

- [1]. Chapman M. W.: Operative Orthopaedics. Lippincott Company, Philadelphia 1988.
- [2]. Charnley J.: Low-friction arthroplasty of the hip. Theory and practice. Springer, New York 1979.
- [3]. Furlong F. J., Osborn J. E.: Fixation hip protheses by hydroxyapatite coating. *J. Bone Jt Surg.*, 73-B (1991), 441-445.
- [4]. Gadzik T.: Endoprotezoplastyka stawów biodrowych u chorych na reumatoidalne zapalenie stawów. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 6, 3A, (1966), 59-63.
- [5]. Gristina A. G., Coombs R., Hugenford D.: Joint replacement. State of the art. Mosby Year Book, St. Louis 1990.
- [6]. Haddad R. J., Cook S. D., Brinker M. R.: A comparison of three varieties of noncemented porous-coated hip replacement. *J. Bone Jt Surg.*, 72-B, (1990), 2-8.
- [7]. Halley D. K., Wróblewski B. M.: Long-term results of low-friction arthroplasty in patients 30 years of age and younger. *Clin. Orthop.*, 211, (1986), 43-50.

- [8]. Kelly J. G.: Surgical treatment of the rheumatoid hip. *Ann. Rheum. Dis.*, 4, (1990), 858-862.
- [9]. Kubacki J.: Alloplastyka stawów w aspekcie zagadnień ortopedycznych i rehabilitacyjnych. AWF Katowice, 1996.
- [10]. Laurencou M.: Protheses avec ciment ou protheses sans ciment. Evolution actuelle. *J. Med. Lyon*, 1993, 1488, 237-239.
- [11]. Mittelmeier H., Heisel J., Siebel T.: 10 years of experience with metal-granular coating of cementless Autophor-Hip Prothesis and Titanium-Polyethylene Screw Cup CST. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 3, (1994), 223-225.
- [12]. Parhofer R., Weinhart R., Frehner W.: 15 years personal experience with cement-free primary hip-joint endoprotheses. *Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol.*, 3, (1994), 218-222.
- [13]. Peterson M., Fulford P., Denham R.: Loosening of the femoral component after total hip replacement. *J. Bone Jt Surg.*, 63-B, (1986), 92-97.
- [14]. Wróblewski B. M.: Charnley low-friction arthroplasty. Review of the present status and prospect for the future. *Clin. Orthop.*, 210, (1986), 37-42.

OCENA GOJENIA UBYTKÓW KOSTNYCH ZUCHWY WYPEŁNIONYCH WŁÓKNIĄ WĘGLOWĄ NASYCONĄ HYDROKSYAPATYTEM U KRÓLIKÓW

TADEUSZ CIEŚLIK*, BOGNA POGORZELSKA-STRONCZAK*, ZBIGNIEW SZCZUREK**, RAFAŁ KOSZOWSKI*, DANIEL SABAT**

* I KATEDRA I KLINIKA CHIRURGII SZCZĘKOWO-TWARZOWEJ ŚLAM W ZABRZU

** I KATEDRA I ZAKŁAD PATOMORFOLOGII ŚLAM W ZABRZU

Streszczenie

Autorzy wykonali badania doświadczalne celem sprawdzenia czy połączenie z hydroksyapatytem zapewni włókninie węglowej lepsze własności biologiczne. Do doświadczenia użyli 36 królików, które podzielili na trzy równe grupy. Każdemu zwierzęciu wykonywali na trzonie zuchwy ubytek kostny wielkości 6 x 4 x 2 mm. W grupie pierwszej ubytki goili się w obecności skrzepu krwi. W grupie drugiej wypełniali je włókniną węglową, natomiast w grupie trzeciej włókniną węglową nasyconą hydroksyapatytem. Uzyskane wyniki potwierdziły wysokie walory biologiczne włókniny węglowej i hydroksyapatytu. Wykonane doświadczenie nie potwierdziło jednak wyraźnego polepszenia własności biologicznych włókniny na skutek połączenia z hydroksyapatytem.

Słowa kluczowe: włóknina węglowa, ubytki kostne, gojenie, hydroksyapatyt.

Najczęściej stosowanymi materiałami w rekonstrukcyjnej chirurgii kostnej są autogenne przeszczepy kostne. Konieczność wykonania dodatkowego zabiegu operacyjnego powoduje poszukiwania zastępczych biozgodnych materiałów nie-

EVALUATION OF HEALING PROCESS IN RABBIT MANDIBULAR BONE DEFECTS FILLED WITH CARBON FELT AND HYDROXYAPATITE

TADEUSZ CIEŚLIK*, BOGNA POGORZELSKA-STRONCZAK*, ZBIGNIEW SZCZUREK**, RAFAŁ KOSZOWSKI*, DANIEL SABAT**

* I DEPARTMENT OF MAXILLOFACIAL SURGERY, SILESIA ACADEMY OF MEDICINE, ZABRZE, POLAND

** I DEPARTMENT OF PATHOMORPHOLOGY, SILESIA ACADEMY OF MEDICINE, ZABRZE, POLAND

Summary

The authors performed experiments in order to find out if carbon felt can have better biological properties when combined with hydroxyapatite. Thirty-six rabbits were divided into 3 equal groups. A bone defect (size 6 x 4 x 2mm) was made in each mandible body. In group I the healing process was supported by blood clot. In group II the defects were filled with carbon felt, while in group III the carbon felt was saturated with hydroxyapatite. The results confirmed high biological quality of carbon felt and hydroxyapatite. However, no confirmation was obtained as to improving the biological properties of the felt upon combining with hydroxyapatite.

Key words: carbon fibrin, hydroxyapatite, bone defects, healing

Autogenic bone grafts are widely used in reconstructive surgery. Biocompatible inorganic materials are sought in an attempt to avoid additional operations. Numerous investigations have shown that some fibrous carbon materials may be adequate [2, 3, 16, 17]. One of them is carbon fibrin. This Polish material was invented and manufactured at the Depart-

organicznych. Badania przeprowadzone na przestrzeni szeregu lat wykazały, że wymogi takie mogą spełniać niektóre włókniste materiały węglowe [2,3,16,17]. Jednym z nich jest włóknina węglowa. Ten krajowy materiał został opracowany i wytworzony w KCS WIMiC AGH w Krakowie [18].

Od wielu lat znany jest również inny biomateriał – hydroksyapatyt. Stosowany jest w wielu specjalnościach medycznych, głównie w stomatologii. Hydroksyapatyt opracowany w KCOSiT WIMiC AGH w Krakowie znalazł jak dotąd zastosowanie w stomatologii zachowawczej [14,25], ale istnieją doniesienia o próbach zastosowania go również w innych specjalnościach zabiegowych [5,6,7,10,12,20,21].

Na uwagę zasługuje fakt, że obydwie materiały zarówno węgiel jak i hydroksyapatyt są składnikami organizmów żywych. Każdy z nich charakteryzuje się również wysoką biogodnością. Hydroksyapatyt cechuje jednak duża bioaktywność pozwalająca na ścisłe połączenie z tkanką kostną [9,11].

Dla zwiększenia własności biologicznych włókniny węglowej nasycono ją elektroforetycznie hydroksyapatytem. Celem naszej pracy jest sprawdzenie czy połączenie z hydroksyapatytem zapewni włókninie węglowej lepsze własności biologiczne.

Materiał i metody

Do doświadczenia użyto 36 dorosłych królików* rasy mieszanej, w równych ilościach obu płci. Zwierzęta podzielono na trzy równe grupy liczące po 12 królików. Przebywały one w oddzielnych klatkach w stale wietrzonym pomieszczeniu w którym temperatura wynosiła 298° K (16°C) do 291° K (18°C). Przez cały okres doświadczenia zwierzęta otrzymywały pełnowartościową, suchą, witaminizowaną i mineralizowaną paszę. W okresie przed i pooperacyjnym zwierzętom nie podawano żadnych leków.

Zabiegi operacyjne po wcześniejszej premedykacji diazepamem wykonywano w znieczuleniu dożylnym ketaminą oraz miejscowym 2% lignocainą z noradrenaliną. Odsłonięto boczną powierzchnię żuchwy, z cięcia powłok u jej podstawy. U wszystkich zwierząt wykonywano ubytek w kości wielkości 6x4x2 mm. W grupie I rany kostne wypełniały się skrzepem krwi. Dla pozostałych zwierząt przygotowano dwa rodzaje materiału węglowego – włókninę węglową oraz włókninę węglową nasyconą elektroforetycznie hydroksyapatytem. Obydwie materiały przed ich użyciem poddano sterylizacji w autoklawie. Włókninę węglową wypełniano ubytki kostne zwierzętom grupy II. Natomiast w grupie III zwierząt doświadczalnych ubytki kostne wypełniano włókniną węglową nasyconą hydroksyapatytem.

Grupa I i II stanowiły w tym modelu doświadczenia grupę kontrolną dla grupy III.

Badania oparto na obserwacjach klinicznych oraz histopatologicznych w 7, 4, 21 dobie oraz 6, 9 i 12 tygodniu doświadczenia. W poszczególnych okresach badawczych zwierzęta uśmiercano, oceniano makroskopowo wygląd tkanek otaczających dawne ubytki kostne, a następnie pobierano fragmenty żuchwy do badania mikroskopowego. Tkanekę kostną po utrwaleniu w 10% roztworze zobojętnionej formaliny, odwapniono w 10% roztworze wersenianu sodowego (etylodwuaminoczworoocianu – EDTA). Pozwoliło to na dobre zachowanie struktur komórkowych kości oraz tkanek miękkich wokół i w wytworzonych ubytkach. Odwapnione fragmenty kostne przeprowadzono w sposób typowy i zatapiano w parafale. Otrzymane bloczki skrawano na mikrotomie uzyskując skrawki o grubości 6 mikronów. Po odparafinowaniu barwiono je rutynowo hematoxyliną – eozyną. Otrzymane preparaty oceniano w mikroskopie świetlnym stosując powiększenia od 24 do 250 razy.

Wyniki badań

Po zabiegu operacyjnym zwierzęta zachowywały się spokojnie i normalnie przyjmowały pokarm. Okres gojenia ran

ment of Special Ceramics, University of Mining and Metallurgy in Cracow [18].

Another biomaterial, i.e. hydroxyapatite, has been known and used for many years in numerous medical branches, chiefly in stomatology. Our hydroxyapatite was developed at the Department of Ceramics, Academy of Mining and Metallurgy, Cracow. So far it has been used in conservative dentistry [14,25] but there are reports describing attempts at using it for other kinds of surgery [5, 6, 7, 10, 12, 20, 21].

It is proper to say that both carbon and hydroxyapatite are components of living organisms. Moreover, each of them is highly biocompatible. But hydroxyapatite is bioactive too, enabling connection with bone tissue [9,11].

Carbon felt was saturated electrophoretically with hydroxyapatite in order to increase its biological properties. The aim of our study was to find out if hydroxyapatite can improve biological properties of carbon fibrin when both are used together.

Material and methods

The material consisted of 36 adult rabbits /upon consent from Bioethical Committee for Experiments on Animals, Silesian Academy of Medicine in Katowice / of mixed breed, males and females in equal numbers, divided into three groups of 12 rabbits each. The animals were kept in separate cages, the room had good ventilation, and the temperature was 298°K – 291°K. Throughout all experimental period the rabbits were given standard dry food with vitamins and minerals. No drugs were administered either prior to or after the operations.

The animals were premedicated with diazepam, and anaesthetized intravenously with ketamine, while local anaesthesia consisted of 2% lignocain plus noradrenaline. Lateral surface of the mandible was exposed through a cut at its base. A bone defect 6 x 4 x 2 mm was made in each case. In group I the bone wound became filled with blood clot. Group II received carbon felt, and group III – carbon felt immersed with hydroxyapatite. Both materials were sterilised in an autoclave before operations.

Groups I and II were controls for group III.

Clinical and histopathological examinations were performed on the 7th, 14th and 21st days and 6, 9 and 12 weeks following the operations. The animals were killed on particular days and the tissues surrounding former bone defects were evaluated macroscopically, while mandibular fragments were taken for microscopy. Bone tissue was fixed in 10% neutralized formalin solution and decalcified in 10% sodium versenate solution /ethylidiaminotetracetate, EDTA/ in order to keep good cellular structure of the bone and soft tissue both around and inside the defects. Decalcified bone fragments were further handled in a typical way and embedded in paraplast. The blocks were cut on a microtome to receive sections 6 microns thick. Upon removing paraplast, the sections were stained routinely with hematoxylin-eosin. Final preparations were evaluated by light microscopy under 24 – 250 magnification.

Results

The animals were quiet after the operations, taking the food in usual way. Duration of the wound healing was 10 – 14 days. No inflammatory complications were observed in any animal. The tissues immediately over the bone defect adhered tightly to it. At the beginning of the follow-up period they could be easily removed, but at a later stage their structure appeared like mature bone. Only in groups II and III /carbon felt and carbon felt plus hydroxyapatite/ black fibres could be still seen at early stages. However, towards the end of the period the fibrin was tightly covered with a tissue appearing like bone.

pooperacyjnych wynosił od 10 do 14 dni. U żadnego ze zwierząt nie stwierdzono powikłań zapalnych. Tkanki znajdujące się bezpośrednio nad ubytkiem kostnym szczelnie przylegały do niego. Początkowo łatwo dawały się usuwać. W końcowych okresach obserwacji miały strukturę zbliżoną do dojrzałej kości. Jedynie w grupach II i III w których stosowano włókninę węglową i włókninę węglową nasyconą hydroksyapatytem w początkowych okresach badawczych obserwowano prześwitującą czarną włókninę. W końcowych okresach obserwacji była ona również szczelnie pokryta tkanką o konsystencji przypominającej kość.

W badaniach mikroskopowych w I grupie zwierząt, w której ubytki kostne wypełnione były skrzepem krwi w okresie od 7 do 21 dni obserwowano głównie zmiany wsteczne w postaci martwicy i resorpcji beleczek kostnych. Bardzo słabo zaznaczony był jednak rozrost komórek mezenchymalnych i procesy odbudowy tkanki kostnej (rys.1).

W grupie II, w której ubytki kostne wypełnione były włókniną węglową w tych samych okresach badawczych poza zmianami wstecznymi typu martwicy i resorpcji beleczek kostnych obserwowano również szybki wzrost komórek mezenchymalnych. Wśród nich widoczne były zbrylone włókna węglowe oraz procesy regeneracyjne tkanki kostnej. W tym okresie na obwodzie spostrzegano już dojrzałą tkankę kostną (rys.2).

W grupie III, którą stanowiły zwierzęta z ubytkami kostnymi wypełnionymi włókniną węglową nasyconą hydroksyapatytem również na tle zmian wstecznych obserwowano w pobliżu regenerujących się beleczek kostnych liczne luźno leżące fragmenty włókien węglowych. Widoczne były również zarysy struktur torbielowych, miejscami wyścielonych fibrocytami o wydłużonych jądrach (rys.3).

W drugim okresie obserwacji tj. od 6 do 12 tygodnia w grupie I na obwodzie obserwowano początkowo prawidłowe utkanie kości, które w niektórych miejscach składało się jednak z cienkich, słabo wykształconych beleczek kostnych i dużych przestrzeni międzybeleczkowych w których znajdowała się tkanka tłuszczowa. Pod koniec okresu obserwacji widoczny był aktywny proces odbudowy i ogniska zrzeszotnienia tkanki kostnej (rys.4).

In group I /bone defects filled with blood clot/ the microscopic examinations revealed for 7 – 21 days regressive changes, chiefly necrosis and resorption of bone trabeculas. Expansion of mesenchymal cells and processes of bone tissue reconstruction were very poor (Fig.1).

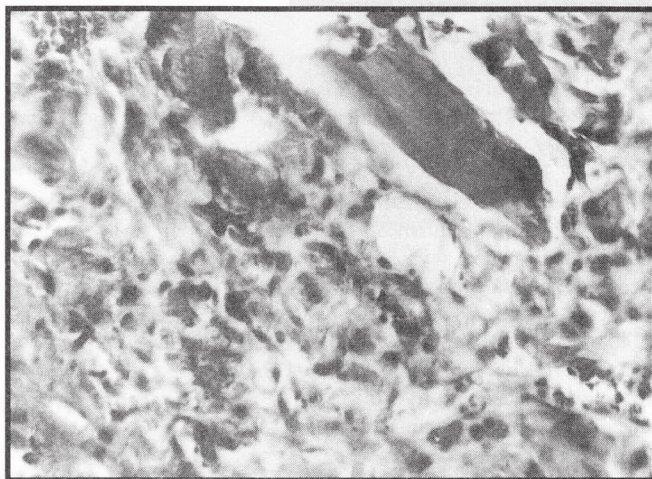
In group II /bone defects filled with carbon fibres/ rapid expansion of mesenchymal cells was observed in addition to regressive changes like necrosis or resorption of bone trabeculas. Lumps of carbon fibrin and regenerative processes of bone tissue could be seen in the midst of the mesenchymal cells. Mature bone tissue was visible along the circumference too (Fig.2).

In group III /bone defects filled with carbon felt plus hydroxyapatite/ numerous loose bits of carbon fibres and regenerating bone trabeculas were observed on the background of regressive changes. An outline of cystoid structures, sometimes lined with fibrocytes having elongated nuclei, could also be seen (Fig.3).

During the second part of the follow-up period, i.e. from 6 to 12 weeks, in group I the bone texture seemed normal at an early stage of observation. However, here and there the bone trabeculas were thin and poorly formulated whereas large intertrabecular spaces were filled with fatty tissue. Towards the end of the period active processes of reconstruction and foci of bone tissue porosis could be seen (Fig.4).

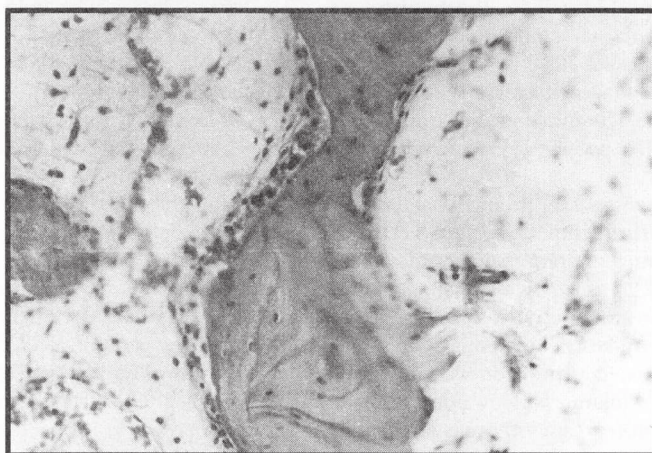
In group II well formulated bone trabeculas were seen among compact connective tissue and occasional carbon fibres. Towards the end of the follow-up period only mature bone was seen together with occasional carbon fibres which had not been removed yet (Fig.5).

In group III regenerating bone trabeculas and numerous osteoblasts along the circumfe-



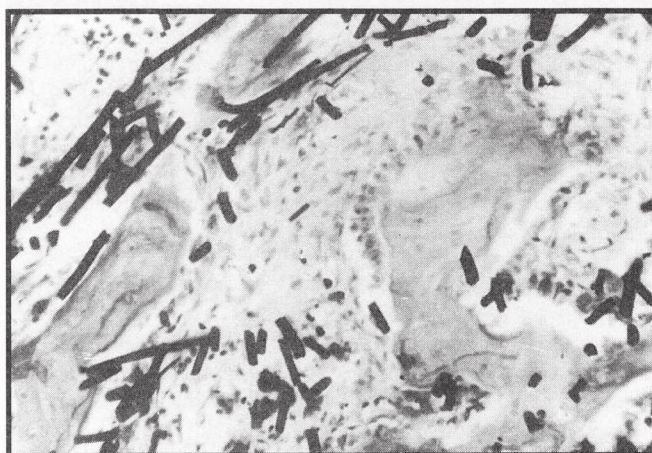
RYS. 1. Martwica i resorpcja tkanki kostnej. Barwienie H.E., pow. 160x

FIG. 1. Necrosis and resorption of bone tissue. H.E. stain, magnif. 160x



RYS. 2. Nierównomierna odbudowa tkanki kostnej z ogniskami zrzeszotnienia. Barwienie H.E., pow. 200x

FIG. 2. Irregular reconstruction of bone tissue. Foci of porosis visible. H.E. stain, magnif. 200x



RYS. 3. Włókna węglowe w przestrzeniach między regenerującymi się beleczkami kostnymi. Barwienie H.E., pow. 160x

FIG. 3. Carbon fibres in spaces between regenerating bone trabeculas. H.E. stain, magnif. 160x

W grupie II początkowo stwierdzono wśród zbitę tkanki łącznej i nielicznych włókien węglowych dobrze rozwinięte beleczki kostne. Natomiast pod koniec okresu obserwacji spostrzegano już tylko dojrzałą kość i gdzieś tam pojedyncze włókna węglowe, których uprzężenie nie zostało jeszcze zakończone (rys.5).

W III grupie obserwowano początkowo regenerujące beleczki kostne z obecnością licznych osteoblastów na obwodzie. Na obwodzie uwapnionych beleczek spostrzegano również obecność drobnych torbielowatych przestrzeni z resztkami hydroksyapatytu wyszczelone jedno i wielojądrowymi komórkami fagocytarnymi. W pobliżu obserwowano również nieliczne złoże włókien węglowych. Pod koniec okresu obserwacji na brzegach dojrzałych mas kostnych z licznymi osteocytami, w tkance łącznej włóknistej znajdowano torbielowe przestrzenie bez wyraźnego odczynu fagocytarnego. W tkance łącznej włóknistej wypełniającej ubytek kostny spostrzegano również wśród dojrzałych beleczek kostnych bardziej obfite zbrylone złoże włókien węglowych (rys.6).

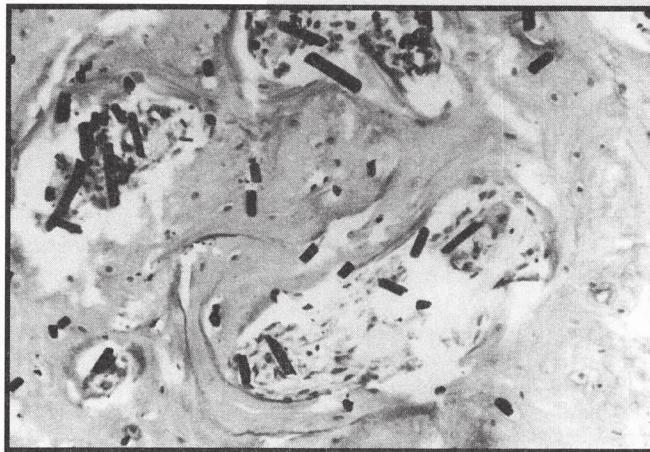
Omówienie i dyskusja

Oddzielnie stosowane takie biomateriały jak tytan czy hydroksyapatyt są również łączone dla zwiększenia ich aktywności biologicznej. W implantologii stomatologicznej pokrywa się np. tytanowe wszczepy śródkostne warstwą hydroksyapatytu [11,15]. Wg niektórych autorów poprawia to umocowanie wszczepu w kości dzięki szybszej osteointegracji [22,23,26]. Wydaje się, że niektórzy autorzy przeceniają własności biologiczne hydroksyapatytów stosując je nawet do pokrywania przeszczepów autogennych [22].

Wielu autorów próbowało wyjaśnić rolę włókniny węglowej w procesach gojenia tkanek [8,13,19,24]. Jedni z nich uważają, że wrastanie tkanki łącznej wzdłuż włókien węglowych jest związane z ich porowatą budową [16] inni nie wykluczają możliwości indukowania wzrostu tkanki łącznej w kontakcie z włókniną węglową [3,18,19,24].

Włókniste materiały węglowe nie powinny być stosowane w operacjach wewnątrzstawowych, ponieważ węgiel działa drażniaco na błonę maziową [16,18].

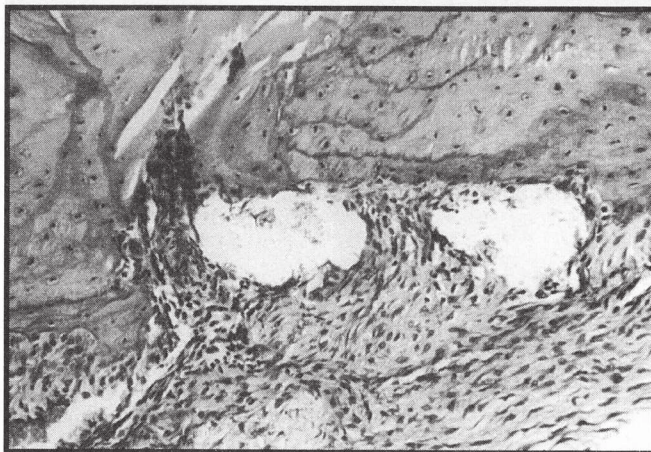
Kuś i współpracownicy uważają, że można ją stosować w rekonstrukcji ubytków chrzęstnych powierzchni stawowych kolana [1].



RYS. 4. Dojrzała tkanka kostna inkrustowana resztkami włókien węglowych. Barwienie H.E., pow. 160x
FIG. 4. Mature bone tissue incrustated with remnants of carbon fibres. H.E. stain, magnif. 160x



RYS. 5. Torbielowate przestrzenie i cechy degradacji włókien węglowych w tkance łącznej włóknistej. Barwienie H.E., pow. 250x
FIG. 5. Cystoid spaces and signs of carbon fibre degradation in fibrous tissue. H.E. stain, magnif. 250x



RYS. 6. Torbielowate przestrzenie z resztkami hydroksyapatytu w tkance łącznej włóknistej na brzegu dojrzałej kości. Barwienie H.E., pow. 100x
FIG. 6. Cystoid spaces with remnants of hydroxyapatite in fibrous tissue on the edge of mature bone. H.E. stain, magnif. 100x

rence were seen at the beginning of the follow-up period. Small cystoid spaces with remnants of hydroxyapatite and lined with mononuclear or multinuclear phagocytic cells could also be seen along the circumference of calcified trabeculas. Occasional deposits of carbon fibres were visible nearby. Towards the end of the period there were cystoid spaces with no clear-cut phagocytic reaction in fibrous tissue on the edges of mature bone masses with numerous osteocytes. More abundant lumps of carbon fibre deposits were visible among mature bone trabeculas in fibrous tissue filling the bone defect (Fig.6).

Discussion

Such biomaterials as titanium or hydroxyapatite are used alone or in combination with others, the latter for the purpose of increasing their biological activity. In stomatological implantology intraosseous titanic implants are covered with a layer of hydroxyapatite [11, 15]. Some authors say that such a combination results in better fixation of the implant in the bone because osteointegration process is faster [22,23,26]. It seems that biological properties of hydroxyapatites are sometimes overestimated, especially when used for the purpose of covering autogenic grafts [22].

Many authors have tried to explain the role of carbon fibrin in processes of tissue healing [8, 13, 19, 24].

Some of them say that connective tissue can expand around carbon fibres because of their porous structure [16], others suggest induction of connective tissue expansion by contact with carbon fibrin [3, 18, 19, 24].

Badania nasze wykazały korzystny wpływ włókniwy węglowej na gojenie ubytków żuchwy królików, ponieważ goiły się one szybciej w obecności włókniwy węglowej niż po wypełnieniu skrzepem krwi [19,24]. Świadczyła o tym obecność w pełni wykształconych i dojrzałych beleczek kostnych wypełnionych włókniwą węglową, gdy tymczasem w tym samym okresie w ubytkach gojących się w obecności skrzepu krwi widoczny był jeszcze aktywny proces odbudowy i ogniska zrzeszczenia tkanki kostnej.

Wydaje się, że korzystne jest połączenie włókniwy węglowej z hydroksyapatytem [4].

Na podstawie naszych obserwacji po 12 tygodniach doświadczenia obserwowano w obrębie ubytków kostnych wypełnionych tym materiałem prawidłową odbudowę tkanki kostnej z towarzyszącą jej degradacją włókien węglowych oraz zmniejszonym procesem resorpcji sproszkowanego hydroksyapatytu.

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji w przebiegu doświadczenia można wysnuć następujące wnioski:

- 1. Gojenie ubytków kostnych żuchwy w obecności skrzepu krwi po 12 tygodniach obserwacji wykazuje cechy aktywnie tworzącego się procesu odnowy.
- 2. Ubytki kostne żuchwy wypełnione włókniwą węglową w analogicznym okresie obserwacji są całkowicie wypełnione dojrzałą tkanką kostną.
- 3. Tkanka kostna wypełniająca ubytki w żuchwie wypełnione włókniwą węglową nasyconą hydroksyapatytem po 12 tygodniach obserwacji posiada cechy pełnej dojrzałości.
- 4. W 12 tygodniu obserwacji w grupie II i III wśród dojrzałej tkanki kostnej nadal widoczne są fragmenty włókien węglowych.
- 5. Obserwowana w ciągu całego doświadczenia degradacja hydroksyapatytu w 12 tygodniu jest mniej aktywna, co świadczy o zahamowaniu procesu resorpcji.

Fibrous carbon materials should not be used in intra-articular operations because carbon has an irritating effect on synovial membrane [16,18]. Kuś and coworkers report that carbon fibrin can be safely used for reconstruction of cartilaginous defects in articular surface of the knee [1].

Our experiments showed that carbon felt has a beneficial effect on healing process within mandibular defects in rabbits. The defects healed faster when carbon felt was used as compared to filling with blood clot [19,24]. Well formulated and quite mature bone trabeculas were found in the defects filled with carbon fibres, whereas active reconstruction process and foci of bone tissue porosis were visible at the same time in the defects with blood clot.

Combination of carbon felt and hydroxyapatite seems definitely beneficial [4]. In our experiments, the defects filled with this material showed after 12 weeks quite proper reconstruction of bone tissue accompanied by degradation of carbon fibres and reduced resorption of pulverized hydroxyapatite.

The following conclusions are made on the basis of our observations:

- 1. Mandibular bone defects with blood clot show after 12 weeks an active reconstruction process.
- 2. Mandibular bone defects are at the same time completely filled with mature bone tissue if carbon felt has been introduced.
- 3. If the defects have been filled with carbon felt immersed with hydroxyapatite, the bone tissue as observed after 12 weeks is quite mature.
- 4. During the 12th week of the follow-up period, bits of carbon fibres are still visible in the midst of mature bone tissue in groups II and III.
- 5. Hydroxyapatite degradation as observed throughout the follow-up period is less active during the 12th week, which means that the resorption process has come to an end.

Piśmiennictwo

- [1] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Sabat D.: Wpływ włókniwy węglowej na gojenie tkanki kostnej. Badania kliniczne. Stomat., XLVI, 2-3, (1993), 178-182.
- [2] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B.: Kilkuletnia ocena gojenia ubytków kości wyrostków żębodołowych szczęk w obecności włókniwy węglowej. Biomateriały węglowe i Ceramiczne, Ryto (1995), 36-37.
- [3] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Koszowski R., Skowronek J., Sabat D.: Wpływ włókniwy węglowej nasyczonej hydroksyapatytem na gojenie ubytków żuchwy królików. Ocena wstępna. Biomateriały węglowe w medycynie i weterynarii. Ryto (1996), 16-18.
- [4] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Koszowski R., Sabat D., Zajęcki W.: Kliniczna i histopatologiczna ocena tkanek z otoczenia krakowskiej bioceramiki hydroksyapatytowej. Biomat. Stomat., Ustroń (1996), 30-35. Hydr., Ustroń-96
- [5] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B., Koszowski R.: Hydroksyapatyty w chirurgii stomatologicznej. JOP-97, Białystok (1997), 315-321.
- [6] Cieślak T., Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Koszowski R., Sabat D., Zajęcki W.: Ocena gojenia ran kostnych żuchwy wypełnionych krakowską bioceramiką hydroksyapatytową "Ha-Biocer" u świnięk morskich. Stomat. L, 7, (1997), 483-487.
- [7] Dambóń A., Kubacki J., Szczurek Z., Sabat D.: Badania doświadczalne nad przydatnością włókniwy węglowej w uzupełnianiu ubytków kości udowej królików. Biomateriały Węglowe i Ceramiczne, Ryto (1995), 49-52.
- [8] Garcia R.: Electron microscopy of the bone-hydroxylapatite interface from a human dental implant. J. of Mat. Sci. Materials in medicine, (1992), 154-199.
- [9] Grochowski J., Szklarczyk S., Mieżyński W., Stankiewicz D., Obrusnik A., Ślósarczyk A., Stobierska E., Paszkiewicz Z.: Wyniki operacyjnego leczenia ubytków kości ramiennej owiec zmodyfikowanymi wszczepami HAP Ceramika, 46, 8, (1994), 53-58.
- [10] Grotowski T.A.: Atlas wszczepów dentystycznych. Bellona, Warszawa (1992), 66-74.
- [11] Jańczuk Z., Góra M.: Hydroksyapatyt Biocer w leczeniu ubytków kostnych przyzębia. Ceramika, 46, 8, 47-51.
- [12] Kapińska-Mrowiecka M., Staszów E., Płatowicz-Indyk A.: Próba leczenia owrzodzeń żyłkowych podudzi z zastosowaniem opatrunkowych materiałów węglowych. Doniesienie wstępne. Biomateriały Węglowe i Ceramiczne. Ryto (1995), 29-31.
- [13] Knychalska-Karwan Z., Ślósarczyk A.: Hydroksyapatyt w stomatologii. Kraków 1994.

References

- [14] Kohri M.: Comparative study of hydroxylapatite and titanium dental implants in dogs. J.Oral Maxillofac. Surg., 48, 12, (1990), 1265-1270.
- [15] Kuś W. M.: Badania doświadczalne nad zastosowaniem włókien węglowych w operacjach odtwórczych narządu ruchu. Praca habilitacyjna AM Warszawa, 1986.
- [16] Louis J.P., Dabadie M.: Fibrous carbon implants for the maintenance of bone volume after tppth avulsion: first clinical results. Biomaterials, 11, (1990), 525-528.
- [17] Pampuch R., Błażewicz S., Chłopek J., Górecki A., Kuś W.: Nowe Materiały Węglowe w technice i medycynie. PWN Warszawa, 1988.
- [18] Pogorzelska-Stronczak B., Szczurek Z., Cieślak T., Sabat D.: Gojenie wypełnionych włókniwą węglową ubytków żuchwy królików - badania doświadczalne. Stomat., XLV, 8, (1992), 397-403.
- [19] Pogorzelska-Stronczak B., Cieślak T., Sabat D., Szczurek Z., Zajęcki W.: Ocena zachowania się krakowskiej bioceramiki hydroksyapatytowej w tkance kostnej zwierząt doświadczalnych w dziewięciomiesięcznym okresie obserwacji. Biomateriały Węglowe i Ceramiczne, Ryto (1995), 88-91.
- [20] Sabat D., Cieślak T., Szczurek Z., Pogorzelska-Stronczak B., Zajęcki W.: Microscopic picture of guinea pigs mandible wastages healing supported by granular hydroxylapatite. Proc. of XV Europ. Congr. of Pathol., Kopenhaga 1995.
- [21] Shirota T.: Healing around hydroxylapatite coated implant installed with revascularized bone graft. Proc. of VI Congr. of JAOP, Hamburg 1992.
- [22] Stoch A., Brożek A., Buczak H., Rozkrut M.: Elektroforetyczne nanoszenie hydroksyapatytu na materiały implantacyjne metaliczne lub z kompozytów węglowych. Biomateriały Węglowe i Ceramiczne, Ryto (1995), 74-79.
- [23] Szczurek Z., Pogorzelska-Stronczak B., Sabat D., Cieślak T.: Microscopic healing picture of defects in rabbit jaw bones as influenced by carbon cloth. Proc. of XIV Europ. Congr. of Pathol., Innsbruck, 1993.
- [24] Benke G., Kuś W.M., Górecki A.: Włókniwa węglowa w wypełnianiu ubytków chrzęstnych. Biomateriały węglowe w medycynie pod red. W.M. Kusia. MA-ART Kraków 1994, 184-202.
- [25] Ślósarczyk A., Stobierska E., Paszkiewicz Z.: Hydroksyapatyt jako materiał implantacyjny. Ceramika 46, 8, (1994), 155-158.