Breadth		Obliczona szerokość Curve width		Współczynnik wypełnienia Fullness factor		Średni stopień szarości Mean grey level	
Spearman R	p	Spearman R	p	Spearman R	p	Spearman R	p
0,668	0,000003	0,092	0,0000001	-0,090	0,0000001	-0,214	0,0000001

TABELA 3. Korelacja czasu obserwacji z wartościami morfometrycznymi włókien włókniny węglowej wszczepionych w ścianę tchawicy.
TABLE 3. The correlation of the time of implantation with the morphometric values of the fibres of carbon cloth implanted into the tracheal wall.

Wyniki

Wyniki zestawiono w TAB. 1, zaś wzajemne porównania grup w TAB. 2. Ponadto oceniono korelację parametrów morfometrycznych z czasem obserwacji (TAB. 3).

Wymiar najkrótszy wykazywał istotny wzrost wartości przeciętnej pomimo nieznacznych różnic wartości mediany. Podobnie zachowywała się obliczona szerokość włókien węglowych. Współczynnik wypełnienia istotnie spadał, wskazując na najwyraźniejsze wżery resorpcyjne w 3 tygodniu implantacji. Średni stopień szarości ujawniał postępującą i znamienne spadki wartości przeciętnej. Analiza korelacji wskazywała na najsilniejszą korelację wymiaru najkrótszego z czasem implantacji włókniny węglowej.

Results

Results are compared in TAB. 1, whole the groups are contrasted in TAB. 2. Moreover, a correlation of morphometric parameters with observation time was also evaluated (TAB. 3).

The breadth showed significant increase of mean value despite slight differences in median. The curve length of carbon fibres behaved similarly. The fullness factor decreased significantly showing distinctive resorptive pits in the 3rd week of the implantation. Mean grey level disclose a progressive and significant decrease of mean value. Correlation analysis showed the strongest correlation of the shortest breadth with the time of carbon fibre implantation.

Włóknina węglowa implantowana w ścianę tchawicy poddana jest działaniu sił rozciągających, wpływowi wolnych rodników powstających w wyniku procesu zapalnego, działaniu enzymów gojącej się lub rozpadającej tkanki. Wynikiem tego działania jest proces biodegradacji, zachodzący jednakże nieco odmiennie niż w przypadku innych materiałów węglowych poddanych podobnym działaniom. Porównanie z nicią węglową wskazuje na nieco odmienny charakter wczesnej biodegradacji, o ile w przypadku nici wymiary poprzeczne zmniejszyły swoją wartość, to w przypadku implantu tchawiczego dochodzi do poszerzenia się włókien węglowych [1]. Towarzyszy temu spadek a nie wzrost współczynnika wypełnienia, co sugeruje obrzmienie włókien węglowych z występowaniem liczniejszych lecz płytszych wżerów resorpcyjnych. Postępujący spadek gęstości optycznej wskazuje na zagęszczenie struktury włókien [2]. Powyższe wyniki mogą wskazywać na wczesne przemiany struktury włókien polegając na skróceniu ich długości przy towarzyszącym poszerzeniu wymiarów poprzecznych, skutkiem czego dochodzić będzie do zmniejszenia wżerów resorpcyjnych i kondensacji struktury. Tłumaczy to także najsilniejsza i dodatnia korelacja czasu biodegradacji z wymiarem najkrótszym włókien węglowych. Nie jest jednak możliwe ocenienie długości włókien węglowych, gdyż podczas sporządzania preparatów histologicznych ulegają one przecięciu. Powyższe zjawisko może odzwierciedlać się w dyskretnym obkurczeniu biomateriału implantowanego w ścianę tchawicy, jak również we wzroście wytrzymałości mechanicznej włókniny.

Wniosek

Wczesny okres biodegradacji włókniny węglowej implantowanej w ścianę tchawicy przejawia się spęcznieniem i zagęszczeniem struktury włókien węglowych. Zjawisko to może prowadzić do wzrostu jej wytrzymałości lub i nieznacznego skurczenia biomateriału.

Carbon fibre implanted into trachea wall is exposed to strong stretching and to the influence of free radicals arising due to inflammatory process, enzyme reactions of healing or disintegrating tissue. A result of these reactions is biodegradation process, however is slightly different from the cases of other carbon materials exposed to similar processes. The comparison with carbon thread indicates slightly dissimilar character of early biodegradation; when the transverse breadth of threads was decreasing, the carbon fibres in trachea implant got widened [1]. It is accompanied by a decrease, not an increase of filling coefficient, which is suggested by carbon fibre swelling with the occurrence of more numerous, however shallower resorptive pits. Progressive fall of optical density indicates a thickening of fibre structure including shortening their length with the accompanying widening of transverse breadth. Therefore, resorptive pits and structure condensation will grow smaller. It can also be explained by the strongest positive correlation of biodegradation time with the shortest breadth of carbon fibres. However, it is not possible to evaluate length of carbon fibres since while making preparations they got cut. The above-mentioned phenomenon can be reflected in slight shrinking of the implanted material into trachea wall, as well as in an increase of the fibre mechanical durability.

Conclusion

Early biodegradation period of carbon fibre implanted into trachea wall is demonstrated by swelling and thickening of carbon fibre structure. This phenomenon can lead to an increase of its durability or/and slight shrinking of the biomaterial.

Piśmiennictwo

References

- [1] 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.
- [2] Dąbrowka K., Nożyński J., Zembala-Nożyńska E., Błażewicz S.: Średni stopień szarości - obiektywny parametr biodegradacji włókien węglowych. *Inżynieria Biomateriałów* (2001), 13, 3-8.