

# WSTĘPNE WYNIKI WYPEŁNIANIA UBYTKÓW TRZONÓW KOŚCI DŁUGICH U OWIEC WSZCZEPAMI WĘGLOWYMI

JACEK STERNA

KATEDRA CHIRURGII ZWIERZĄT SGGW W WARSZAWIE

## Streszczenie

*Założono, że implanty węglowe naśladujące kształt odcinka (rura długości 24 mm) trzonu kości długiej owcy wstawione w miejsce wyciętego fragmentu trzonu pozwolą na zamianę stosowanego przy ubytku kości zespolenia mostującego na kompresyjne i z biegiem czasu ulegną przerastaniu tkanką kostną.*

*U sześciu owiec dokonano implantacji wyżej opisanych wszczepów do kości udowej i zespolenia jej stabilizatorem ZESPOL. U pięciu owiec z operowaną kością udową doszło do destrukcji zespolenia. Trzy z nich uśmiercono po 6 tygodniach obserwacji. Pozostałe owce obserwowano 16 tygodni. W związku z destrukcją zespolenia kości udowej w kolejnej grupie u czterech owiec wykonano implantacje na terenie kości piszczelowej.*

*Implanty okazały się podatne na obróbkę śródoperacyjną zwykłymi narzędziami chirurgicznymi.*

*Nie zdarzyły się żadne powikłania septyczne, a wszczepy były dobrze tolerowane przez organizmy owiec.*

*W żadnym wypadku nie zanotowano przerastania wszczepu tkanką kostną, a jedynie obrastanie go dookoła i połączenie odłamów kostnych tym sposobem.*

**Słowa kluczowe:** biomateriały węglowe, protezy węglowe, wszczepy węglowe, właściwości biologiczne, ubytki kości, chirurgia kości.

## Wstęp

Chirurdzy medycyny ludzkiej i weterynaryjnej często spotykają się z koniecznością wypełnienia ubytków kostnych powstających po urazach, operacjach ortopedycznych i onkologicznych. Dokonać tego można stosując przeszczepianie kości autogenicznej, allogenicznej jak i zamienniki kości. Żadna ze stosowanych metod nie jest wolna od wad [5,6,12,13]. Argumenty wskazujące na potrzebę użycia biomateriałów a nie przeszczepów powtarzają się u różnych autorów.

Zachęcające wyniki przeprowadzonych do tej pory doświadczeń nad zastępowaniem fragmentów kości długich materiałami węglowymi [6,3] skłaniają do podjęcia próby zastosowania ich in vivo w układzie bardziej zbliżonym do przyszłego zastosowania klinicznego.

Założono, że wszczep z kompozytu węgiel-węgiel może być uformowany w taki sposób, aby zastąpić kość w żywym organizmie pełniąc funkcje mechaniczne we współpracy ze stabilizatorem pozwalającym na zastosowanie zespolenia kompresyjnego (a nie mostującego jak to ma

# THE PRELIMINARY RESULTS OF USING CARBON IMPLANTS TO FILL THE DEFECTS OF THE LONG BONE SHAFTS IN SHEEP

25  
.....

JACEK STERNA

DEPARTMENT AND CLINIC OF ANIMAL SURGERY,  
WARSAW AGRICULTURAL UNIVERSITY - SGGW IN WARSAW

## Abstract

*It was assumed that carbon implants of the shape imitating that of a segment of a long bone shaft (a tube of 24 mm in length) inserted in place of an excised shaft fragment in sheep would allow to change the so far used bridging osteosynthesis for the compression one and would gradually become ingrown with the osseous tissue. The above described implantation in femoral bone and its stabilisation with the ZESPOL stabiliser were performed in six sheep. In five sheep with the operated femoral bone destruction of osteosynthesis was observed. Three of them were slaughtered after 6 weeks of observation. The remaining sheep were under observation for 16 weeks. In view of destruction of the femoral bone osteosynthesis, in the next group of four sheep the implantation was performed in the tibial bone.*

*The implants proved to be pliant to shaping with ordinary surgical instruments.*

*No septic complications were observed and the implants were well tolerated by sheep organisms. No cases of the implant ingrowing with the osseous tissue were observed only its overgrowing with that tissue and thus the bone fragments were consolidated.*

**Key words:** carbon biomaterials, carbon prostheses, carbon implants, biological properties, bone defects, bone surgery.

## Introduction

Human and veterinary surgeons often face the necessity of filling bone defects resulting from traumas, orthopaedic or oncologic surgeries. It can be done by grafting autogenic or allogenic bone as well as by bone substitute. However, each of these methods has its own weaknesses [5,6,12,13]. Arguments pointing to the necessity of using biomaterials instead of grafts are repeated by many authors. Promising results of the experiments performed so far, aiming at substituting fragments of long bones with carbon materials [6,3] encourage trials of these materials in vivo in an arrangement more similar to its future clinical use. It was assumed that the implant of carbon-carbon composite may be formed in such a way as to substitute a bone in a living organism performing mechanical functions in co-operation with the stabiliser allowing the use of a compression osteosynthesis (instead of the bridging one as it is usually done in the case of bone defect) and constituting at the same time the base for development of the autogenic bone. The utilitarian aim of the work was the implementation of carbon bone substitutes into clinical use, facilitating

zwykle miejsce przy ubytku kości) stanowiąc jednocześnie podłoże do rozwoju własnej kości organizmu. Utylitarnym celem pracy jest wdrożenie do użytku klinicznego węglowych zamienników kości ułatwiających i skracających leczenie ubytków kości po resekcjach kości po urazach bądź zmienionej nowotworowo. Aby mógł on być wypełniony konieczne było zrealizowanie celu poznawczego – poznanie przebiegu wגיiania się wszczepów węglowych wytworzonych w AGH.

Pierwotnie zaplanowano grupę sześciu owiec ze wszczepami zlokalizowanymi w ubytku po usunięciu fragmentu kości udowej wraz z okostną. U 3 owiec miały to być wszczepy z kompozytu węgiel-węgiel a u 3 pozostałych wszczepy pokryte warstwą hydroksyapatytu. Powikłany destrukcją zespołen przebieg doświadczenia skłonił do zmiany modelu na kość piszczelową w trakcie trwania doświadczenia i przymusza do traktowania wszystkich 10 owiec jako grupy pilotowej.

## Metodyka

Zwierzętami doświadczalnymi były owce rasy merynos polski w liczbie 12 sztuk, obojga płci, w różnym wieku, zakupione od hodowcy. Po przybyciu do kliniki zostały one wyposażone w obrozę z numerem kolejnym od 1 do 12 oraz odrobaczone. Owce nr 2 i 5 zostały wykluczone z udziału w doświadczeniu z przyczyn niezależnych od jego przebiegu. Wszystkie zwierzęta utrzymywane były w stajni w systemie bezuwięziowym co symulowało ograniczoną kontrolę lekarza weterynarii nad jego pacjentem w zakresie rekonwalescencji.

Wszczepy z kompozytu węgiel-węgiel, dostarczone przez AGH, miały postać odcinków rury o średnicy zewnętrznej 23 mm, wewnętrznej 15 mm i długości 24 mm. Na powierzchni końców rury widoczna była znaczna porowatość struktury wszczepu. Połowa użytych w doświadczeniu wszczepów pokryta została elektroforetycznie warstwą hydroksyapatytu. Do ich stabilizacji w kości użyto stabilizatora ZESPOL w wersji standard ze śrubokrętami korowymi o średnicy 4,5 mm.

Operacje przeprowadzono w znieczuleniu podoponowym (lignocainą z adrenaliną "Lignoadrenaline-Norbrook") po premedykacji atropiną (Iniektio Atropini sulfurici 0,6% Biowet Gorzów) w dawce 0,05 mg/kg m.c. i propionylpromazyną (Combelen® Bayer) w dawce 1 mg/kg m.c. W przypadku niedostatecznego unieruchomienia zwierzęcia zagrożającego precyzji bądź aseptycy zabiegu podawano dożylnie 5% ketaminę (Narkamon 5% Spofa) do osiągnięcia pożądanego skutku.

Operacje wszczepiania implantów węglowych (owce 4,7,8,9,10) i węglowych pokrywanych hydroksyapatytem (owce 1,3,6,11,12) nie różniły się od siebie. Wszczepy umieszczano w ubytkach kości i okostnej (owce 1,3,4,6,7,10,12) i ubytkach samej kości (owce 8,9,11). Ubytki miały długość 24 mm. Implant stabilizowano pomiędzy końcami odłamów przy pomocy stabilizatora ZESPOL nastawionego na docisk "1". Jeśli zachodziła konieczność korygowano węglowy element przy pomocy skalpela. Przy operacjach na kości udowej zespolenie było przykostne (owce 1-8) a na podudziu przezskórne (owce 9-12). Podudzie okrywano miękkim opatrunkiem. W pierwszym miesiącu zmieniano go co tydzień, potem co 4 tygodnie. Beipośrednio po wszystkich zabiegach i jeszcze trzykrotnie co 48 h podawano domięśniowo amoxicynę w dawce 15 mg/kg m.c. (Betamox L.A® -Norbrook).

Owce były codziennie badane. Dokonywano pomiaru temperatury, oceniano ogólne samopoczucie i obciążanie operowanej kończyny. Co miesiąc wykonywano badanie RTG operowanych kości.

Po humanitarnym uśmierceniu owiec podano je badaniu makroskopowemu. Szczegółowo oglądano okolice ope-

and shortening of the treatment of bone defects, resulting from bone resections after traumatic or neoplastic lesions. To fill such defect it was necessary to go through the cognitive stage, i.e. investigation of the engraftment course of carbon implants produced by the University of Mining and Metallurgy in Cracow.

Initially the experiment was planned on a group of six sheep: 3 with carbon-carbon composite implants and 3 with the same implants covered with hydroxyapatite placed in the defect resulting from the resection of a fragment of femoral bone together with the periosteum. The course of the experiment complicated by the osteosynthesis destruction resulted in changing the experimental model from the femoral to the tibial bone during the experiment and treating all 10 sheep as a pilot group.

## Method

The experiments were performed on a group of 12 sheep of the Polish Merino breed of both sexes and various age bought from a breeder. On entering the clinic they were provided with collars with numbers from 1 to 12 and dewormed. Sheep no.2 and 5 were excluded from the experiment for the reasons independent of the course of the experiment. All the animals were kept in a loose housing system shed which simulated the limited control of a veterinary surgeon over his patient during the convalescence period.

The carbon-carbon composite implants delivered by the University of Mining and Metallurgy in Cracow were of tubular shape with the outer diameter of 23 mm, the inner 15 mm and the length of 24 mm. The surface of the tube ends showed significant porosity. Half of the implants used in the experiment were electrophoretically covered with a hydroxyapatite layer. Their stabilisation in the bone was done with the ZESPOL stabiliser of the standard type with the platform screws, 4.5 mm in diameter. The operation was performed under submeningeal analgesia (lignocaine with adrenaline "Lignoadrenaline -Norbrook") after the premedication with atropine (Iniektio Atropini sulfurici 0.6% Biowet Gorzów) and propionylpromazine (Combelen® Bayer) 1 mg/kg b.w.. If the inadequate animal immobilisation threatened the precision or asepticity of the procedure, 5% ketamine (Narkamon 5% Spofa) was administered intravenously until the required result was obtained. The operations using carbon implants (sheep 4,7,8,9,10) and carbon implants covered with hydroxyapatite (sheep 1,3,6,11,12) were performed in the same way. The implants were inserted into the bone and periosteum defects (sheep 1,3,4,5,7,10,12) or bone defects alone (sheep 8,9,11). The defects were of 24 mm in length. The implant was stabilised between the ends of the bone with the help of the ZESPOL stabiliser set for the pressure "1". If it was necessary the carbon element was corrected with the help of a scalpel. In the case of operations on the femoral bone the stabilisation was paraosteal (sheep 1-8) and on the tibial bone it was percutaneous (sheep 9-12). The lower limb was covered with a soft dressing. In the first month the dressing was changed every week, later every 4 weeks. Immediately after all procedures and then every 48 h for three times the animals were administered an intramuscular injection of amoxilin in the dose of 15 mg/kg b.w. (Betamox L.A® -Norbrook).

The sheep were examined every day. Their temperature was taken, general condition and use of the operated limb were evaluated. Every month an X-ray picture of the operated bones was taken.

After sacrifice the sheep were subjected to macroscopic examination. Especially the operated region was examined in detail: both the skin scar and the scars of the remaining

rowaną: bliźnię skórną i bliźnię pozostałych tkanek. Rozcinając je prowadzono dokumentację fotograficzną i opisową. Oceniano dokładnie także węzły chłonne odległe i regionalne. Za reprezentacje tych ostatnich uznano węzły chłonne biodrowo-udowe - łatwe do znalezienia i porównania.

## Wyniki

### *Wczesne następstwa wszczepiania elementów węglowych*

Wszystkie rany pooperacyjne wygoiły się przez rychły zrost. Nie obserwowano żadnej wyraźnej reakcji na operację w postaci zmiany temperatury ciała. Owce bardzo wczesnie rozpoczynały częściowe obciążanie kończyny - już w pierwszej, najdalej drugiej dobie. Owce 3, 4 i 7 przestały obciążać operowaną kończynę po miesiącu. Owce 8, 10 i 11 poruszały się bez kulawizny już po 4-6 tygodniach. Owce 9 i 12 przez cały czas obserwacji obciążały kończynę ale kulawy. Wszystkie owce z operowanym podudziem spontanicznie poruszały się galopem jeśli puściło się je wolno po badaniu RTG do stajni.

### *Wgajanie się wszczepów węglowych w warunkach znacznej destrukcji zespolenia - obraz po 6 tygodniach od wszczepienia*

U owiec: nr 3, 4 i 7 doszło w ciągu pierwszego miesiąca obserwacji do destrukcji zespolenia ze znacznym przemieszczeniem. Towarzyszyło temu pojawienie się dużych ilości kostniny dobrze widocznej na zdjęciu RTG w okolicy końców odcinków kości udowej. W związku z powyższym te owce humanitarnie uśmiercono w 6 tygodni od wszczepienia.

U wszystkich wyżej wymienionych owiec złamaniu uległy śrubowkręty umieszczone w odcinku dalszym, a odcinki przemieściły się i były niestabilne. Ich końce otaczały rozległe wyrośla kostne. W pobliżu wszczepu tkanki miękkie były znacznie zaczernione. Wszczepy mniej lub bardziej przemieszczone poza oś kości pozostawały w torebkach łączno-tkanekowych (RYS. 1). U owcy 3 wszczep węglowy pokrywany hydroksyapatytem był silnie związany z tkankami. Wyrwany - odzielił się wraz z fragmentami tkanek.

### *Przebieg wgajania się wszczepów węglowych pozostających między odcinkami kości w czasie 16 tygodni oceniany na podstawie badania rentgenowskiego*

U owiec nr 8, 9, 10, 11 i 12 wszczepy węglowe pozostawały pomiędzy odcinkami kostnymi przez okres 16 tygodni.

Jako pierwszą reakcją po miesiącu od wszczepienia obserwowano pojawienie się odczynu okostnowego kielichowato obejmującego implant od zewnątrz. Po upływie kolejnego miesiąca odczyn ten wydłużał się w kierunku drugiego odcinka kostnego i pojawiało się zacienienie wewnątrz jamy szpikowej kierujące się do wnętrza wszczepu węglowego. Było ono cieńsze w okolicy końca odcinka kości, a grubiało w głębi wszczepu (RYS. 2). Narastająca kostnina spowodowała w końcu u owiec 10 i 11 zrost odcinków kostnych.

Proces opisany powyżej toczył się na obu końcach implantu, ale jedynie u owcy nr 10 przeważało gojenie od odcinka dalsze-

tissues. After cutting them open they were described and photographed.

The lymph nodes both distant and regional were also examined. It was assumed that representative for the latter ones were iliac-femoral lymphatic nodes which are easy to be found and compared.

## Results

### *Early consequences of implanting carbon elements*

All postoperative wounds healed by the first intention. No clear reaction to the operation in the form of body temperature change was observed. Very early the sheep started to use the operated limb - already in the first or in the second day, at the longest. Sheep no.3,4 and 7 stopped using the operated limb in a month. Sheep no.8,10 and 11 moved without lameness already in 4-6 weeks. Sheep no.9 and 12 partially used the operated limb although they showed the signs of lameness for the whole period of observation. All sheep with the operated tibial bone galloped spontaneously to the shed if they were set free after the x-ray examination.

### *Engraftment of carbon implants in the case of a significant osteosynthesis destruction - the state 6 weeks after the operation*

In the first month of observation sheep no.3, 4 and 7 showed the osteosynthesis destruction with significant dislocation. It was accompanied by the appearance of large amounts of callus clearly visible in an x-ray picture in the region of the ends of the femoral bone fragments. In view of this fact these sheep were sacrificed in 6 weeks after the implantation.

In all the above mentioned sheep the screws situated in the distant fragment were broken and the bone fragments were dislocated and unstable. Their ends were surrounded with extensive osteophytes. Close to the implant the soft tissues were significantly blackened. The implants more or less removed from the bone axis remained in the connective tissue capsules (FIG. 1). In sheep no.3 the carbon implant coated with hydroxyapatite was strongly bound with the tissues. Pulled away it separated together with the tissue fragments.

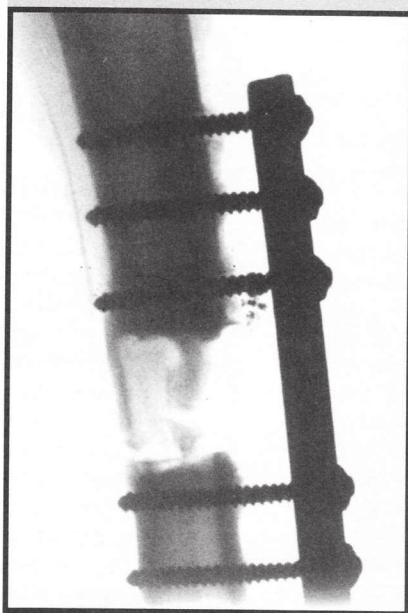
### *The course of engraftment of the carbon implants left between the bone segments for 16 weeks estimated on the basis of the x-ray picture*

In sheep no. 8,9,10,11 and 12 carbon implants were left between the bone fragments for 16 weeks. The first reaction observed one month after the implantation was appearance of a periosteal reaction which surrounded the implant on the outside. After another month the reaction extended in the direction of the second bone fragment and blackening appeared inside the marrow cavity directing itself towards the inside of the carbon implant. It was narrower near the end of the bone fragment and thickened inside the implant (FIG. 2). Finally, callus growing in sheep



RYS. 1

FIG. 1



RYS. 2

FIG. 2

go. Nie zaobserwowano wpływu pozostawienia okostnej czy też jej usunięcia na przebieg procesu gojenia.

### **Wgajanie się implantów zakończone osiągnięciem zrostu odłamów kostnych w obrazie pośmiertnym po 16 tygodniach obserwacji**

Stan taki został osiągnięty u owiec 1, 8, 10 i 11. Odłamy kości po zdemontowaniu płytki pozostawały stabilne, mimo iż u owcy 1 i 10 doszło do uszkodzenia stabilizatora w czasie gojenia. Końce odłamów połączone zostały mankietami kostnymi otaczającymi węglowe implanty od zewnątrz oraz kostnymi trzpieniami przechodzącymi przez ich wnętrza (RYS. 3). Mankiet grubszy był po stronie przeciwległej do płytki tworząc zwłaszcza u owcy 10 wyraźny objaw "banana". Opiswane w obrazie rentgenowskim gojenie z dwóch końców znajdowało swoje odbicie w luźniejszym utkaniu kości na granicy zasięgów "gojenia z góry" i "gojenia z dołu". W przypadku owcy 1 w tym miejscu znaleziono warstwę chrząstki - pozostałość po istniejącym przejściowo stawie rzekomym. W żadnym przypadku nie stwierdzono makroskopowo wrastania kości do wszczepu węglowego. Po przecięciu piłą kości i wszczepu wzdłuż jej osi długiej występowała pod wpływem silnego nacisku palca niewielka ruchomość elementu węglowego względem kości. Jedynie u owcy nr 1 nie udało się takiej ruchomości zaobserwować.

### **Zmiany w węzłach chłonnych**

Nie zaobserwowano zmian w odległych węzłach chłonnych. U owiec uśmierconych po 6 tygodniach od operacji zmiany w regionalnych węzłach chłonnych były słabo zauważalne - węzły po stronie kończyny operowanej i zdrowej nie różniły się znacznie od siebie. Te po stronie operowanej były nieco większe.

U owcy nr 8 po 16 tygodniach od operacji węzły po stronie kończyny operowanej były nieco powiększone. Obraz tej okolicy u owcy nr 6 był bardzo charakterystyczny. Węzły chłonne po stronie operowanej były 3 krotnie większe niż po zdrowej i miały barwę czarną.

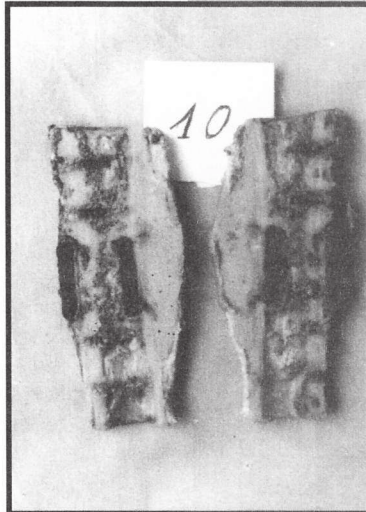
Owce u których wykonano zespolenie zewnętrzne tj.: 9,10,11 i 12 prezentowały inny typ obrazu zmian w węzłach chłonnych. Węzły po stronie operowanej były wyraźnie większe i nieco zaczernione.

## **Dyskusja**

Interpretacja wyników niniejszego doświadczenia jest trudna. Przede wszystkim mamy do czynienia z nową skalą doświadczenia i nowym rodzajem wszczepu.

Model kości udowej i wielkość ubytku wzorowane były na pracy Kirker-Head'a [8]. Prawdopodobną przyczyną destrukcji stabilizatorów może być użycie płytek opartych jedynie na 4 śrubowkrętach. Przy dłuższej płytce, gdzie pomiędzy śrubowkrętami mieścił by się wszczep, a śrubowkrętów było by po 3 w każdej grupie, otwory najwyższy i najniższy wiercone były by na skrajach kości znacznie uszkadzając substancję korową. Możliwość zakażenia kości drogą wzdłuż śrubowkrętów nie jest istotnym zagrożeniem przy zespoleniu przezskórnym złamania bez wprowadzania biomateriałów [9] ale ogromna staranność poświęcana opatrywaniu okolicy przejścia wszczepów metalicznych przez skórę przy doświadczeniach z membranami bioresorbowalnymi [7] i możliwe następstwa zakażenia

no.10 and 11 caused uniting of bone fragments. The above described process took place at both ends of the implant but only in sheep no.10 healing of the distant fragment predominated. Leaving or removal of the periosteum had no effect on the course of the healing process.



RYS. 3

FIG. 3

### **Engraftment of implants ended with the union of bone fragments in the post-mortem examination after 16 weeks of observations**

Such a state was reached in sheep no.1,8,10 and 11. After disassembling of the plate, the bone fragments remained stable despite the fact that in sheep no.1 and 10 the stabiliser was damaged during the healing process. The ends of bone fragments were united with an osseous cuff enclosing the carbon implants on the outside and osseous pivots entering them (FIG. 3). The cuff was thicker on the side opposite the plate, forming especially in sheep no.10 a clear "banana" symptom. Healing from both ends, described in the x-ray picture, was reflected in the looser bone texture at the border of the "healing from the top" and "healing from the bottom" ranges. In the case of sheep no.1 at that site one could find a cartilage layer - the remnant of

the temporary existing false joint. No cases of bone ingrowth into the carbon implant was observed macroscopically. After sectioning of the bone and-implant along their long axis there was a slight mobility of the carbon element in relation to the bone which could be felt while pressing strongly that element with a finger. Only in sheep no.1 such mobility was not observed.

### **Changes in the lymph nodes**

No changes were observed in the distant lymph nodes. In sheep sacrificed 6 weeks after the operation changes in the regional lymph nodes were poorly marked - the nodes on the side of the operated and healthy limb did not significantly differ in size. Those on the operated side were only slightly bigger.

In sheep no.8, sixteen weeks after the operation lymph nodes on the side of the operated limb were slightly enlarged. The picture of that region in sheep no.6 was very characteristic. The nodes on the operated side were black and 3 times bigger than on the healthy side. Sheep in which external stabilisation was applied, i.e. sheep no.9,10,11 and 12 presented different picture of changes in the lymph nodes. The nodes on the operated side were clearly bigger and slightly blackened.

## **Discussion**

Interpretation of the results obtained in the presented experiment is difficult. First of all, we deal with a new scale of the experiment and a new type of implant. The model of femoral bone and the size of defect were taken from Kirker-Head [8]. Possible cause of the stabiliser destruction was the use of plates based on four screws only. If the plate were longer, the implant could be situated between the screws and there would be 3 screws in each group, the highest and lowest holes would be drilled at the bone edges, causing significant damage of the cortical substance.

The possibility of bone infection along the screws is not an important hazard in the case of percutaneous osteosynthesis of the fracture without using biomaterials [9] but

nia doświadczenia na podudziu. Obawy te były jednak bezpodstawne. Przy zespoleniu przezskórnym z użyciem śrubokrętów otulonych gazikiem pozostającym na miejscu przez 16 tygodni i opatrunkiem zmienianym rzadko, nie zaobserwowano objawów zakażenia kości ani wszczepu węglowego.

Być może istnieje różnica w reakcji organizmu na wszczep w zależności od tego, czy pokryty został hydroksyapatytem, czy też nie. Świadczyć o tym może fakt wyrwania wszczepu wraz tkanką w pośmiertnym badaniu u owcy nr 3 oraz mocny związek wszczepu z łożem u owiec nr 1 i 10.

Wszczepy węglowe pozwoliły na zamianę zespolenia mostującego na dociskowe i wczesne obarczanie kończyn przez owce. Różnice w ruchomości odłamów pomiędzy zespoleniem mostującym i dociskowym przemawiają za stosowaniem tego ostatniego tam gdzie tylko możliwe [3]. Potwierdziło to słuszność części założenia eksperymentu. Nie zanotowano wrastania kości do wszczepu w żadnym z przypadków, a ściśle przyleganie tkanek do implantów obserwowano tylko w niektórych przypadkach implantów pokrytych hydroksyapatytem. W związku z tym wypada uznać, że założenia doświadczenia nie zostały jednak potwierdzone w całości i cel użytkowy nie został osiągnięty. Cel poznawczy natomiast został w pewnym stopniu zrealizowany.

W planowaniu dalszych badań należałoby uwzględnić zwiększenie porowatości wszczepu i zwiększenie komponenty hydroksyapatytowej. Wszczepy korundowe przetwarzające kością [11] mają bowiem porowatość do 75% a hydroksyapatyt ściśle wiąże się z tkanką kostną [5]

## Wnioski

1. Do badań nad wypełnianiem ubytków trzonów kości długich u owcy właściwszy jest model doświadczenia na kości pischelowej niż na udowej.
2. Wytworzone w AGH wszczepy węglowe i węglowe pokrywane hydroksyapatytem o kształcie rury (odcinka trzonu kości długiej) są dobrze tolerowane przez organizm owcy i łatwe w obróbce śródoperacyjnej jeśli zachodzi taka potrzeba
3. Przy niestabilnym zespoleniu odłamów drobiny węgla rozpraszają się w pobliżu wszczepu i są transportowane do regionalnych węzłów chłonnych
4. Wskazane jest kontynuowanie doświadczenia ze zmodyfikowanym wszczepem (większa porowatość i zawartość hydroksyapatytu).

*Praca została dofinansowana z grantu nr: 1900/C.T08-7/97*

*Autor uzyskał zezwolenie nr 1 dnia 20.11.1997 Komisji ds. Etycznego Przeprowadzania Badań Naukowych i Dydaktyki na Zwierzętach na wykonywanie zabiegów na zwierzętach.*

## Podziękowania

Autor składa podziękowania pracownikom Pracowni Radiologii i Ultrasonografii Katedry Chirurgii Zwierząt za pomoc w przeprowadzeniu badań RTG.

great accuracy in dressing the region where metal implant passes through the skin in the experiments with bioresorptive membranes [7] and possible consequences of the carbon implant infections [10] discouraged from planning the experiments on the tibial bone. However, these anxieties were groundless. In the case of the percutaneous osteosynthesis with the platform screws wrapped in gauze swab remaining on the site for 16 weeks and with seldom changed dressing, no signs of bone or carbon implant infection were observed. It is possible that there is a difference in the reaction to the implant depending on whether or not it was covered with hydroxyapatite. This may be confirmed by the fact of pulling out the implant together with the tissue during the post-mortem examination in sheep no.3 and close connection between the implant and its bed in sheep no.1 and 10.

Carbon implants allowed the change of osteosynthesis from bridging to compression and early use of the operated limb by sheep. The differences in the mobility of bone fragments between the bridging and compression osteosynthesis speak for the use of the latter one wherever it is possible [3]. This confirmed validity of certain experimental assumptions. No cases of bone ingrowth into the implant were observed and close adhering of tissues to the implants was found only in the case of some implants covered with hydroxyapatite. Thus it should be stated that not all of the experimental assumptions were fully confirmed and that the utilitarian aim was not reached. However the cognitive aim was accomplished to a certain degree. Planning of further investigations should include increased porosity of the implants and increased amount of the hydroxyapatite component. It is well known namely that the corundum implants subject to bone ingrowth [11] have the porosity of up to 75% and that hydroxyapatite closely binds with the bone tissue [5].

## Conclusions

1. The experimental model with the tibial bone instead of femoral bone is more proper for the investigations on filling long bone shaft defects in sheep.
2. The carbon implants and carbon implants covered with hydroxyapatite with tubular shapes (segment of a long bone shaft) produced by the University of Mining and Metallurgy in Cracow are well tolerated by sheep organism and can be easily fixed during the operation if necessary.
3. With unstable osteosynthesis of bone fragments carbon particles are dispersed in the region of implant and are transported to the regional lymph nodes.
4. The experiment should be continued with a modified implant (higher porosity and higher hydroxyapatite contents).

*The investigation was partly financed from the grant no. 1900/C.T08-7/97*

## Acknowledgment

The author would like to express his gratitude to the staff of Radiology and Ultrasonography Laboratory of Animal Surgery Department for help in performing the X-ray examinations.

- [1] Błażewicz M., Pamuła E., Chłopek J.: Chemiczna analiza zachowania implantów węglowych w tkance kostnej, *Biom. w med. i wet.*, Kraków 1996, 4-7.
- [2] Cieślak T. I in.: Wpływ włókniny węglowej nasyconej hydroksyapatytem na gojenie ubytków żuchwy królików - ocena wstępna, *Biom. w med. i wet.*, Kraków 1996, 16-18.
- [3] Damboń A. i in.: Badania doświadczalne nad przydatnością włókniny węglowej w uzupełnianiu ubytków kości udowej u królików, *Biom. węgl. i ceram.*, Kraków 1995, 49-52.
- [4] Granowski R. i in.: Ruchość odłamów złamanej kości w stabilizacji zespol - doświadczalne badania tensometryczne, *Mat. X Kongresu PTNW Wrocław 1996*, 157.
- [5] Grochowski i in.: Wyniki operacyjnego leczenia ubytków kości ramiennych owiec zmodyfikowanymi wszczepami Hap. *Mat. I Konf.: Biomateriały, materiały w ochronie zdrowia i środowiska*. Kraków, 1994, 53-58.
- [6] Górecki A., Kuś W.M., Pykało R.: Wypełnianie ubytków kostnych wszczepami węglowymi, *Biom. węgl. w med.* Kraków, 1994, 154-157.
- [7] Gugęła Z., Gogolewski S.: Funkcje resorbowalnych membran polilaktydowych w regeneracji dużych ubytków trzonów kości długich, *Biom. w med. i wet.*, Kraków 1996, 40-43.

- [8] Kirker-Head C.A. i in.: Healing of Large Mid-femoral Segmental Defects in Sheep Using Recombinant Human Bone Morphogenic Protein -2, *Orthopädie bei Huf- und Klautentieren*, Stuttgart 1995, 473-477.
- [9] Kłos Z. i in.: Zespol Stabilizer in the Treatment of Open Fractures of the Zeugopodium Bones in Dogs and a Goat, *Dordrecht 1995*, 73-82.
- [10] Kłos Z., Sterna J., Galanty M.: Versuche mit Anwendung von Carbonmaterialien in der Veterinärorthopädie, *Europäische Gesellschaft für Veterinärchirurgie*, Berlin 1996.
- [11] Ogonowski A., Kiwerski J.E.: Odległe wyniki stosowania wszczepów korundowych w chirurgii kręgosłupa szyjnego, *Mat. I Symp.: Inżynieria Ortopedyczna i Protetyczna - IOP' 97*, Białystok 1997, 147-150.
- [12] Wagner S. D., i in.: Failure of Ethylene Oxide-Sterylized Cortical Allografts in Two Dogs, *J Am Anim Hosp Assoc* 30, (1994), 181-188.
- [13] Tomford W. W.: Transmission of Disease trough Transplantation of Musculoskeletal Allografts, *J. Bone Jt. Surg.*, 77-A, (1995) 1742-1754.

I N Ż Y N I E R I A  
**BIOMATERIAŁÓW**

### Warunki prenumeraty

Wydawnictwo Polskie Stowarzyszenie Biomateriałów w Krakowie przyjmuje zamówienia na prenumeratę, która może obejmować dowolny okres, w którym wydawane są kolejne zeszyty. Zamawiający otrzyma zaprenumerowane zeszyty począwszy od daty dokonania wpłaty. Zamówienia wstecz będą realizowane w miarę posiadanych zapasów.

#### Realizacja zamówienia

Warunkiem realizacji zamówienia jest otrzymanie z banku potwierdzenia dokonania wpłaty przez prenumeratora.

#### Konto

Polskie Stowarzyszenie Biomateriałów  
 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30/A-3  
 Bank Śląski S.A. O/Kraków,  
 nr rachunku 10501445-1200856001

Należy podać swój adres, tytuł czasopisma, okres prenumeraty i liczbę zamawianych egzemplarzy.

#### Opłata

roczna - 48.- zł  
 półroczna - 24.- zł

### Subscription terms

Subscription orders should be addressed to the Polish Society for Biomaterials in Cracow.

The ordered issues will be delivered consecutively starting from the date of payment, acknowledged by the bank. Earlier issues will be supplied if available.

#### Subscription rates:

12 months - 48,0 zł  
 6 months - 24,0 zł

#### Payment should be made to:

Polish Society for Biomaterials,  
 Al. Mickiewicza 30/A-3,  
 30-059 Kraków, Poland  
 Bank Śląski S.A. O/Kraków,  
 account no. 10501445-1200856001

It is requested to quote the subscriber's name, title of the journal, desired subscription period and number of the ordered copies.