

[21] Vogel W., Hohland W., Naumann K., Vogel J., Carl G., Gotz W., Wange P.: Glass-Ceramics for Medicine and Dentistry, p.353 in Handbook of Bioactive Ceramics, Vol. I, Bioactive Glasses and Glass-Ceramics. Edited by T.Nakamura, L.L.Hench and J.Wilson. CRC Press, Boca Raton, Fl. 1990.

[22] Aoki H.: Science and Medical Application of Hydroxyapatite. JAAS, Tokyo, 1991.

[23] K. de Groot: Clinical Application of Calcium-Phosphate Bioamaterials - Review. Ceramics International. 19 (1993) 363.

[24] Ślószarczyk A.: Hydroxyapatite Bioaceramics, Papers of the Commission on Ceramic Science Polish, Academy of Science, Ceramics 51, Kraków, 1997.

[25] Doyle C.: Bioactive Composites in Orthopedic. pp. 195-208 in Handbook of Bioactive Ceramics, Vol. II Calcium Phosphate and Hydroxylapatite Ceramics. Edited by T.Yamamuro, L.L.Hench and J.Wilson. CRC Press, Boca Raton, Fl. 1990.

[26] Ducheyne P., McGucken J.F., Jr.: Composite Bioactive Ceramic-Metal Materials, 185-86 in Handbook of Bioactive Ceramics. Vol. II, Calcium Phosphate and Hydroxylapatite Ceramics. Edited by T.Yamamuro, L.L.Hench and J.Wilson. CRC Press. Boca Raton Fl. 1990.

[27] Soltez U.: Ceramics in Composites; Review and Current Status. pp. 137-56 in Bioceramics: Materials Characteristics vs in Vivo Behaviour, Vol.523. Edited by P.Ducheyne and J.E.Lemons. Annals of New York Academy of Science. New York. 1988.

[28] Bonfield W.: Hydroxyapatite-Reinforced Polyethylene as an Analogous Materials for Bone Replacement, pp.173-77 in Bioceramics: Materials Characteristics vs in Vivo Behaviour, Vol. 523. Edited by P.Ducheyne and J.E.Lemons. Annals of New York Academy of Sciences, New York, 1988.

[29] Tencer A.F., Woodard R.L., Swenson J., Brown K.L.: Mechanical and Bone Ingrowth Properties of a Polymer-Coated, Porous, Synthetic, Coralline Hydroxyapatite Bone-Graft Materials, p. 153 in Bioceramics: Materials Characteristics vs in Vivo Behaviour, Vol.523. Edited by P.Ducheyne and J.E.Lemons. Annals of New York Academy of Sciences. New

[30] Kasuga T., Nakajima N., Uno T., Yoshida M.: Bioactive Glass-Ceramic Composite Toughened by Tetragonal Zirconia. pp. 137-42 in Handbook of Bioactive Ceramics. Vol. I, Bioceramic Glasses and Glass Composites. Edited by T.Yamamuro, L.L.Hench and J.Wilson. CRC Press, Boca Raton, Fl. 1990.

[31] Kokubo T.: Surface Chemistry of Bioactive Glass-Ceramics. J. Non-Cryst. Solids, 120 (1990) 138-51.

[32] Andersson O.H., Karlsson K.H.: On the Bioactivity of Silicate Glasses. J. Non-Cryst. Solids. 129 (1991) 145-51.

[33] Kokubo T.: Bonding Mechanism of Bioactive Glass-Ceramic A-W to Living Bone. pp.41-50 in Handbook of Bioactive Ceramics, Vol.I. Bioactive Glasses and Glass-Ceramics. Edited by T.Yamamuro, L.L.Hench and J.Wilson, CRC Press, Boca Raton, Fl. 1990.

[34] Day D.: private communication, 1991 (in references of L.L.Hench: Bioceramics: From Concept to Clinic. J.Amer.Ceram Soc. 74 [7] (1991) 1487-510).

[35] Łączka M., Cholewa K., Mozgawa W.: Glass-Crystalline Materials of CaO-P₂O₅-SiO₂ System Obtained by the Sol-Gel Method. J. Mater. Sci. Lett. 14 (1995) 1417-1420.

[36] Łączka M., Cholewa K., Łączka-Osyczka A.: Gel-derived Powders of CaO-P₂O₅-SiO₂ System as a Starting Material to Production of Bioactive Ceramics. J. All. Comp., 248 (1997) 42-51.

[37] Turyna B., Milc J., Łączka A., Cholewa K., Łączka M.: Biocompatibility of Glass-Crystalline Materials Obtained by the Sol-Gel Method: Effect on Macrophage Function, Biomaterials, 17 (1996) 1379-1386.

[38] Łączka-Osyczka A., Turyna B., Dubin A., Łączka M.: Comparison of Biocompatibility of Gel-Derived Bioactive Ceramics in Macrophage Culture Conditions, Biomaterials, 18, (1997) 1243-1250.

[39] Łączka-Osyczka A., Łączka M., Kasugai S., Ohya K.: Behavior of Bone Marrow Cells on Three Different Coatings of Gel-Derived Bioactive Glass-Ceramics at Early Stages of Cell Differentiation, J. Biomed. Mater. Res. 42, (1998) 433-442.

[40] Łączka M., Cholewa K.: Surface Phenomena of Gel-Derived Glasses and Glass-Ceramic Materials of the CaO-P₂O₅-SiO₂ System, Chem. Papers, 51(6a) (1997) 348-356.

WPŁYW CHEMICZNEJ BUDOWY POWIERZCHNI WŁÓKNINY WĘGLOWEJ NA JEJ WŁAŚCIWOŚCI BIOLOGICZNE

TADEUSZ CIEŚLIK*, ZBIGNIEW SZCZUREK**, DANIEL SABAT**,
MARTA BŁAŻEWICZ***, ANDRZEJ GABRIEL**,
MARIA SZCZUREK-KATAŃSKA**

* I KATEDRA I KLINIKA CHIRURGII SZCZĘKOWO-TWARZOWEJ
ŚLĄSKIEJ AKADEMII MEDYCZNEJ W ZABRZU

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

***KATEDRA CERAMIKI SPECJALNEJ AKADEMII GÓRNICZO-
HUTNICZEJ W KRAKOWIE

Streszczenie

Autorzy wykonali badania doświadczalne na królikach z użyciem włókien węglowych różniących się chemiczną budową powierzchni. Stwierdzili, że proces odnowy kości był najbardziej aktywny w przypadku użycia włókniny pokrytej warstwą pirowęgla (grupa III). Natomiast spowolnienie procesów odnowy

INFLUENCE OF CHEMICAL STRUCTURE OF CARBON CLOTH SURFACE ON ITS BIOLOGIC PROPERTIES

TADEUSZ CIEŚLIK*, ZBIGNIEW SZCZUREK**, DANIEL SABAT**,
MARTA BŁAŻEWICZ***, ANDRZEJ GABRIEL**,
MARIA SZCZUREK-KATAŃSKA**

*I DEPARTMENT OF MAXILLOFACIAL SURGERY
SILESIA ACADEMY OF MEDICINE IN ZABRZE

** I DEPARTMENT OF PATHOMORFOLOGY
SILESIA ACADEMY OF MEDICINE IN ZABRZE

***DEPARTMENT OF SPECIAL CERAMICS
UNIVERSITY OF MINING AND METALLURGY IN CRACOW

Abstract

The authors examined rabbits with implanted carbon fibres having different surface properties. Bone reconstruction process was the most active in the case of carbon cloth coated with pyrocarbon (group III). Slowing-down of bone reconstruction process was connected with the presence of functional groups of acidic character on the surface of carbon cloth.

dotyczyło głównie grupy II, czyli włókniny z grupami funkcyjnymi na powierzchni o charakterze kwasowym.

Słowa kluczowe: włóknina węglowa, budowa chemiczna powierzchni, właściwości biologiczne.

Key words: carbon cloth, chemical structure, surface, biologic properties.

Wstęp

Współczesna medycyna coraz częściej sięga po materiały sztuczne. Wszczepiane dotkankowo spełniają rolę trwałych lub też czasowych protez. Stawiane wobec sztucznych materiałów coraz większe wymagania powodują eliminowanie jednych, a wprowadzanie innych. Spośród najczęściej stosowanych materiałów wymienia się tworzywa metaliczne, polimery, cementy kostne, materiały ceramiczne oraz węglowe. Wieloletnie badania nad strukturą i właściwościami chemicznymi materiałów węglowych wykazały, że charakteryzuje je duża biogodność [4,7,9]. Wymagają one jednak, jak większość sztucznych wszczerpów odpowiedniego przygotowania, m.in. ich powierzchni, albowiem powierzchnia implantu powinna stymulować tkanki do ich odtwarzania [2,3,8], szczególnie wtedy, jeżeli materiał węglowy używany jest w chirurgii rekonstrukcyjnej do odtwarzania ubytków kostnych. Badania na zwierzętach z użyciem włókniny węglowej prowadzone są w Śl. AM w Katowicach (I Katedra i Zakład Patomorfologii oraz I Katedra i Klinika Chirurgii Szczękowo-Twarzowej) od 1990 roku. Pozytywna ocena wyników badań skłoniła do zastosowania włókniny węglowej w klinice człowieka [5,6].

Otrzymywana w warunkach laboratoryjnych Katedry Ceramiki Specjalnej AGH w Krakowie włóknina węglowa może mieć różne własności chemiczne. W związku z tym powstało pytanie czy włóknina węglowa różniąca się budową chemiczną i stanem powierzchni może mieć wpływ na otaczające tkanki.

Celem pracy było wykazanie wpływu włókniny węglowej o różnych grupach funkcyjnych na jej powierzchni na gojenie tkanki kostnej.

Materiał i metody

W doświadczeniu użyto 48 dorosłych królików rasy mieszanej o wadze od 2600-3200 g. Po uprzedniej premedykacji Atropiną z Relanium wykonano zabiegi operacyjne u każdego zwierzęcia. Z cięcia obustronnego u podstawy żuchwy docierano do jej bocznej powierzchni. Następnie na obu powierzchniach bocznych wykonywano ubytki kostne o średnicy około 6 mm i głębokości 3 mm.

Pierwszą grupę (4 króliki) stanowiły zwierzęta, którym po jednej stronie żuchwy ubytki wypełniono włókniną posiadającą na powierzchni zarówno grupy funkcyjne o charakterze kwasowym jak i zasadowym w ilościach nie przekraczających 1×10^{-5} mol/g czyli tzw. włókniną wyjściową (grupa I). Ubytki po stronie prawej trzonu żuchwy wypełniono włókniną poddaną po procesie karbonizacji obróbce utleniającej (grupa II). W wyniku tej obróbki na powierzchni powstały grupy tlenowe o charakterze kwasowym w łącznej ilości $3,5 \times 10^{-4}$ mol/g.

Drugą grupę (4 króliki) stanowiły zwierzęta, u których ubytki po stronie lewej trzonu żuchwy wypełniono włókniną, która została pokryta warstwą pirowęgla (grupa III). Natomiast ubytki po stronie prawej stanowiące grupę kontrolną pozostawiono wypełnione skrzepem krwi (grupa 0).

Rany zaszywano warstwowo szwami z dextronu. Przez cały okres obserwacji wszystkie zwierzęta przebywały w oddzielnych klatkach, w pomieszczeniach o jedna-kowej temperaturze. Karmione były suchą, witaminizowaną paszą. Badania wykonywano dynamicznie w 6 okresach badawczych począwszy od 7 dnia do 12 tygodnia (7,14,21 dzień oraz 6,9,12 tydzień). Wyniki badań opracowano na

Introduction

Contemporary medicine applies artificial materials more often. Tissue implants play the role of a permanent or temporary prosthesis. Bigger requirements set against artificial materials result in elimination of some of them and introduction of new ones.

The most often used materials include metallic materials, polymers, bone cements, ceramic and carbon materials.

Long time study on structure and chemical properties of carbon materials showed their high biocompatibility materials [4,7,9]. However, they require, as many inorganic graft, proper preparation of their surface since the graft's surface should stimulate tissue to reconstruct [2,3,8], especially, when the carbon material is used for reconstructing bone defects.

The use of carbon cloth in rabbits has been investigated at Silesian Medical University in Katowice (1 Chair and Teaching Hospital of Maxillofacial Surgery) since 1990. Positive results allowed application of carbon cloth in man [5, 6].

Carbon cloth manufactured at the Department of Special Ceramics of the University of Mining and Metallurgy in Cracow can have various chemical properties.

Consequently, a question arises if the carbon cloth with different chemical structure and surface finish, can have any influence on the surrounding tissue.

The aim of this study was to show the influence of fibrous carbon with different functional groups on the surface on bone tissue healing.

Material and methods

The material consisted of 48 adult rabbits of mixed breed, 2600-3200 g of weight.

After premedication with Atropin and Relanium, the surgery was performed in each animal. Lateral surface of the mandible was exposed through a bilateral cut at its base. Next, bone defects of 6-mm diameter and 3 mm depth were made in both lateral surfaces.

The first group (4 rabbits) had the defects on one side of the mandible filled with carbon cloth with surface functional groups of both acidic and alkaline character in the amount not exceeding 1×10^{-5} mol/g, referred to as initial felt (group I). Defects on the right side of the mandible base were filled with carbon cloth with surface functional groups of acidic character in total amount of $3,5 \times 10^{-4}$ mol/g (group II).

The second group (4 rabbits) had the defects on the left side of the mandible base filled with carbon cloth coated with pyrocarbon (group III). The defects on the right side, which were to serve as the controls were left to be filled with blood clot (group 0).

The wounds were sewing in layers with dextron. During the observation period the animals were placed in separate cages, at the same temperature. They were fed with dry, vitaminised food. The examinations were performed dynamically in the 6 periods starting from the 7th day up to the 12th week (7th, 14th, 21st day and 6th, 9th, 12th week). The results were analysed on the bases of referring to the clinical evaluation and radiological imaging. After killing the animals and proper management of bone preparations, they were subjected to histopathologic evaluation.

podstawie oceny klinicznej oraz badań radiologicznych. Po uśmierceniu zwierząt i odpowiednim przygotowaniu preparatów kostnych poddano je ocenie histopatologicznej.

Wyniki

W okresie pooperacyjnym zwierzęta zachowywały się spokojnie. Gojenie ran skórnych przebiegało bez powikłań zapalnych.

Ocena makroskopowa

Od 7 do 21 doby obserwowano we wszystkich grupach pokrycie ubytku delikatną tkanką. W grupie I włóknina węglowa w tym czasie była wyraźnie widoczna. Natomiast w grupie II i III doszło do znacznego zatarcia włóknistego charakteru materiału węglowego. W końcowych okresach doświadczenia ubytki kostne wypełnione włókniną węglową pokryte były w grupie I i III tkanką przypominającą otoczenie, jednak nie obserwowano przebarwień, tak jak to było widoczne w grupie II. W grupie kontrolnej -0, od 6 tygodnia miejsce wykonanego ubytku było niezauważalnie widoczne, by pod koniec doświadczenia nie można go było odróżnić od otoczenia.

Badania radiologiczne

W 7 doby we wszystkich grupach badanych (I, II, III) oraz w grupie kontrolnej (0) obserwowano w miejscu wykonanego ubytku wyraźnie odgraniczone od otoczenia przejaśnienie (RYS.1.). Z czasem w obrębie przejaśnień pojawiły się zacienienia zmniejszające wielkość ubytku, wyraźnie widoczne od 21 doby w I i III grupie (RYS. 2,3). Od 9 tygodnia zarówno w grupach badanych jak i w grupie kontrolnej w obrazie rtg spostrzegano tylko niewielkie przejaśnienie mogące świadczyć o istniejącym jeszcze ubytku tkanki kostnej (RYS. 4).

Obserwacje histopatologiczne

W 7 doby w grupach I, II i 0 widoczne były procesy resorpcji, które obserwowano jeszcze w 14 doby tylko w II grupie. Cech resorpcji beleczek kostnych po 7 dniach w grupie III już nie znaleziono. W grupie I i III od 14 doby obserwowano już znaczną aktywność osteoblastyczną która wyraźnie w grupie II pojawiła się od 21 doby. W grupie tej w tym okresie widoczne były również w przestrzeniach międzybeleczkowych złożonych z tkanki tłuszczowej i luźnej tkanki łącznej, poszerzone naczyń krwionośne z krwinkami czerwonymi (RYS. 5).

Results

In the postoperative period the animals were very quiet.

Wound healing did not in valve inflammatory complications.

Macroscopic evaluation

From the 7th to 21st day, in all groups the defects were covered with a delicate tissue. In group I carbon cloth could be clearly distinguished. However, in groups II and III, significant blurring of the fibrous character of carbon material occurred. In the final stage, the bone defects filled with carbon cloth were covered in groups I and II with a tissue similar to the surrounding, although there was no discoloration as was seen in group II. In the control group - from the 6th week the defect was hardly noticeable and at the end of the experiment it could not be distinguished from the surrounding.

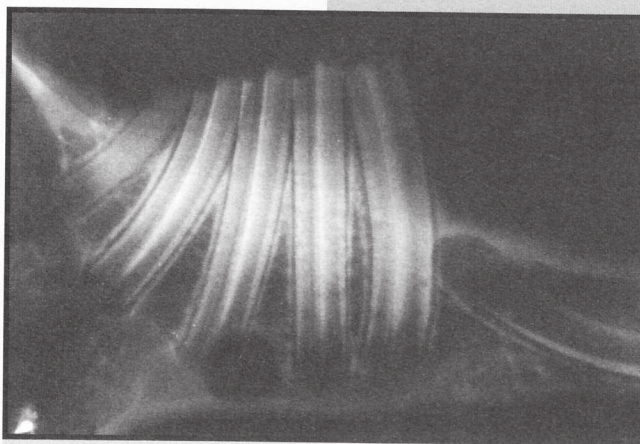
Radiological imaging

On the 7th day, in all groups (I, II, III) and in the control group (0) a distinct clear up showed at the defect site (FIG. 1). After some time shadows diminishing the defect size appeared within the clear-up area, visible from the 21st day in groups I and III (FIGS. 2, 3). From the 9th week, both in the study groups and the control, one the X-ray pictures showed only small clear-ups which could be the images of still existing defects (FIG. 4).

Histopathologic observations

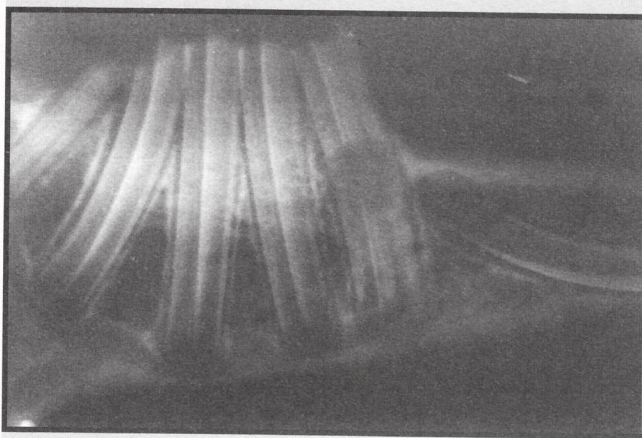
In the 7th day in the groups I, II and O, the resorption processes were observed, they were also observed on the 14th day in group II. The features of resorption of bone trabeculas after 7 days in group III were not found. In groups I and II, from the 14th day a significant osteoblastic activity was observed, in group II it appeared very clearly on the 21st day. In this group, at this time increased blood vessels with red cells were seen in intertrabecular spaces consisting of fatty tissue and loose connective tissue (FIG. 5).

At the same time, osteoblastic activity was noticed in group O. From the 6th week, in groups I and III osteoblastic activity was not seen (FIG. 6). While in group II it was observed from the 9th week of the experiment (FIG. 7). In the last period, in all study groups mature bone trabeculas with some features of calcification.



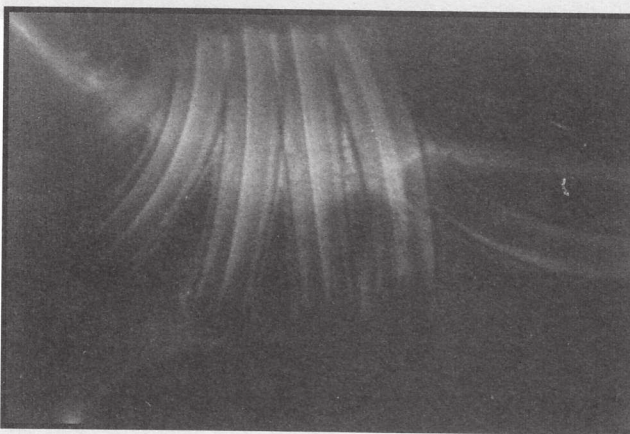
RYS. 1. Ubytek tkanki kostnej w 7 doby - grupa I - zdjęcie rtg.

FIG. 1. Decrease of the bone tissue in 7th day - group I - X-ray picture.



RYS. 2. Ubytek tkanki kostnej w 21 doby - grupa I - zdjęcie rtg.

FIG. 2. Decrease of the bone tissue in 21st day - group I - X-ray picture.



RYS. 3. Ubytek tkanki kostnej w 21 doby - grupa III - zdjęcie rtg.

FIG. 3. Decrease of the bone tissue in 21st day - group III - X-ray picture.

W tym samym okresie spostrzeżona była również aktywność osteoblastyczna w grupie 0. Od 6 tygodnia w grupach I i III nie spostrzegano już aktywności osteoblastycznej (RYS. 6). Gdy tymczasem w grupie II obraz taki postrzegano od 9 tygodnia doświadczenia (RYS. 7). W ostatnim okresie we wszystkich grupach badanych widoczne były dojrzałe beleczki kostne z zaznaczonymi cechami wapnienia. Między nimi obserwowano włókna węglowe o różnym stopniu rozdrobnienia (RYS. 8).

Dyskusja

Wszczepiane materiały sztuczne musi cechować duża wytrzymałość i odporność na ścieranie w przypadku użycia ich jako elementów nośnych.

Aby wykorzystać sztuczne materiały do uzupełniania ubytków tkankowych (np. chrząstki, kości) muszą one stymulować otaczającą tkankę do wytwarzania młodych komórek, co pozwoli na ściśle przyleganie wszczepu do otoczenia [9]. Taki materiał uważany jest za protezę.

Będąc jednak materiałem biodegradowalnym może stanowić matrycę, na której odtwarza się uszkodzona tkanka [14,15].

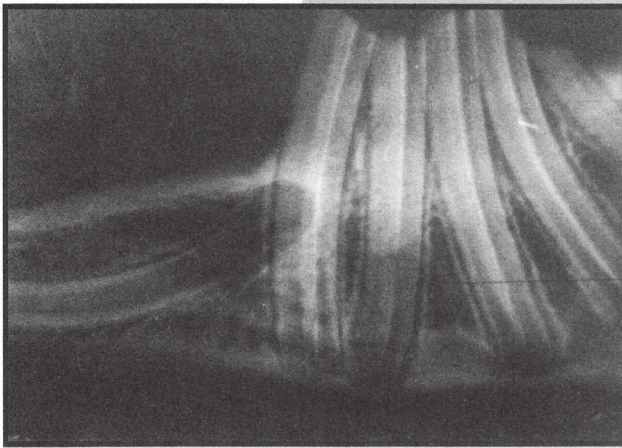
Najbardziej pożądaną cechą materiałów sztucznych jest ich biozgodność. Ratner uważa, że o biozgodności materiału decyduje jego powierzchnia, która znajduje się w ścisłym kontakcie zarówno z płynami tkankowymi jak i komórkami tkanki, w której ten materiał się znajduje [13].

Właściwe przygotowanie chemiczne powierzchni biomateriału decyduje o bio-zgodności. Wykazano, że powierzchnie węglowe pokryte białkami krwi w porównaniu z niepokrytymi wykazały znaczną różnicę, m.in. w czynności fagocytów [10].

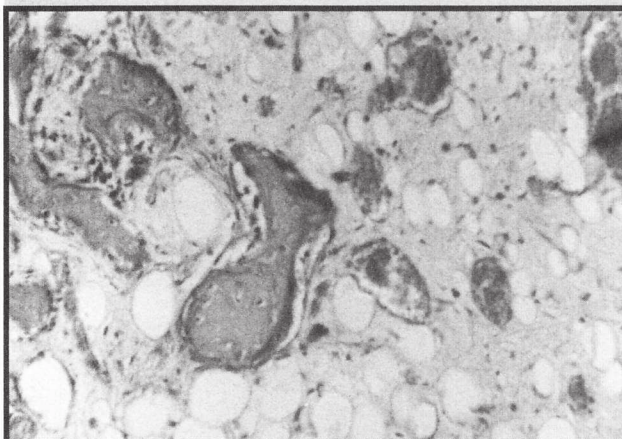
Zwrócono również uwagę, że znajdujące się na powierzchni biomateriałów białka zmieniają swoją strukturę tworząc nowe powierzchnie o innej jakości, w sposób naturalny zmieniane na skutek przebywania w środowisku tkankowym [1,11].

Istotny wpływ na tkanki może mieć również zmiana pH środowiska. Miejscowa zmiana odczynu kwaśnego na alkaliczny może prowadzić do powstania ogniskowych skupisk substancji mineralnych [12].

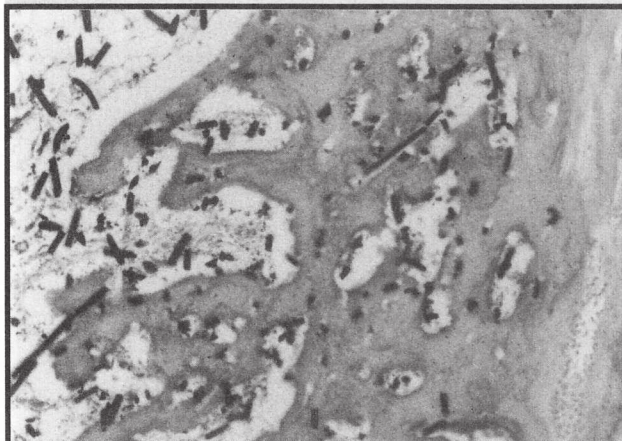
Wydaje się, że obecność różnych grup funkcyjnych na powierzchni wszczepianych przez nas materiałów ma wpływ na przebieg gojenia tkanki kostnej. Tym bardziej, że zarówno w obserwacjach makroskopowych jak i w badaniach radiologicznych i histopatologicznych widoczne były



RYS. 4. Zmniejszający się ubytek tkanki kostnej - 9 tydzień; grupa III - zdjęcie rtg.
FIG. 4. Decrease of the bone tissue defect in 9th week - group III - X-ray picture.



RYS. 5. Tkanka tłuszczowa i włóknista oraz poszerzone naczynia krwionośne w przestrzeniach międzybeleczkowych (H&E, 200x).
FIG. 5. Fatty and fibrous tissue and widened blood cells in the intertrabecular spaces (H&E, 200x).



RYS. 6. Połączone w językowate struktury beleczki tkanki kostnej gąbczastej (H&E, 100x).
FIG. 6. Connected tongue shaped structures of spongy bone tissue trabecula (H&E, 100x).

cation were seen. Carbon fibres of different fragmentation degree were observed among them (FIG. 8).

Discussion

The implanted inorganic materials have to exhibit great durability and resistance to abrasion when they are used as supporting elements.

In order to use inorganic materials for filling tissue defects (i.e. cartilages, bones), they have to stimulate the surrounding tissue to create new cells enabling close adhesion of the graft [9]. Such a material is considered to be a prosthesis. While being biodegradable, it can be a matrix for reconstructing the damaged tissue [14, 15].

The most required feature of inorganic materials is their biocompatibility. In Ratner's opinion it is the surface of the material which is in close contact with tissue fluids and tissue cells decides about biocompatibility [13].

Proper chemical preparation of the biomaterial surface results in its biocompatibility. It has been shown that carbon surfaces covered with blood proteins in comparison with others not covered showed great difference in phagocytes activity [I, II].

Environment pH variations can also have a significant influence on tissues. Local change of acidic to alkaline environment can lead to accumulation of mineral substances [12]. It seems that presence of different functional groups on the surface of the implanted material has an influence on bone tissue healing. The different rates of bone wound healing were seen in macroscopic observations, radiological imaging and histopathologic studies.

The results of our investigations are consistent with those of other authors since the surface finish of the carbon materials had also an influence on the occurrence of inflammatory and phagocytic reactions and on the resorption degree of carbon fibres [15].

The following conclusions were drawn:

1. Bone reconstruction process was the earliest and was the most active in group III.
2. The fastest bone maturing manifested by its calcification occurred in groups I and III.

różnice w tempie gojenia ran kostnych.

Wyniki naszych obserwacji zgodne są również z badaniami innych autorów, bowiem sposób przygotowania powierzchni badanych materiałów węglowych miał również wpływ na obecność odczynów zapalnych i fagocytarnych oraz stopień resorpcji włókien węglowych [15].

Wnioski

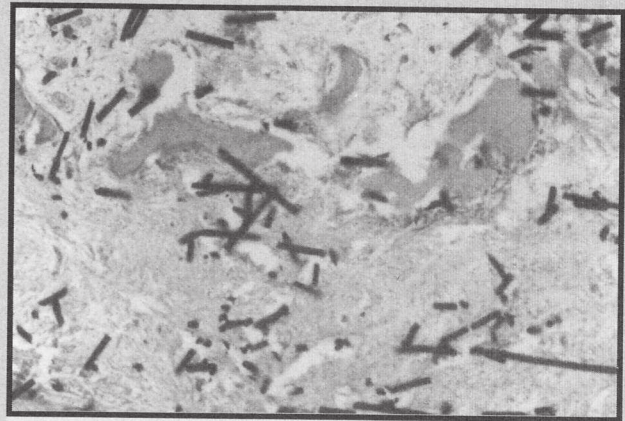
1. Proces odnowy kości zaczynał się najszybciej i był najbardziej aktywny w grupie III.
2. Najszybsze dojrzewanie kości wyrażające się jej uwapnieniem występowało w grupie I i III.
3. Spowalnianie procesów odnowy dotyczyło głównie grupy II, natomiast w grupie kontrolnej przebiegało z wyraźnym opóźnieniem.

Piśmiennictwo

References

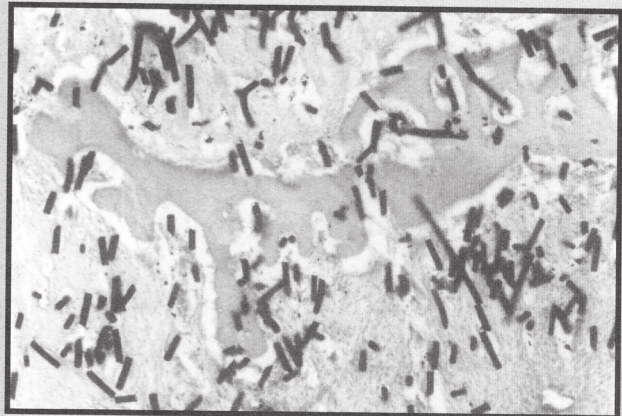
- [1] Andrade J.D.: Needs, problems, and opportunities in biomaterials and bio-compatibility. Clin. Mat., 11, (1992), 19 - 23.
- [2] Błażewicz M., Paluszkiwicz Cz., Pamyła E., Zamorska L., Żołnierek M., Nowak B., Menaszek E.: Wpływ struktury chemicznej budowy powierzchni włóknistych materiałów węglowych na ich zachowanie w środowisku biologicznym. Biuletyn PAN, 1994.
- [3] Błażewicz M., Paluszkiwicz Cz., Pamyła E., Zamorska L., Żołnierek M., Nowak B., Menaszek E.: Wpływ struktury i chemicznej budowy powierzchni włóknistych materiałów węglowych na ich zachowanie w środowisku biologicznym. Ceramika 46, (1994), 8, 59 - 64.
- [4] Chłopek J.: Kompozyty węgiel-węgiel. Otrzymywanie i zastosowanie w medycynie. Ceramika, 52, 14, (1997), 81 - 131.
- [5] Cieślik T., Pogorzelska - Stronczak B., Szczurek Z., Sabat D.: Wpływ włókniny węglowej na gojenie tkanki kostnej. Badania kliniczne. Czas. Stomat. XI.VI, 2 - 3, (1993), 178 - 182.
- [6] Cieślik T., Pogorzelska-Stronczak B.: Kilkuletnia ocena gojenia ubytków kości wyrostków zębodołowych szczęk w obecności włókniny węglowej. Biomat. Węgl. i Ceram. w IMiC AGH Kraków, (1995), 35 - 37.
- [7] Cieślik T., Pogorzelska - Stronczak B., Szczurek Z., Łaskawiec J., Zajęcki W.: Ocena własności biologicznych płytek i śrub z materiału złożonego węgiel-węgiel (C-C), Czas. Stomat., XLIX, 7, (1996), 499 - 503.
- [8] Cieślik T., Szczurek Z., Gabriel A., Błażewicz M., Sabat D., Szczurek-Katańska M.: Estimation of the tissue reaction being on influence of the carbon fibres which has different chemical properties. Wyd. "Gaudent", Lwów, (1998), 159.
- [9] Czajkowska B.: Biozgodność. JOP (1997), 323 - 326.
- [10] Czajkowska B., Błażewicz M.: Phagocytosis of chemically modified carbon materials. Biomaterials, 18, (1997), 69 - 74.
- [11] Feng L., Andrade D.: Protein adsorption on low - temperature isotropic carbon: J. Protein Conformation change probed by differential scanning calorimetry. J. Biomed. Mat. Res. 28, (1994), 735 - 743.
- [12] Pawlikowski M.: Sekrety mineralizacji tkanek. Wyd. - Centrum PPGSM i E PAN, Kraków, (1995), 44 - 54.
- [13] Ratner D.B.: New ideas in biomaterials science - a path to engineered biomaterials. J. Biomed. Mat. Res., 27, (1993), 837

3. Slowing-down of reconstruction processes concerned mainly group II, while in the control group it was distinctly delayed.



RYS. 7. Włókna węglowe na tle rozrastającej się, w sąsiedztwie dojrzałych beleczek kostnych, tkanki łącznej włóknistej (H&E, 100x).

FIG. 7. Carbon fibres on the background of fibrous connective tissue, growing in the neighbourhood of mature trabeculae (H&E, 100x).



RYS. 8. Dojrzałe beleczki kostne bez cech aktywności osteoblastycznej (H&E, 100x).

FIG. 8. Mature bone trabeculae without features of osteoblastic activity (H&E, 100x).

- [14] Szczurek Z., Pogorzelska-Stronczak B., Sabat D., Cieślik T.: Microscopic Healing Picture of Defects in Rabbit Jaw as Influenced by Carbon Cloth. XIV European Congress of Pathology. Innsbruck, 1993. Path. Res. Pract., 189, 6 - 7, (1993), 740.

- [15] Zamorska L., Żołnierek M., Nowak B., Menaszek E., Błażewicz M., Pamyła E.: Odpowiedź tkankowa na wszczepy węglowe w mięśniu szkieletowym szczurów. Badania histoenzymatyczne i morfologiczne. Ceramika, 46, 8, (1994), 65 - 72.