

BIOMORFOZA BLIZNY PO IMPLANTACJI NICI WĘGLOWEJ

KRZYSZTOF DĄBRÓWKA*, EWA ZEMBALA - NOŻYŃSKA*, JERZY
NOŻYŃSKI**, STANISŁAW BŁAŻEWICZ***, ZBIGNIEW SZCZUREK*

* KATEDRA I ZAKŁAD PATOMORFOLOGII

ŚLĄSKA AKADEMIA MEDYCZNA, ZABRZE

** ŚLĄSKIE CENTRUM CHOROŚ SERCA, ZABRZE

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

Streszczenie

Celem pracy była ocena powstawania blizny w tkankach podśluzówkowych po implantacji nici węglowej. Nic węglową będącą szwem chirurgicznym implantowano królikom w okolicę podśluzówkowa żuchwy. Badanie histopatologiczne tkanek okolicy implantacji przeprowadzono w I, II, III, IV, VI, VIII, XII i XVI tygodniu. We wczesnym tygodniu pozabiegowym stwierdzano obecność mieszanego nacieku zapalnego, zanikającego w II tygodniu. Następnie obserwowano cechy zapalenia przewlekłego z cechami resorpcji (skąpe nacieki limfocytarne i limfoplazmocytarne, makrofagi). Powstawanie blizny łącznotkankowej zauważano w II tygodniu po zabiegu, równoległe z wytwarzaniem skołagenizowanej łącznotkankowej torebki wokół włókien węglowych. Torebka łącznotkankowa grubiała na skutek zwiększenia ilości luźnych włókien kolagenu. Kolejnym etapem przebudowy blizny była waskularyzacja torebki łącznotkankowej. Począwszy od IV tygodnia następowało stopniowe przegrupowywanie układu włókien łącznotkankowych tworzących grube równoległe układy pasm blisko włókien węglowych zaś luźne układy w oddaleniu od okolicy szybia. Ostatecznie wytwarzała się zwarta struktura blizny łącznotkankowej obejmująca elementy włókien węglowych.

Słowa kluczowe: nici węglowe - blizna - tkanka łączna - patologia

Wstęp

Zastosowanie węgla w medycynie rozpoczęło się po wyprodukowaniu form węgla obdarzonych elastycznością. W Polsce produkcję biomateriałów węglowych rozpoczęła Katedra Ceramiki Specjalnej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Biomateriały węglowe wykorzystywane są do zespalania odłamów kostnych, protezowania naczyń i innych tkanek, obejmują nici z włókniny węglowej, płytki, śruby i inne. Nici węglowe i włóknina węglowa cechują się korzystnymi parametrami biologicznymi, oraz wytrzymałościowymi [1,2,3,4,5,6]. Wpływ nici węglowych oraz włókniny węglowej na odczyny komórkowe i tkankowe był wielokrotnie badany. Badania nad procesami gojenia się tkanek zaopatrzonych in vivo nicią węglową ujawniają możliwość szybkiej przebudowy ziarniny w kierunku zbitnej tkanki łącznej włóknistej. Między innymi wykorzystanie nici węglowej do zaopatrzenia doświadczalnie wykonanego uszkodzenia więzadła krzyżowego przedniego wskazywało w badaniu wytrzymałościowym na blisko dwukrotny przyrost wytrzymałości na zerwanie wygojonego wię-

THE BIOMORPHOSIS OF THE SCAR AFTER THE IMPLANTATION OF CARBON THREAD

KRZYSZTOF DĄBRÓWKA*, EWA ZEMBALA - NOŻYŃSKA*, JERZY
NOŻYŃSKI**, STANISŁAW BŁAŻEWICZ***, ZBIGNIEW SZCZUREK*

* DEPARTMENT OF PATHOLOGY

SILESIA MEDICAL ACADEMY, ZABRZE

** SILESIA CENTER FOR HEART DISEASES, ZABRZE

*** FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND CERAMICS
UNIVERSITY OF MINING AND METALLURGY, CRACOV

Summary

The aim of the work was the study of the scar formation after the carbon thread implantation in submucosal tissue. A carbon thread surgical suture was implanted in submandibular region in rabbits. The histopathological studies of the tissues around the carbon threads were taken at I, II, III, IV, VI, VIII, XII XVI week after the implantation. In the early postoperative period, mixed inflammatory infiltrations were present, vanished at week II. Then the chronic resorptive inflammation was observed (lymphocytic infiltrations, plasma cells and macrophages). The cicatrization process started at the week II, parallelly to the production of the collagenized capsule around the carbon fibres. This capsule became thicker because of the increasing of the collagen fibres. The next phase of the scar remodelling was the vascularization of the collagen capsule. From the IV week the gradual reorganization of the connective tissue fibres was took place, the thicker fibres were closer to the carbon fibres and the loose fibre structure was at the periphery of the scar. Finally, the compact scar structure involved carbon fibers has been created.

Key words: carbon thread - scar - connective tissue - pathology

Introduction

The application of carbon in medicine begun after an elastic form of carbon was produced. In Poland, a production of carbon biomaterials was started at the Department of Special Ceramics, University of Mining and Metallurgy in Kraków. Carbon biomaterials used for anastomosing bone defects, prosthetic restoration of vessels and other tissues include carbon threads, plates, bolts and others. Carbon threads and carbon textile have favorable biological and durability parameters [1,2,3,4,5,6]. The influence of carbon threads and carbon textile on cell and tissue reaction was studied number of times. The studies on the healing processes of tissues with carbon thread applied in vivo show a possibility of fast granulation change into dense fibrous connective tissue. The application of carbon thread in cases of experimental injury to the (anterior) sacral ligament showed in a durability test almost doubled increase in durability to desmorrhesis in comparison with the durability of the removed fragment and during the experimental injury [7]. Similar results were observed after the reconstruction of other ligaments [7]. The increase in durability is interpreted as a rebuilding of thread structure with accompanying covering with connective tissue (6). The above-presented results show a necessity to define

zadła w porównaniu z wytrzymałością fragmentu wyciętego i w trakcie wykonywania uszkodzenia doświadczalnego (7). Podobne wyniki obserwowano po rekonstrukcji innych więzadeł (7). Wzrost wytrzymałości interpretowany jest jako przebudowa struktury nici z towarzyszącym obrastaniem jej tkanką łączną (6). Powyższe wyniki wskazują na potrzebę scharakteryzowania przebiegającego w czasie gojenia zjawiska przebudowy blizny wokół nici węglowej.

Material i metodyka

Badania przeprowadzono wykorzystując materiał tkankowy doświadczalny pochodzący od 24 królików o masie ciała od 2500 do 3500 g, którym podczas zabiegu prowadzonego w znieczuleniu ogólnym zakładano szew chirurgiczny na granicy tkanki podskórnej, mięśni i tkanki łącznej podśluzówkowej w okolicy żuchwy. Szew wykonany był z nici węglowej nr 4 wyprodukowanej przez Katedrę Ceramiki Specjalnej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Ranę zamykano na głucho szwem chirurgicznym Ethicon. Zwierzęta usypiano po I, II, III, IV, VI, VIII, XII, XVI tygodniu od zabiegu a okolicę rany wycinano, utrwalano w 10% zbuforowanej formalinie i poddawano obróbce histopatologicznej zatapiając tkankę w parafinie. Materiał parafinowy krojono na skrawki o grubości 6 μm , barwiono hematoksyliną i eozyną oraz metodą Massona (trichromem) dla uwidocznienia włókien kolagenowych. W preparatach zwracano uwagę przede wszystkim na ocenę procesu bliznowacenia.

Wyniki badań

Przeanalizowano 72 preparaty histopatologiczne tkanek miękkich okolicy szwu z zastosowaniem nici węglowej.

W materiałach pobranych w I tygodniu obserwacji stwierdzano obecność odczynu zapalnego o charakterze mieszanym. Włókna kolagenowe były nieliczne i beładnie rozrzucone (RYS. 1).

Po upływie dwóch tygodni nie obserwowano już nacieków zapalnych. Włókna węglowe tworzyły skupiska, obrzeżone cienką torebką łącznotkankową tworząca zbitą struk-

a phenomenon of scar rebuilding around carbon thread during the healing process.

Material and method

The study was performed on the experimental tissue material from 24 rabbits of weight from 2500 to 3500 g. At the surgery in general anesthesia, a surgical suture on the border of subcutaneous tissue, muscles and submucous connective tissue in the mandibular area was applied to the rabbits. The suture was made with a carbon thread no 4 made by The Department of Special Ceramics, the University of Mining and Metallurgy in Kraków. The scar was closed with Ethicon surgical suture. The animals were subjected to euthanasia after the I, II, III, IV, VI, VIII, XII, XVI weeks after the surgery and the area of the wound was cut out and fixed in 10% buffered formalin and subjected to typical histopathological treatment by immersing in paraffin. Paraffin material was sliced into 6 μm sections and stained with hematoxylin and eosin and also with trichromium (Masson method) to demonstrate collagen fibers. During the specimen study the attention was drawn mostly to the evaluation of the cicatrization process.

Results

72 histopathological specimens of soft tissues of the carbon thread suture area were analyzed.

A presence of inflammatory reaction of mixed character was found in the material taken in the I observation week. Collagen fibers were scarce and scattered disorderly (FIG. 1).

After two weeks, inflammatory infiltrations were not visible. Carbon fibers created clusters surrounded by a thin connective tissue capsule creating a dense capsule structure including mainly collagen fibers (FIG. 2).

At the third week after the surgery, a thickening of the connective tissue capsule and an increase of fibroblast number were found and also lymphocyte admixture appeared at the site of the capsule contact with carbon fibers.



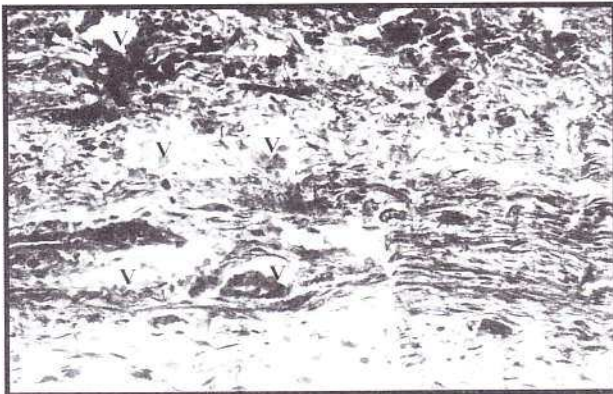
RYS. 1. Okolice szwu wykonanego włóknami węglowymi. I tydzień. Na pograniczu tkanki łącznej i mięśniowej znajdują się czarne włókna węglowe. Faliste włókna kolagenowe układają się w postaci beładnych pasm. (Barw Massona. Pow. 100x).

FIG. 1. Carbon thread suture region. I week. Black carbon fibers between the muscular and connective tissue and loosely arranged collagen fibers. (Mason trichrome. Magn. 100x).



RYS. 2. Okolice szwu wykonanego włóknami węglowymi. II tydzień. Fragmenty włókien węglowych tworzą skupiska oddzielone od tkanki zbitą torebką łącznotkankową. (Barw Massona. Pow. 100x).

FIG. 2. Carbon thread suture region. II week. Clustered carbon fiber fragments are separated from the tissue by dense collagen capsule. (Masson trichrome. Magn. 100x).



RYS. 3. Okolice szwu wykonanego włóknami węglowymi. III tydzień. Zaznaczona granica pomiędzy uporządkowaną strukturą blizny łącznotkankowej zawierającej gęsto i równoległe ułożone włókna kolagenowe oraz warstwą zawierającą nieliczne włókna kolagenowe oraz przekrwione naczynia. V - światło naczynia krwionośnego. (Barw Massona. Pow. 200x).

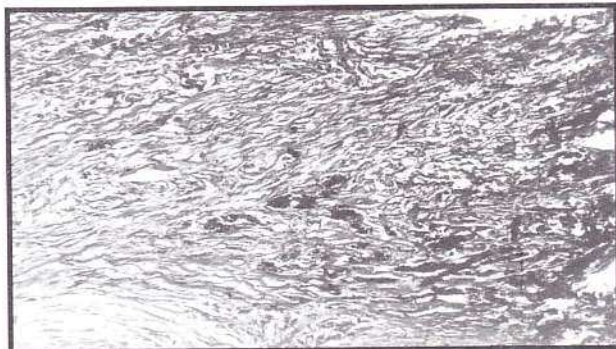
FIG. 3. Carbon thread suture region. III week. The border between the well-ordered structure of connective tissue scar (with dense and parallel-arranged collagen fibers and a layer with sparse collagen fibers and hyperemic vessels. V - vessel lumen. (Masson trichrome. Magn. 200x).

ture torebki, składającej się głównie z włókien kolagenowych (RYS. 2).

W trzecim tygodniu od zabiegu stwierdzano pogrubienie torebki łącznotkankowej, zwiększenie się liczby fibroblastów jak i pojawieniem się domieszki limfocytów na granicy kontaktu torebki z włóknami węglowymi. Stwierdzano zmienność budowy torebki łącznotkankowej, składającej się odcinkowo ze zbitych pasm kolagenu jak i luźniejszej struktury blizny wykazującej, w porównaniu z poprzednim tygodniem obfite unaczynienie i mniejszą liczbę pasm kolagenu (RYS. 3).

Tkanki pobrane w czwartym tygodniu w okolicy szwu ujawniały typową włóknistą bliznę łącznotkankową zawierającą ogniskowe skąpe limfocytarne nacieki zapalne. Blizna ta posiadała strukturę gęstej sieci przeplatających się włókien kolagenowych. Pomiedzy tymi włóknami dostrzegano drobne nieliczne naczynia krwionośne.

Po upływie sześciu tygodni od zabiegu dość zwarta bli-



RYS. 5. Okolice szwu wykonanego włóknami węglowymi. XII tydzień. Zagęszczony układ włókien kolagenowych wzajemnie się przeplatających tworzy zwartą strukturę blizny. (Barw Massona. Pow. 100x).

FIG. 5. Carbon thread suture region. XII week. Dense and compact collagen fibers mutually interlacing and producing dense scar. (Masson trichrome. Magn. 100x).



RYS. 4. Okolice szwu wykonanego włóknami węglowymi. VIII tydzień. Zagęszczony układ włókien kolagenowych tworzących torebkę w sąsiedztwie czarnych włókien węglowych (zaznaczone). (Barw Massona. Pow. 500x).

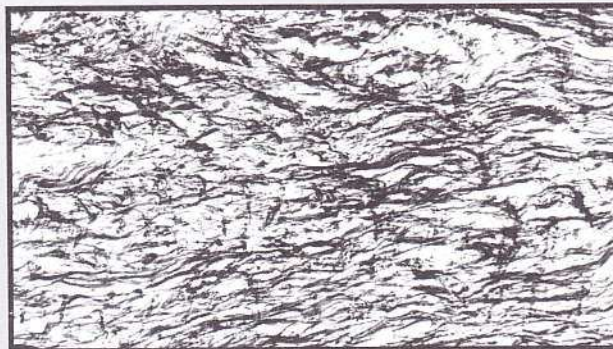
FIG. 4. Carbon thread suture region. VIII week. Dense and compact collagen fiber arrangement with the capsule formation in the proximity of carbon fibers (marked). (Masson trichrome. Magn. 500x).

The changeability of connective tissue structure consisting partially of the dense collagen band and of more dispersed loose scar structure indicating, as compared with the previous week, more abundant vascularization and smaller number of collagen bands (FIG. 3).

The tissues collected at the fourth week near the suture showed a typical fibrous connective-tissue scar containing scant lymphocytic inflammatory infiltrations. The scar had a structure of a dense net of interweaving collagen fibers. Among the fibers, thin, sparse blood vessels were observed.

Six weeks after the surgery, a fairly dense, connective-tissue scar included scar inflammatory infiltration consisting of macrophages, lymphocytes and individual plasmatic cells. While connective tissue fibers in the suture area showed a dense (compact) structure of parallel bands.

The next period, eight weeks after the surgery showed no inflammatory infiltration, collagen fibers showed a condensed and compact structure near the remains of carbon suture and the bigger the distance from the suture the more scattered the structure of the fibers was (FIG. 4). 12 weeks after the implantation of the carbon fibers, resorptive inflammatory infiltrations consisting of macrophages and



RYS. 6. Okolice szwu wykonanego włóknami węglowymi. XVI tydzień. Luźna struktura wzajemnie przeplatających się włókien kolagenowych o falistym przebiegu. (Barw Massona. Pow. 100x)

FIG. 6. Carbon thread suture region. XVI week. Loose structure of interlacing wavy collagen fibers. (Masson trichrom. Magn. 100x).

zna łącznotkankowa zawierała skąpy naciek zapalny składający się z makrofagów, limfocytów i pojedynczych komórek plazmatycznych, zaś włókna łącznotkankowe okolicy szwu wykazywały zwartą strukturę równoległą względem siebie układających się pasm.

Kolejny okres, 8 tygodni od zabiegu ujawniał brak nacieku zapalnego, włókna kolagenowe wykazywały zagęszczenie i zwarty układ w sąsiedztwie resztek nici węglowej a w miarę oddalania się od nici układ włókien przybierał charakter luźniejszy (RYS. 4).

Po 12 tygodniach od zabiegu implantacji włókien węglowych wewnątrz łącznotkankowej blizny stwierdzano resorpcyjne nacieki zapalne składające się z makrofagów oraz domieszki limfocytów. Pojedynczym fragmentom nici nie towarzyszył natomiast odczyn resorpcyjny. Wewnątrz piankowatych makrofagów dostrzegano skupiska drobin węgla. Układ włókien łącznotkankowych przypominał obraz poprzedniej grupy, z zagęszczeniem włókien łącznotkankowych w bliskości resztek nici węglowej RYS. 5).

Ostatni okres badawczy, po 16 tygodniach wykazywał obecność blizny łącznotkankowej, zawierającej bardzo drobne fragmenty włókien węglowych, rozproszone nieznacznie limfocyty i makrofagi. Włókna kolagenowe wykazywały typowy falisty wzajemnie równoległy układ (RYS. 6).

Omówienie

Węgiel turbostratyczny, wykorzystywany do produkcji nici czy włókniny węglowej, stosowanej w medycynie zachowuje biogodność z tkanką kostną, tkanką łączną, krwią [8,9]. Syntetyczny węgiel otrzymywany drogą pirolizy wykorzystano celem modyfikacji powierzchni protez naczyniowych oraz implantów kontaktujących się z krwią i innymi rodzajami tkanki łącznej [10,11]. Pomimo szerokiego wykorzystania nici węglowej jak również kompozytów węglowych w różnych gałęziach medycyny, piśmiennictwo z zakresu biotolerancji tkankowej jest skąpe. Jenkins i wsp. [12], wykazali implantując nić węglową stymulację wytwarzania mocnej i pełnowartościowej tkanki łącznej włóknistej przy stopniowym rozpadzie włókien węglowych. Stewart i Watson [13] omawiając reakcje tkankowe na materiały węglowe, zwracają uwagę na skąpość oraz szybkie wygasanie nacieku zapalnego. Badanie histopatologiczne okolicy implantacji, szwu wykonanego nicią węglową w tkankach miękkich wykazuje szybkie ustąpienie odczynu zapalnego, już w II tygodniu obserwacji. Pojawienie się skąpego odczynu limfocytarnego w okresie od III do VI tygodnia może być wynikiem drażnienia tkanek przez fragmenty nici węglowej, powstające podczas jej biodegradacji. Naciek zapalny nie jest jednak zauważalny w VIII tygodniu obserwacji, po czym w XII i XVI tygodniu zauważalne są cechy resorpcji - obecność makrofagów i fagocytoza resztek nici węglowej. Odczyn zauważalny w tkankach miękkich jest więc mniej intensywny w porównaniu z reakcją opisywaną przez Cieślaka [2,14] w sąsiedztwie tkanki kostnej, nie towarzyszy mu również martwica otaczających tkanek. Krótko występująca o nieznacznym nasileniu odpowiedź zapalna w tkankach otaczających szew węglowy ma bowiem być typowa dla tego rodzaju biomateriału, przesądzająca o wysokiej biogodności w porównaniu z szwem dacronowym (15) oraz innymi materiałami [13,16]. Kolejnym zagadnieniem jest zjawisko odtwarzania się struktur tkanki łącznej, blizny, w sąsiedztwie szwu wykonanego nicią węglową. Włókna węglowe już w II tygodniu otaczały się włóknami kolagenowymi, tworzącymi torebkę łącznotkankową, torebka ta jednak posiadała liczne naczynia krwionośne. Badanie wycinków tkankowych z okolicy szwu węglowego w trzecim, czwartym i VI tygodniu wykazywało stopniowe wytwarzanie pasm zbitego kolagenu oraz postępujące uporządkowanie włókien kolagenowych, tworzących układ równoległy ułożonych włókien, jak i ich pęczków. W ósmym

lymphocyte admixture were found inside the connective-tissue scar. Individual pieces of the thread were not accompanied by a resorptive reaction. Inside foam-like macrophages, clusters of carbon particles were observed. The structure of connective-tissue fibers resembled a picture of the previous group, with a concentration of connective-tissue fibers very close to the remains of carbon thread (FIG. 5).

The last study period, after 16 weeks, showed a presence of connective-tissue scar including very tiny fragments of carbon fibers, few dispersed lymphocytes and macrophages. Collagen fibers showed a typical wavy mutually parallel structure (FIG. 6).

Results and discussion

Turbostratic carbon, used for producing carbon threads and fibrous textile applied in medicine, is biocompatible with bone tissue, connective tissue and blood [8,9]. Synthetic carbon received through pyrolysis is used for modifying vessel prosthesis surfaces and implants being in contact with blood and other types of connective tissues [10,11]. Despite vast application of carbon thread as well as carbon composites in different medical branches, the literature on tissue biotolerance is sparse. Jenkins et al. [12] showed, implanting a carbon thread, a stimulation of formation of strong and fully qualitative fibrous connective tissue along with the gradual disintegration of carbon fibers. Stewart and Watson [13] discussing tissue reactions to carbon materials, draw attention to the little and quickly disappearing inflammatory infiltration. Histopathological study of the implant area, of the suture made with a carbon thread in the soft tissues showed that the inflammatory infiltration receded quickly as early as in the II week of the observation. The appearance of the little lymphocytic reaction in the period from III to VI week can be a result of teasing the tissue with the fragments of carbon thread formed during the biodegradation. However, the inflammatory infiltration is not visible in the VIII week of the observation, while in the XII and XVI week the features of resorption are noticeable - presence of macrophages and phagocytosis of the carbon thread remains. The reaction noticeable in the soft tissues is not as intensive as the reaction described by Cieślak [2,14] in the area of a bone tissue; it is not accompanied by necrosis of the surrounding tissues. A short-term, not very intensive inflammatory reaction in the tissues surrounding carbon suture is supposed to be typical for this kind of biomaterial, determining high biocompatibility as compared to a Dacron suture [15] or other materials [13,16]. The next problem is a restoration of the connective tissue structures of a scar close to the suture made with a carbon thread. Carbon fibers, as early as in the II week were surrounded by collagen fibers forming a connective-tissue capsule, however, the capsule had numerous blood vessels. The study of tissue samples from the suture area in the third, fourth and sixth week showed a gradual formation of dense collagen bands and progressive ordering of collagen fibers forming a structure of parallel fibers and their bundles. In the eighth week, a slight loosening (scattering) of the collagenized scar structure and after that, in the sixteenth week, a scar again became a dense structure with parallel fibers. Progressive forming, maturing of the scar with alternative dense structure of connective-tissue fibers reminds a phenomenon of "modeling" inflammatory changes and scars in heart muscle and heart valves [17]. The phenomenon of "modeling" aims to achieve such a spatial configuration and mechanical durability so as to ensure optimal functioning of the pathologically changed organ. It is also an indication of continuous, functional rebuilding of a seemingly healed scar. Mutual interaction of

tygodniu dochodziło natomiast do nieznacznego rozluźnienia struktury skołagenizowanej blizny, po czym w szesnastym tygodniu blizna ponownie nabierała charakteru zbitego z równoległym układem włókien. Postępujące kształtowanie, dojrzewanie blizny z naprzemiennym nabywaniem zwartego układu włókien łącznotkankowych przypomina zjawisko "modelowania się" zmian zapalnych i blizn mięśnia sercowego oraz zastawek serca [17]. Zjawisko "modelowania" ma na celu uzyskanie takiej konfiguracji przestrzennej jak i wytrzymałości mechanicznej, by zapewnić optymalną pracę chorobowo zmienionemu narządowi, wskazuje przy tym na ciągłą czynnościową przebudowę pozornie wygojonej już blizny. Wzajemne oddziaływania tkanki łącznej oraz włókien węglowych polega na braku toksycznego działania samych włókien węglowych na fibroblasty [18,19], jak również obrastanie i przerastanie włókien węglowych zbitą tkanką łączną [20]. Wydaje się, że nie można jednak wykluczyć stymulującego wpływu włókien czy nici węglowej na fibrogenezę, w tym wytwarzania włókien kolagenu. Za tym zjawiskiem przemawiają obserwacje obrastania włókien węglowych przez tkankę łączną zbitą, prowadzącą do zakotwiczenia śrub z kompozytu węgiel-węgiel łączących odłamy kostne [21, 22, 23]. W wielokrotnie cytowanej pracy Cieślaka [2] wykazano także, że do powierzchni kompozytów węgiel - węgiel bardzo wcześnie przyczepiają się komórki mezenchymalne, zaś cała struktura zostaje opleciona cienkimi nitkami kolagenu.

Podsumowując, należy podkreślić, iż proces biodegradacji włókien węglowych wykorzystanych jako szew tkanek miękkich łączy się z procesem wytworzenia blizny łącznotkankowej, ulegającej czynnościowemu modelowaniu i dojrzewaniu, przy równoczesnym stopniowym rozpadzie włókien węglowych.

connective tissue and carbon fibers depends on a lack of toxic influence of the carbon fibers on fibroblasts [18,19], as well as covering and overgrowing the carbon fibers with a dense connective tissue [20]. It seems, that the simulating influence of the fibers or carbon thread on the fibrogenesis, including collagen fiber formation, cannot be excluded. The observations of the carbon fibers covering with a dense connective tissue leading to anchoring the carbon-carbon bolts connecting bone chips are also in favor of this phenomenon [21,22,23]. The already quoted Cieślak's study [2] showed that the mesenchymal cells got attached very early to the surface of the carbon-carbon composites and the whole structure got wrapped around with thin collagen threads.

Summing up, it should be stressed that the biodegradation process of carbon fibers used as suture for soft tissues is connected with the process of connective-tissue scar formation and undergoes functional modeling and maturing along with a simultaneous disintegration of carbon fibers.

Pismienictwo

References

- [1] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Sabat D.: "Obserwacje nad wpływem włókniny węglowej na gojenie się tkanki kostnej w ubytkach pooperacyjnych wyrostków zębodołowych szczęk" Materiały III Konferencji "Biomateriały Węglowe" Ryto 1992, s. 23-28
- [2] Cieślak T.: "Płytki i śruby z kompozytu węgiel-węgiel do zespolenia odłamów żuchwy. Badania doświadczalne i kliniczne." Rozprawa habilitacyjna. Śl.A.M. Katowice 1993 r.
- [3] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B.: "Kilkuletnia ocena gojenia ubytków kości wyrostków zębodołowych w obecności włókniny węglowej" Materiały VI Konferencji "Biomateriały Węglowe i Ceramiczne", Ryto 1995, s. 35-37
- [4] Cronin A.J., Llewellyn J., Hopkins R.: "Complications of use of carbon fibre in the temporomandibular joint: a case report." Br J Oral Maxillofac Surg. 1992; 30: 186-9
- [5] Pogorzelska-Stronczak B., Skulski St., Cieślak T., Szczurek Z.: "Zastosowanie nici węglowych do szycia ran błony śluzowej oraz łączenia odłamów żuchwy. Badania doświadczalne" w: Kuś W.M. (red.): "Biomateriały w Medycynie" Drukarnia Agencji Poligraficzno-Wydawniczej KARNIOWICE, 1993, s. 228-231
- [6] Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Cieślak T., Sabat D.: "Badania doświadczalne i kliniczne nad wpływem włókniny węglowej na gojenie ubytków kości szczęk" w: Kuś W.M. (red.): "Biomateriały w Medycynie" Drukarnia Agencji Poligraficzno-Wydawniczej KARNIOWICE, 1993, s. 232-235
- [7] Górecki A., Kuś M.M., Pykało R.: "Protezy więzadeł stawów" w: Kuś W.M. (red.): "Biomateriały w Medycynie" Drukarnia Agencji Poligraficzno-Wydawniczej KARNIOWICE, 1993, s. 105-121
- [8] Donnet J.B., Bansal R.C.: "Carbon fibers". Marcel Dekker Inc. N.Y. 1990

- [9] Haubold A.: "Carbon in Prosthetics". Ann N.Y. Acad Sci 1977; 283: 383-395
- [10] Bjork V.O.: "The pyrolytic carbon occluder for the Bjork-Shiley tilting disc valve prosthesis" Scand J Thorac Cardiovasc Surg 1972; 6: 109-113
- [11] Louis J.P., Dabadie M.: "Fibrous carbon implants for the maintenance of bone volume after tooth avulsion. Biomaterials 1990; 11: 525-528
- [12] Jenkins D.H.R., Forster I.W., McKibbin B., Ralis Z.A.: "Induction of tendon and ligament formation by carbon implant". J Bone Joint Surg 1977; 59B: 53
- [13] Stewart C.M., Watson R.E.: "Experimental oral foreign body reactions. Commonly employed dental materials". Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1990; 69: 713-9
- [14] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Skulski S., Sabat D.: "Technika skaningowa w ocenie płytek i śrub z kompozytu węgiel-węgiel stosowanych do zespolenia żuchwy" Inż Mater 1993; 5: 142-3
- [15] Ward R., Minns R.J.: "Wofen carbon-fibre patch versus Dacron mesh in the repair of experimental defects in the lumbar fascia of rabbits". Biomaterials 1989; 10: 425-8
- [16] Torbjørner A., Karlsson S., Syverud M., Hensten Pettersen A.: "Carbon fiber reinforced root canal posts. Mechanical and cytotoxic properties" Eur J Oral Sci. 1996; 104: 605-11
- [17] Allen D.J., Higinson G.J., DiDio J.L., Zerbini E.J., Puig L.B.: "Evidence of remodeling in dura mater cardiac valves". J Thorac Cardiovasc Surg 1982; 84: 267-81
- [18] Demmer P., Fowler M., Marino A.A.: "Use of carbon fibers in the reconstruction of knee ligaments. Clin Orthop Rel Res 1991; 271: 225-232
- [19] Goodship A.E., Wilcock S., Shah J.S.: "The development of tissue around various prosthetic implants used as replacements for ligaments and tendons. Clin Orthop Rel Res 1985; 196: 61-68
- [20] Minns R.J., Denton M.J., Dunstone G.H., Sunter J.P.: "An experimental study of the use of a carbon fibre patch as a hernia prosthesis material". Biomaterials 1982; 3: 199-203
- [21] Kent J.M., Borkos J.C.: "Pyrolytic carbon and carbon-coated metallic dental implants.
- [22] Dent Clin North Amer 1980; 24: 465-85
- [23] King P.A., Setchell D.J.: "An in vitro evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. J Oral Rehsbil 1990; 17: 599-609
- [24] Thomas K.A., Cook S.D.: "An evaluation of variables influencing implant fixation by direct bone apposition". J Biomed Mater Res 1985; 19: 37-40.